

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

LAYS SANT'ANNA ALVES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO SOBRE O
DESEMPENHO EM TESTES DE CICLISMO, CORRIDA E NATAÇÃO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

LAYS SANT'ANNA ALVES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO SOBRE O
DESEMPENHO EM TESTES DE CICLISMO, CORRIDA E NATAÇÃO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de TCC2 do Curso de Bacharelado em Educação Física do Departamento Acadêmico de Educação Física - DAEFI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a aprovação na mesma.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva.

Co-Orientadora: Prof^a. Ms. Gislaine Cristina de Souza.

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Campus Curitiba

Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento de Educação Física
Curso Bacharelado em Educação
Física



TERMO DE APROVAÇÃO

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO SOBRE O DESEMPENHO EM TESTES DE CICLISMO, CORRIDA E NATAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Por

LAYS SANT'ANNA ALVES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 25 de setembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima Silva
Orientador

Prof. Dr. Fabiano Tomazini
Membro titular

Prof. Dr. Anderson Caetano Paulo
Membro titular

* O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso.

RESUMO

ALVES, Lays. Efeitos da suplementação de nitrato sobre o desempenho em testes de ciclismo, corrida e natação: uma revisão sistemática. Monografia de Graduação (Bacharelado em Educação Física) – Departamento Acadêmico de Educação Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

A suplementação de nitrato (NO_3^-) é uma estratégia ergogênica para maximização do desempenho físico. Sua eficiência está ligada à respiração mitocondrial, bem como à regulação da pressão arterial, manutenção do tônus vascular, entre outros benefícios. O presente estudo teve o objetivo de verificar os achados na literatura sobre os efeitos da suplementação de nitrato no desempenho de testes de ciclismo, corrida e natação. Foram incluídos 24 artigos de acordo com os critérios estabelecidos para a revisão sistemática. Destes artigos, apenas três estudos apresentaram uma resposta positiva sobre o desempenho. Sendo dois em teste até exaustão (um em bicicleta e outro em corrida) e um teste contrarrelógio (em bicicleta). Os artigos analisados utilizaram de diferentes metodologias, doses de NO_3^- , instrumentos e parâmetros para quantificação de desempenho, o que dificultou a comparação entre os mesmos. Não há uma recomendação mínima para a suplementação de NO_3^- e não foi observado um padrão estabelecido para os testes utilizados. Assim, sugerem-se novos estudos a fim de responder essas lacunas, mas é possível concluir que a suplementação de NO_3^- não parece ter um efeito positivo significativo no desempenho em testes de ciclismo, corrida e natação.

Palavras-chave: Óxido nítrico, corrida, ciclismo e natação.

ABSTRACT

ALVES, Lays. Effects of nitrate supplementation on performance in cycling, running and swimming tests: a systematic review. Graduation Monograph (Bachelor of Physical Education) - Academic Department of Physical Education. Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2018.

Nitrate supplementation (NO_3^-) is an ergogenic strategy to maximize physical performance. Its efficiency is linked to mitochondrial respiration, as well as the regulation of blood pressure, maintenance of vascular tone, among other benefits. The present study aimed to verify the findings in the literature on the effects of nitrate supplementation on the performance of cycling, running and swimming tests. Twenty-four articles were included according to the criteria established for the systematic review. Of these articles, only three studies showed a positive response on performance. Being two in test until exhaustion (one in bicycle and one in race) and a test time trial (in bicycle). The analyzed articles used different methodologies, doses of NO_3^- , instruments and parameters for performance quantification, which made it difficult to compare them. There is no minimum recommendation for NO_3^- supplementation and no established standard for the tests used has been observed. Thus, further studies are suggested to address these gaps, but it is possible to conclude that NO_3^- supplementation does not appear to have a significant positive effect on cycling, running and swimming performance.

Key words: nitric oxide, running, cycling and swimming.

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FIGURA 1- Fluxograma das etapas da revisão sistemática 17

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Qualidade Metodológica.....	18
TABELA 2 - Pesquisas que investigaram o efeito da suplementação do NO ₃ ⁻ no Desempenho.....	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 PROBLEMA e HIPÓTESE.....	14
1.2.1 PROBLEMA.....	14
1.2.2 HIPÓTESE.....	14
1.3 OBJETIVO GERAL.....	14
1.3.1 Objetivo(s) Específico(s).....	14
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	15
2.1 TIPO DE ESTUDO.....	15
2.2 PROCEDIMENTOS.....	15
2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO e EXCLUSÃO.....	17
3. RESULTADOS	19
3.1 CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS.....	19
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TESTES.....	19
3.3 CARACTERÍSTICAS DAS SUPLEMENTAÇÕES.....	19
3.4 DESEMPENHO.....	20
4. DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O nitrato (NO_3^-) é um ânion encontrado normalmente na preservação de alimentos, como, carnes processadas, salsichas, bacon e também nos vegetais, em especial a beterraba (MURPHY *et al.*, 2011). Após a ingestão, o NO_3^- é absorvido no trato gastrointestinal para a circulação, posteriormente é secretado na saliva pelas glândulas salivares, sendo reduzido a nitrito (NO_2^-) na cavidade oral. Esse NO_2^- na saliva é deglutido e posteriormente convertido a Óxido Nitrico (NO) por diferentes enzimas no sangue e no tecido (GHIARONE *et al.*, 2014). Nesse contexto, o NO_3^- parece apresentar alguns benefícios após seu consumo, em sua maioria utilizando o suco de beterraba enriquecido com NO_3^- , se apresentando como uma estratégia ergogênica que pode provocar melhorias no desempenho (LANSLEY, KATHERINE, *et al.*, 2011). Esses benefícios podem ser explicados pela conversão de NO_3^- - NO_2^- - NO, em especial pelas ações que o NO desempenha no metabolismo.

O NO é uma molécula simples e pequena que quando consumida possui uma ação como mensageiro inter e intracelular acarretando tanto em efeitos benéficos quanto em efeitos tóxicos, atuando em muitos aspectos patológicos, dependendo de sua concentração ou depuração tecidual (SOUZA JUNIOR, *et al.*, 2012; FLORA FILHO; ZILBERSTEIN, 2000). O mecanismo de sinalização intercelular do NO ocorre por meio de receptores na membrana celular da célula alvo (BUSCONI; MICHEL, 1993). Estes receptores apresentam contato com o citoplasma desencadeando uma “cascata” de sinais intercelulares ocasionando em uma mudança na célula. Tais mudanças podem ocorrer pelos receptores da membrana das células endoteliais ativados por estímulos solúveis, como: acetilcolina, bradicinina, adenosina difosfato, substância P, serotonina e também pelo aumento do estresse mecânico exercido pelas células circulantes sobre a camada endotelial (BUSCONI; MICHEL, 1993, 1994). Isso ocasiona regulação do fluxo sanguíneo nos tecidos e supri indiretamente a mitocôndria com substratos para a respiração celular (RODRIGUES *et al.*, 2011). Devido a esses fatores, vários efeitos positivos do NO são identificados, tais como manutenção do tônus vascular, regulação da pressão arterial, prevenção de agregação plaquetária (elevação da Monofosfato cíclico de guanosina, diminuição de cálcio e liberação de prostaciclina) e efeito

antioxidante (STABLER *et al.*, 2010), como também seu papel na biogênese e respiração mitocondrial (COOPER *et al.*, 2007).

A elevada produção de NO através do consumo de vegetais ricos em NO_3^- ou fármacos sintetizados quimicamente tem sido interessante por estar associado a reações benéficas para o sistema cardiovascular (MILKOWSKI, *et al.*, 2010). Nesse sentido o NO age nas mitocôndrias e devido as suas propriedades vasodilatadoras que regula o fluxo sanguíneo nos tecidos suprindo indiretamente a mitocôndria com substratos para a respiração celular permite a redistribuição do calor gerado pela respiração celular (RODRIGUES *et al.*, 2011). Dessa forma, alguns estudos têm evidenciado que a suplementação NO_3^- pode apresentar um potencial ergogênico, devido ao seu potencial vasodilatador e efeito na biogênese mitocondrial via PGC-1 α e na inibição parcial da respiração mitocondrial via citocromo c oxidase (COX), após a redução em NO (RODRIGUES *et al.*, 2011), principalmente em modalidades cíclicas, sejam testes de *endurance* ou curta duração (LANSLEY *et al.*, 2011^b).

Exercícios de *endurance* apresentam um alto percentual de dispêndio energético por um longo período de tempo, elevando o consumo de oxigênio (VO_2) e conseqüentemente uma predominância do metabolismo aeróbio (MURPHY, MARGARET, *et al.*, 2011). Por outro lado, em exercícios de curta duração, a predominância pode ser do metabolismo aeróbio, mas dependendo da sua intensidade podem ser utilizado também a via anaeróbia (CAPUTO *et al.*, 2009). Com isso, estudos anteriores têm demonstrado que a suplementação de NO_3^- parece diminuir de maneira significativa o VO_2 em exercícios submáximos através do efeito vasodilatador do NO (BAILEY, *et al.*, 2009), como também a inibição parcial da respiração mitocondrial (STAMLER, 2001), proliferação do DNA mitocondrial (mtDNA) e assim as mitocôndrias geradas são funcionalmente ativas capazes de gerar ATP através da fosforilação oxidativa e conseqüentemente uma melhor produção de força muscular (FULFORD *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2011), podendo manter ou aumentar a velocidade em exercícios submáximos (JONES, 2014).

Nesse sentido a suplementação de NO_3^- durante testes como ciclismo, corrida e natação poderia ser uma estratégia interessante para maximização do desempenho. Isso corrobora com alguns estudos demonstrando que a suplementação de NO_3^- melhorou o desempenho através do aumento na potência para o mesmo nível de VO_2 de ciclistas durante um teste contrarrelógio, após uma dose aguda de suco beterraba rico em NO_3^- , justificado pelas suas ações citadas acima (LANSLEY, KATHERINE, *et*

al., 2011). No entanto, alguns estudos têm evidenciado que esse efeito benéfico no desempenho após a suplementação de NO_3^- pode ser duvidosa, colocando a literatura atual em discussão quando o tema é melhora do desempenho após suplementação de NO_3^- . Mais recentemente, por exemplo, Lowings e Sam *et al.* (2017) verificaram que apesar de uma dose aguda de suco de beterraba rico em NO_3^- ter aumentado a biodisponibilidade de NO no organismo, nenhum efeito significativo foi encontrado no desempenho de nadadores durante um teste contrarrelógio. Os autores então não recomendam o uso de suplementos com NO_3^- para melhorar desempenho do nado costa de curta duração em nadadores treinados. Esses estudos em conjunto demonstram que atualmente não há um consenso na literatura em relação à melhora do desempenho em provas como ciclismo, natação e corrida, após a suplementação de NO_3^- .

Visto que a literatura ainda não é consistente quando o tema é o aumento do desempenho através da suplementação de NO_3^- em provas de *endurance* e curta duração, uma revisão sistemática de literatura se faz necessária para poder responder se a suplementação de NO_3^- traz benefícios para o desempenho de atletas de ciclismo, corrida e natação.

1.1 JUSTIFICATIVA

O uso de suplementos no meio esportivo para obtenção de melhoria no desempenho é frequente, muito embora não se saiba ao certo quais suplementos têm uma maior confiabilidade para uma real resposta positiva no desempenho. A suplementação de NO_3^- tem sido utilizada como um recurso ergogênico para atletas de provas de ciclismo, corrida e natação devido as suas possíveis ações benéficas como, regulação da pressão arterial, manutenção do tônus vascular, reposta mitocondrial, entre outros. Porém a literatura não é consistente em relação a sua ação positiva em provas cíclicas de *endurance* ou curta duração. Com isso, se faz necessário o presente estudo, a fim de responder através de uma revisão sistemática da literatura a real resposta fisiológica da suplementação de NO_3^- , dentro destes aspectos será avaliado se há conformidade nos protocolos realizados nos seguintes estudos, como também as doses suplementares ministradas nos testes apresentam uma padronização ou semelhança entre as doses.

1.2 PROBLEMA E HIPÓTESE

1.2.1 PROBLEMA

A suplementação de NO_3^- promove efeito positivo no desempenho de ciclismo, corrida e natação?

1.2.2 HIPÓTESE

H0: A suplementação de NO_3^- não causa melhora significativa no desempenho de testes de ciclismo, corrida e natação.

H1: A suplementação de NO_3^- causa melhora significativa no desempenho de testes de ciclismo, corrida e natação.

1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito da suplementação de nitrato no desempenho em testes de ciclismo, corrida, natação através de uma revisão sistemática da literatura.

1.3.1 Objetivo(s) Específico(s)

- Verificar o efeito da suplementação de nitrato sobre os indicadores de *desempenho* de teste contrarrelógio de ciclismo, corrida e natação.
- Verificar o efeito da suplementação de nitrato sobre os indicadores de *desempenho* de teste até a exaustão de ciclismo, corrida e natação.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 TIPO DE ESTUDO

O presente estudo descreve detalhadamente argumentos através de uma revisão sistemática, que utiliza de passos necessários e contém elementos para auxiliar na interpretação e compreensão do estudo, tendo como finalidade gerar subsídios que facilitem a aplicação na área (SEGURA MUNOZ, SUSANA INES *et.al*, 2002). A revisão sistemática apresenta mudanças de perfil em relação a estudos bibliográficos tradicionais. Esse perfil de estudo é um importante instrumento metodológico usado na área da saúde (RODRIGUEZ ARTALEJO F.; GUALLAR CASTILLÓN P., 2000).

2.2 PROCEDIMENTOS

A busca de artigos que investigaram o efeito da suplementação de NO_3^- no desempenho de provas de corrida, ciclismo e natação foi executada no mês de agosto de 2017 (Figura 1). Esses artigos foram examinados sem data limite de publicação ou idioma. Foram analisados apenas artigos originais realizados com seres humanos em modalidades de ciclismo, natação e corrida que relataram uma ingestão de NO_3^- como suplementação, seja ela em dose aguda ou crônica, com protocolo de teste contrarrelógio ou tempo até a exaustão. A busca foi realizada apenas no seguinte banco de dados eletrônico: Pubmed (Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA). Os termos “*nitrate supplementation exercise*” e “*nitrate supplementation performance*” foram utilizados para a busca na base de dados descrita acima e foi utilizado o operador lógico “*and*”.

Os procedimentos da revisão sistemática consistiram em cinco etapas: (1) análise somente pelo título dos artigos; (2) verificação de artigos duplicados; (3) análise dos resumos dos artigos; (4) leitura dos artigos na íntegra; (5) verificação dos critérios de inclusão (Figura 1). Cada estudo foi categorizado individualmente em uma planilha. Foram, adicionadas categorias referentes a autores, ano de publicação, descritores, objetivo, amostra, suplementação, metodologia, resultados, conclusão e limitações do estudo. Com isso, uma análise de qualidade metodológica foi realizada (Tabela 1), na

qual categorizou-se os procedimentos realizados e a confiabilidade dos testes e suplementação, sendo os artigos dispostos por autores e ano como referência e os principais pontos a serem avaliados foram apontados em cada coluna. Cada categoria foi assinalada com “x” para positivo e o campo em branco para negativo, sendo realizada a soma total dos itens e o artigo excluído caso não apresentasse pelo menos quatro dos cinco quesitos. Após a seleção dos potenciais artigos foi realizada uma tabela descritiva, por ordem alfabética dos autores, contemplando os seguintes elementos: referência, protocolo ou tipo de exercício, amostra, tempo de suplementação, dose da suplementação, *washout*, principais resultados e percentual de melhora no desempenho (ver Tabela 3).

Para calcular o percentual de melhora no desempenho foi utilizada a equação 1, através dos valores de tempo ou potência apresentados nos artigos para cada condição:

$$\Delta = [(N_{NO_3^-} / N_{PLA}) - 1] \times 100 \quad (-1).$$

Onde, Δ é o percentual de melhora no desempenho, $N_{NO_3^-}$ é o valor de potência ou tempo obtido com a suplementação de nitrato, N_{PLA} é o valor de tempo ou potência obtido com a suplementação de placebo. Após o cálculo, o resultado positivo para a variável potência foi considerado como benéfico para a condição NO_3^- , enquanto o valor negativo para a variável tempo foi considerado como benéfico para a condição NO_3^- . Para padronizar os valores apresentados na tabela 3, o valor obtido a partir do cálculo do tempo foi multiplicado por “-1”, tornando os valores negativos em positivos. Dessa forma, os valores positivos na tabela 3 podem ser interpretados como melhora no desempenho após a suplementação NO_3^- , enquanto os valores negativos como piora no desempenho mediante a suplementação de NO_3^- .

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram incluídos na pesquisa artigos que cumpriam os seguintes requisitos: (1) investigar os efeitos da suplementação de nitrato nas modalidades de ciclismo, corrida e natação; (2) testes contrarrelógio ou testes até exaustão; (3) estudos realizados com seres humanos. Foram excluídos do estudo: (1) de revisão; (2) que não tinham relação com o tema; (3) que utilizaram mais de um suplemento em combinação com NO_3^- na mesma dosagem; (4) que não obtiveram o escore mínimo de 4 pontos na análise de qualidade metodológica.

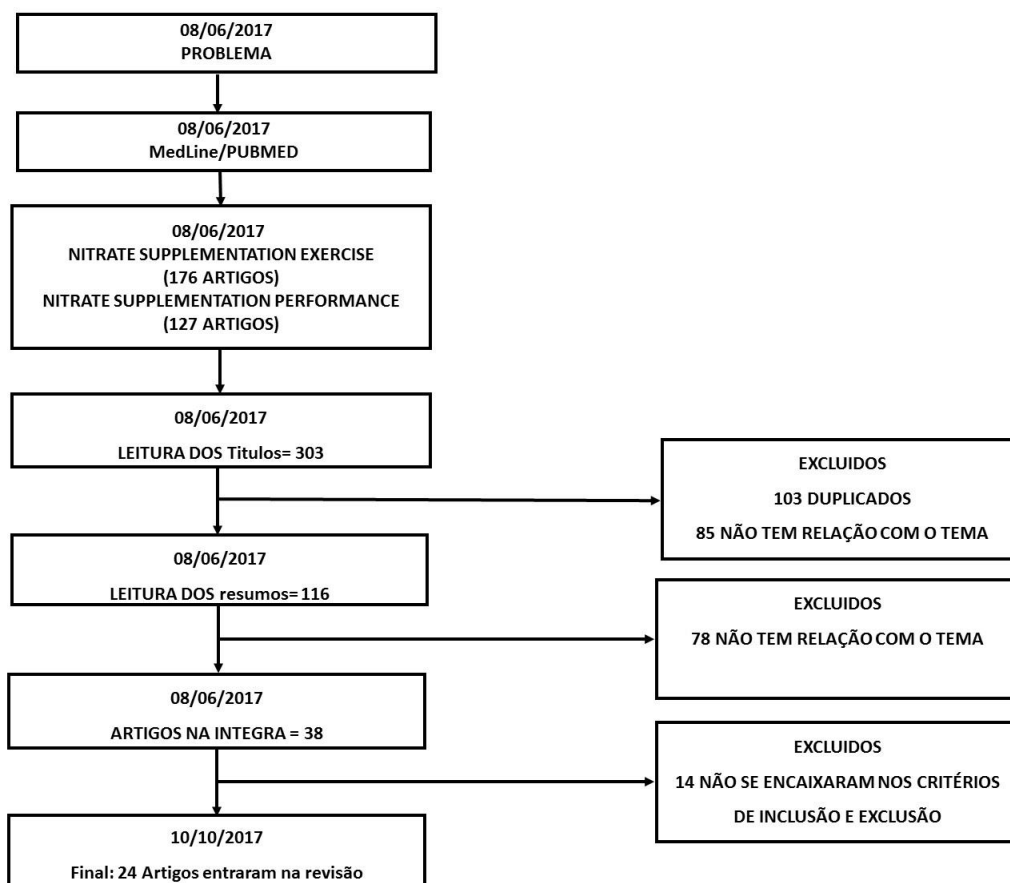


Figura 1: Fluxograma das etapas da revisão sistemática.

Tabela 1 – Qualidade metodológica.

	Referência	(1) Apresenta as características gerais da amostra.	(2) Metodologia e os objetivos foram descritos.	(3) Protocolo dos testes foi descrito.	(4) Suplementação e washout foram descritos.	(5) Apresenta conclusão que responde ao objetivo do estudo.	TOTAL
1	<i>Lansley et. al., 2010^a</i>	X	X	x	x	x	5
2	<i>Lansley et. al., 2011^b</i>	X	X	x	x	x	5
3	<i>Bescós, et. al., 2011</i>	X	X	x	x	x	5
4	<i>Cermak et. al., 2012^a</i>	X	X	x	x	x	5
5	<i>Cermak. et. al., 2012^b</i>	X	X	x		x	4
6	<i>Peacock et. al., 2012</i>	x	X	x		x	4
7	<i>Wilkerson et. al., 2012</i>	x	X	x	x	x	5
8	<i>Kelly et. al., 2013</i>	X	X	x	x	x	5
9	<i>Lane, et. al., 2013</i>	X	X	x	X	x	5
10	<i>Wylie et. al., 2013</i>	x	X	X	x	x	5
11	<i>Boorsma. et. al., 2014</i>	X	X	x	x	x	5
12	<i>Muggeridge et. al., 2014</i>	X	X	x		x	4
13	<i>Porcelli et. al., 2014</i>	x	X	x	x	x	5
14	<i>Bourdillon et. al., 2015</i>	X	X	x	x	x	5
15	<i>MacLeod et. al., 2015</i>	X	X	x	x	x	5
16	<i>Sandbakk et. al., 2015</i>	x	X	x	x	x	5
17	<i>Glaister et. al., 2015</i>	X	X	x		X	4
18	<i>Rimer et. al., 2016</i>	x	X	x	x	x	5
19	<i>Callahan et. al., 2017</i>	X	X	x	x	x	5
20	<i>Lowings et. al., 2017</i>	X	X	x	x	x	5
21	<i>McQuillan et. al., 2017^a</i>	X	X	x	x	X	5
22	<i>McQuillan. et. al., 2017^b</i>	X	X	x	x	x	5
23	<i>Nyakayiru et. al 2017</i>	x	X	x		x	4
24	<i>Shannon et. al., 2017</i>	x	X	x		x	4

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

Todas as pesquisas analisadas usaram como amostra homens ou mulheres. Dos 24 artigos, 19 foram realizados com participantes treinados e apenas 5 estudos eram com participantes fisicamente ativos (KELLY *et al.*, 2013; RIMER *et al.*, 2016; LANSLEY *et al.*, 2011^b; PORCELLI *et al.*, 2014; WYLIE *et al.*, 2013). Apenas dois artigos utilizaram como amostra os dois sexos (H, M) juntos (LANE *et al.*, 2013; LOWINGS *et al.*, 2017).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TESTES

Doze artigos usaram testes contrarrelógio de ciclismo e apenas quatro com teste até exaustão da mesma modalidade (KELLY *et al.*, 2013; RIMER *et al.*, 2016; BESCÓS *et al.*, 2011; WYLIE *et al.*, 2013). Cinco artigos utilizaram teste contrarrelógio de corrida (PEACOCK. *et al.*, 2012; SHANNON *et al.*, 2017^a; SHANNON *et al.*, 2017^b; PORCELLI *et al.* 2014; SANDBAKK *et al.*, 2015) e dois testes até a exaustão para mesma modalidade (BOORSMA, *et al.*, 2014; LANSLEY *et al.*, 2011^b). Um único estudo utilizou teste contrarrelógio de natação para avaliar o desempenho (LOWINGS *et al.*, 2017).

3.3 CARACTERÍSTICAS DA SUPLEMENTAÇÃO

Todos os estudos foram randomizados, contrabalançados, duplo-cego e placebo-controlados. 17 estudos eram com dose aguda, um artigos com dose crônica (LANSLEY *et al.*, 2011^b) e 6 dos artigos analisados utilizavam as duas formas de suplementação, tanto aguda como crônica (KELLY *et al.*, 2013; LANE *et al.*, 2013; BROOSMA *et al.*, 2014; BOURDILLON *et al.*, 2015; MCQUILLAN *et al.*, 2017; MCQUILLAN *et al.*, 2017). As pesquisas apresentam níveis de concentração de NO_3^- nos sucos de beterraba bem distintas, variando de um valor mínimo de $4 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ de NO_3^- e máximo de $13 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ de NO_3^- (média: $7.6 \pm 3.5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$). Porém, todos apresentaram um tempo de ingestão mínimo de 1h30min e máximo de

3h00min, com mediana de 2h30min antes do exercício. Pode-se verificar que todos os artigos verificaram aumento significativo na concentração plasmática de NO_2^- e NO , através de análise de sangue realizada no período pré-teste e/ou logo após os testes.

3.4 DESEMPENHO

Dos 24 artigos, apenas três estudos apresentaram diferença significativa positiva no desempenho após a suplementação de NO_3^- . Desses, um foi feito em teste contrarrelógio de ciclismo (LANSLEY *et al.*, 2011^a) um com teste até a exaustão de ciclismo (KELLY *et al.*, 2013), e outro teste até exaustão de corrida (LANSLEY *et al.*, 2011^b). Com relação ao VO_2 , 18 artigos analisaram os níveis de VO_2 durante os protocolos de testes, no entanto, apenas quatro estudos mostraram uma redução significativa do VO_2 após a suplementação de NO_3^- , sem notar, entretanto, melhora no desempenho (BESCÓS *et al.*, 2011; LANSLEY *et al.*, 2011^a; LANSLEY *et al.*, 2011^b; KELLY *et al.*, 2013). Os estudos que apresentaram diferença significativa positiva no desempenho mostraram também significativa redução do custo de oxigênio no exercício com a suplementação de NO_3^- .

Na tabela 3 pode-se observar mais detalhadamente os estudos e seus resultados.

Tabela 2- Pesquisas que investigaram o efeito da suplementação no NO_3^- no desempenho.

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Lansley et. al., 2011 [a]</i>	TCR ciclismo 4,1km	9H(T)	2h45min antes do teste	1 Dose em 5 Litros de BR- Nitrato: $6.2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$ vs. PL A: 0,5 Litros de placebo $0.0047 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$	48-72h	Potência (W): $\text{NO}_3^- (292 \pm 44)$ vs. PLA (279 ± 51)	Sim, 4,66%
	TCR ciclismo 16,1km			1 Dose em 5 Litros de BR- Nitrato: $6.2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$ vs. PL A: 0,5 Litros de placebo $0.0047 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$		Potência (W): $\text{NO}_3^- (247 \pm 44)$ vs. PL (233 ± 43)	Sim, 6,00%
<i>Wilkerson et. al., 2012</i>	TCR ciclismo de 50m	8 H (T)	2h antes do teste.	1 Dose em 500ml BR- Nitrato: $6,2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs. PLA: $0.0047 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$	168h	Potencia (W): $\text{NO}_3^- (238 \pm 22)$ vs. PLA(235 ± 27)	Não, 1.27%
<i>Cermak et. al., 2012 [a]</i>	TCR ciclismo Em uma taxa de trabalho $1,073 \pm 21$ kJ no menor tempo possível	20 H (T)	2h20min antes do teste	1 Dose com 150ml de BR- Nitrato: $8.72 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$ vs. PLA: $0.004 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$	""	Potência (W): $\text{NO}_3^- (275 \pm 7W)$ vs. PLA ($278 \pm 7W$)	Não, -1,07%
<i>Cermak. et. al., 2012 [b]</i>	TCR ciclismo 10km	12 H (T)	2h30min antes do teste.	2 Doses em 70 ml de BR- Nitrato: $\pm 8 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ / dia vs. PLA: suco de BR empobrecido com NO_3^-	336h	Tempo (s): $\text{NO}_3^- (953 \pm 18)$ vs. PLA (965 ± 18)	Não, 1,24%

Tabela 3 – Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Lane, et. al., 2013</i>	TCR ciclismo 43,83 km	12H (T)	Dose 1: 8-12h antes TT	2 doses em 140 ml de BR - Nitrato: $\text{mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ vs. PLA: 0.006 $\text{mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ de NO_3^-	168h	Potência (W): NO_3^- (298±35) vs. PLA (303±41)	Não, -1,65%
	TCR ciclismo 29,35 km		Dose 2: no dia seguinte- 130min antes do TT.			Potência (W): NO_3^- (207±31) vs. PLA(207±29)	Não, 0%
<i>Muggeridge et. al., 2014</i>	TCR ciclismo 16,1 KM	9H(T)	2h30min antes do teste	2 Dose de 60 ml em gel de nitrato: $8.1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$ vs. PLA: Gel pobres em nitrato.	""	Tempo (s): NO_3^- (1455 ± 47s) vs. PLA(1469 ± 52s)	Não, 0,95%
<i>Bourdillon et. al., 2015</i>	TCR ciclismo 15Km	12H (T)	2h30min antes do teste por um período de 3 dias	1 capsula de nitrato: $0.1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ / dia vs. PLA: cloreto de sódio, $0.1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$	120h	Tempo (s): NO_3^- (1597 ± 96) vs. PLA(1581 ± 63)	Não, -1,01%
<i>MacLeod et. al., 2015</i>	TCR ciclismo 10km	11H(T)	2h00min antes do teste	1 Dose em 70ml de BR- Nitrato: $6.5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$ vs. PLA: 70ml de BR pobre em Nitrato	96h	Tempo (s): NO_3^- (961±54) vs. PLA(954±47)	Não, -0,73%

Tabela 3 – Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Glaister et. al., 2015</i>	TCR ciclismo de 20km	14 F (T)	2h30min h antes do teste.	1 Dose em 70 ml de BR- Nitrato: 7.3 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0,01 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	--	Potência (W): NO ₃ ⁻ (194 ± 22) vs. PLA(194 ± 25)	Não, 0%
<i>Rimer et. al., 2016</i>	TE ciclismo 30seg	11H 2M (FA)	Dia 1: 2h30min antes do teste; Dia 2: 2h00min antes do teste	2 doses de 70ml de BR- Nitrato: 11.2 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ vs. PLA: 0.004 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	72h	Potência(W): NO ₃ ⁻ (1173 ± 255) vs. PLA (1185 ± 249)	Não, -1,01%
<i>Callahan et. al., 2017</i>	TCR ciclismo 4km	8 H (T)	1h antes do teste.	1 Dose de cristais de beterraba em 400 ml de água - Nitrato: 5 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ vs. PLA: cristais de beterraba placebo.	168h	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (337 ±17) vs. PLA (338 ± 18)	Não, 0,29%
<i>McQuillan. et. al., 2017 [a]</i>	TCR ciclismo 4km	8 H (T)	2h antes do teste. Pré-teste: 1 vez por dia durante 8 dias. Teste: 1 vez por dia durante 11 dias.	11 Doses em 70 mL de BR- Nitrato: 4 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.003 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	168h	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (343 ± 14) vs. PLA (344 ± 14)	Não, 0,35%
<i>Nyakayiru et. al 2017</i>	TCR ciclismo 10km	17 H (T)	3h antes do teste.	1 Dose em 150ml de BR- Nitrato: 8.72 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0,004 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	""	Potência (W): NO ₃ ⁻ (275 ± 7) vs. PLA(278 ± 7)	Não, -1,08%

Tabela 3 – Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>McQuillan et. al., 2017</i> [b]	TCR Ciclismo 1km (4º e 7º dias de suplementação)	9H(T)	2.5h antes do teste e o horário correspondente nos outros dias	7 Doses em 140 ml de BR- Nitrato: 8.0 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.003 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	240h	Potencia (W): NO ₃ ⁻ (4) (495 ± 61) vs. PLA(4) (503 ± 51) NO ₃ ⁻ (7) (501 ± 59) vs. PLA(7) (505 ± 52)	(4) Não, -1,59% (7) Não, -0,79%
	TCR Ciclismo 4km (3º e 6º dia de suplementação)		Crônico 7 dias mais 1 dose 2.5h antes do teste crônico	8 Dose em 140 ml de BR- NO ₃ ⁻ : 13.0 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0,065 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ com almoço.	168h	Potencia (W): NO ₃ ⁻ (3) (390 ± 45) vs. PLA(3) (393 ± 37) NO ₃ ⁻ (6) (394 ± 38) vs. PLA(6) (393 ± 37)	(3) Não, -0,76% (6) Não, 0,25%
<i>Bescós, et. al., 2011</i>	TE ciclismo	11H(T)	3h00min antes do teste	1 Dose de 10 mg de Nitrato de sódio em 250ml de água vs. PLA: Dose única de Cloreto de sódio dissolvidos em 250ml de água	72h	Potência (W): NO ₃ ⁻ (416 ± 29 W) vs. PLA(410 ± 28 W)	Não, 1,46%
<i>Kelly et. al., 2013</i>	TE ciclismo: 60, 70, 80 e 100% Δ	9H (FA)	Dose 1: Logo ao acordar. Dose 2: 2.5h antes do teste ou no período da tarde (período de folga).	7 a 12 doses de 250ml de BR- Nitrato: 8.2 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ vs. PLA: 0.006 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	72h	Tempo(s): NO ₃ ⁻ _(60%Δ) (696±120) vs. PLA _(60%Δ) (593±68) NO ₃ ⁻ _(70%Δ) (452±106) vs. PLA _(70%Δ) (390±86) NO ₃ ⁻ _(80%Δ) (294±50) vs. PLA _(80%Δ) (263±50) NO ₃ ⁻ _(100%Δ) (182±37) vs. PLA _(100%Δ) (166±26)	Sim, (60%Δ) 17,3% (70%Δ) 15,8% (80%Δ) 11,7% (100%Δ) 9,6%

Tabela 3 - Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Wylie et. al., 2013</i>	TE ciclismo	10H(FA)	2h30min antes do teste	1 Dose de 70, 140, ou 280 ml de BR- Nitrato: 4.2, 8.4, ou 16.8 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ vs. PLA: 0.04, 0.08 ou 0.12 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ respectivamente.	72h	Tempo(s): NO ₃ ⁻ _(70ml) (508 ±102) vs. PLA _(70ml) (470 ± 81) NO ₃ ⁻ _(140ml) (570 ±153) vs. PLA _(140ml) (498±113) NO ₃ ⁻ _(280ml) (552±117) vs PLA _(280ml) (493±114)	Não, 8,0 _(70ml) Não, 14,4 _(140ml) Não, 11,9 _(280ml)
<i>Peacock et. al., 2012</i>	TCR Corrida de Campo 5km	10H(T)	2.5h antes do teste	1 Dose em capsula(614mg) de NO ₃ ⁻ - 9.9 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 1g de maltodextrina em 500ml de água.	""	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (1005 ± 53) vs. PLA (996 ± 49)	Não, -0,90%
<i>Porcelli et. al., 2014</i>	TCR corrida 3km	21H (FA)	Antes do café da manhã	1 Dose de nitrato de sódio- Nitrato: 5.5 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ vs. PLA: cloreto de sódio 8.0 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	336h	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (627 ± 30) vs. PLA(629 ± 28 s)	Não, 0,32%
<i>Sandbakk et. al.,2015</i>	TCR corrida de 180m + 5 km	9H(T)	2h00min antes do teste	1 Dose com 500 ml de água - Nitrato: 1 cápsula de 9.9 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ de potássio de NO ₃ ⁻ vs. PLA: 1 cápsula de 1g de maltodextrina	168h	Tempo (s): NO ₃ ⁻ _(180m) (24.1 ± 0.9) vs. PLA _(180m) (24.3 ± 0.7) NO ₃ ⁻ _(5km) (1016 ± 52) vs. PLA _(5km) (1005 ± 47)	Não, 0,82% _(180m) Não, -1,09% _(5km)

Tabela 3 – Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Shannon et. al., 2017</i>	TCR corrida 10.000m	8H(T)	3h00min antes do teste	1 Dose em 40 ml de BR- Nitrato: 12.5 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.01 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ de NO ₃ ⁻	""	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (2643 ± 324) vs. PLA (2649 ± 319)	Não, 0,25%
	TCR corrida 1.500m					Tempo (s): NO ₃ ⁻ (319.6±36.2) vs. PLA (325.7±38.8)	Sim, 1,87%
<i>Lansley et. al., 2011 [b]</i>	TE de corrida ±4,3% do máximo individual	9H (FA)	6 dias de suplementação. 3h00min antes de cada teste	1 Dose de 500ml em BR- Nitrato 6.2 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ vs. PLA: 0.0034 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	240h	Tempo (min.): NO ₃ ⁻ (8,7± 1,8 min) vs. PLA (7,6±1,5 min)	Sim, 14,47%
<i>Boorsma. et. al., 2014</i>	TE corrida 1500m	8H (T)	Agudo 2.5h antes do teste	1 Dose em 210 ml de BR- NO ₃ ⁻ : 19.5 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.065 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ ;	168h	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (250.7 ± 4.3) vs. PLA (250.4 ± 7.0)	Não, 0%
			Crônico 7 dias mais 1 dose 2.5h antes do teste crônico	8 Dose em 140 ml de BR- NO ₃ ⁻ : 13.0 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.065 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻ com almoço.		Tempo (s): NO ₃ ⁻ (250.5 ± 6.2) vs. PLA (251.4 ± 7.6)	Não, 0,35%

Tabela 3 – Continuação

Referência	Protocolo	Amostra	Tempo de Suplementação	Dose da Suplementação	Washout	Principais Resultados	% Melhora no Desempenho
<i>Lowings et. al., 2017</i>	TCR natação 168m técnica do nado Costas.	5H e 5M (T)	3h00min antes do teste	1 Dose 140ml-2x70ml BR- Nitrate: 12.5 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ vs. PLA: 0.01 mmol.L ⁻¹ .kg ⁻¹ NO ₃ ⁻	""	Tempo (s): NO ₃ ⁻ (130.37 ± 8.10) vs. PLA (131.59 ± 9.09)	Não, 0,93%

Nota. H: Homens, M: Mulheres, T: Treinados, FA: Fisicamente ativos, TCR: Teste contrarrelógio; TE: Teste de tempo até exaustão; BR: Beterraba, PLA: Placebo, NO₃⁻: Nitrate. Para respostas significativas no desempenho: Sim: Melhorou o desempenho e Não Não melhorou o desempenho para NO₃⁻.

4. DISCUSSÃO

Dos 24 artigos analisados nesta revisão sistemática, apenas três apresentaram diferença significativa positiva no desempenho após a suplementação de NO_3^- ; dentre eles, dois estudos na modalidade de ciclismo e um na modalidade de corrida, sendo um estudo com teste contrarrelógio (LANSLEY *et al.*, 2011^a) e dois estudos com teste até a exaustão (LANSLEY *et al.*, 2011^b; KELLY *et al.*, 2013), com correspondente melhora significativa no VO_2 e uma redução do custo de oxigênio para o exercício após a suplementação de NO_3^- (LANSLEY *et al.*, 2011^a; LANSLEY *et al.*, 2011^b; KELLY *et al.*, 2013). Em contraponto, 21 estudos com ciclismo, corrida e natação não encontraram efeito positivo significativo da suplementação de NO_3^- no desempenho, apesar de 16 artigos demonstrarem que o NO_3^- seria favorável se observado a diferença entre as médias (Tabela 3).

As pesquisas que compuseram o seguinte estudo apresentaram um protocolo de suplementação randomizada, contrabalançada, duplo-cego e placebo-controlado, sendo estudos considerados com uma abordagem metodológica ideal para esse tipo de intervenção (THOMAS *et al.*, 2009). No entanto, as pesquisas apresentam níveis de concentração de NO_3^- bem distintas, variando de $0,1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ a $19,5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1}$, além de apresentar horários de consumo bem diferentes entre eles. Além disso, apesar de todos os estudos terem verificado que o nível de NO foi aumentado após a ingestão, houve também uma grande variação desses valores, devido a diferentes quantidades de ingestão. De acordo com Lansley *et al.* (2011)^a, a ingestão aguda de beterraba contendo $\pm 6.2 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{ NO}_3^-$ como suplemento ergogênico foi capaz de melhorar a cadência do movimento com uma maior potência para o mesmo VO_2 em um teste contrarrelógio de ciclismo de 4 e 16 KM. Em contra partida Meeleod *et al.* (2015) relataram em seu estudo que a suplementação ergogênica de beterraba rico em NO_3^- , com $\pm 6.5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{ NO}_3^-$ não teve efeito em um teste contrarrelógio de ciclismo, como também não demonstrou reduzir o custo de oxigênio. Nesse mesmo sentido Wylie *et al.* (2013) realizaram um estudo ingerindo diferentes dosagens de NO_3^- (4.2, 8.4 e 16.8 mmol.L^{-1} de suco de beterraba rico em NO_3^-) antes de um teste até exaustão de ciclismo, porém o estudo não apresentou melhoras adicionais ao exercício em nenhuma dose, como também não houve uma diminuição no custo de oxigênio.

Esses achados são conflitantes e não são bem explicados pela literatura, porém essas variações da ingestão de NO_3^- e o seu possível efeito pode ser justificado por não haver uma recomendação na quantidade de NO_3^- a ser consumido para sua melhor ação em atividades extenuantes como o exercício físico (JONES *et al.*, 2014; THOMAS *et al.*, 2016). No entanto, vale ressaltar que estudos sugerem que a suplementação de suco de beterraba rico em NO_3^- é positiva quando administrada por mais de um dia, pois provoca um aumento na expressão de algumas proteínas mitocondriais e uma melhora na respiração mitocondrial (MCCONELL *et al.*, 2007).

Em relação à amostra, todos os artigos analisados apresentaram como sujeitos homens ou mulheres, ambos treinados ou fisicamente ativos. Dos estudos que apresentaram uma resposta positiva ao desempenho após suplementação de NO_3^- foram compostos por amostras distintas. Dois destes estudos foram compostos por sujeitos fisicamente ativos, porém um artigo foi realizado com sujeitos treinados e também apresentou uma resposta significativa em relação ao desempenho. Nesse sentido, Boorsma *et al.* (2014) realizaram um teste submáximo contrarrelógio de 1500 m de corrida composta por uma amostra de 10 homens treinados e a suplementação foi feita de maneira em que os atletas consumiram 210 ml ($19.5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$) de beterraba de forma aguda e crônica (8 dias). Porém, o estudo não mostrou uma melhora significativa no desempenho, como também não mostrou uma redução do VO_2 . Além disso, Shannon *et al.* (2017) utilizaram em sua pesquisa oito homens treinados em dois testes contrarrelógio de corrida após a ingestão de 140ml ($12.5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$) de beterraba de forma aguda e demonstraram que a suplementação de NO_3^- pode ter melhorado o desempenho para o teste de curta distancia, mas não houve uma melhora para o teste de longa distancia. Em contrapartida, Lansley *et al.* (2011) utilizou na sua pesquisa uma amostra composta por nove homens treinados em um teste contrarrelógio de ciclismo após a suplementação 500 ml ($\pm 6.2 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{NO}_3^-$) de beterraba de forma aguda e esta pesquisa demonstrou que a suplementação de NO_3^- pode ser eficiente na melhora da economia do movimento, como também pode aumentar significativamente a PO (potência) para um mesmo VO_2 . Com isso, a literatura se mostra conflitante, porém essas diferentes respostas em relação à ação do NO_3^- pode ser justificado por alguns estudos que sugerem que o efeito da suplementação dietética de NO_3^- tem um efeito pequeno em atletas treinados devido ao auto índice

de treinabilidade como também os atletas mais treinados possuem um melhor desempenho na função aeróbica com um VO_2 de pico mais alto, dificultando a ação do NO no organismo (HOON *et al.*, 2013; MACLEOD *et al.*, 2015; THOMAS, *et al.*, 2016). Outra possível justificativa que pode ser considerada além dos fatores em relação à amostra é a intensidade utilizada nos testes. Teste de longas distancia parecem não apresentar uma melhora significativa no desempenho devido a uma taxa de trabalho mais baixa (SHANNON *et al.*, 2017).

Os estudos que mostraram melhora significativa no desempenho também identificaram um menor VO_2 , com aumento da potência e economia do exercício (LANSLEY *et al.*, 2011^a; LANSLEY *et al.*, 2011^b; KELLY *et al.*, 2013). Em conjunto, esses achados podem ser justificados pelo fato de que a suplementação de NO_3^- melhora a eficiência mitocondrial, melhorando a eficiência do exercício através da redução do custo de ATP (BAILEY *et al.*, 2010), junto com sua propriedade vasodilatadora que promovem uma maior oferta de oxigênio para a célula em atividade (BAILEY *et al.*, 2009). Além disso, essa resposta positiva no desempenho pode ter sido influenciada por alguns fatores metodológicos. Nesse sentido Kelly *et al.* (2013) realizaram um estudo testando diferentes intensidades para achar o limiar de potência crítica, como também o trabalho total a ser realizada acima desse limiar (W'). O teste teve 4 situações diferentes em relação a intensidade dos testes, 60, 70, 80 e 100% do Δ (Δ = diferença de troca gasosa e VO_2) em um teste até exaustão de ciclismo, com nove homens fisicamente ativos, sendo a suplementação feita de forma crônica com no mínimo 7 dias e no máximo 12 dias de suplementação contendo 250ml ($\pm 8.2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ NO}_3^-$) de beterraba rico em NO_3^- . O estudo mostrou uma melhora significativa no desempenho para as intensidades de 60, 70 e 80% Δ e não apresentou uma melhora significativa no desempenho para a intensidade em 100% Δ . Em contraste o estudo não mostrou uma diminuição do custo de oxigênio, os valores de VO_2 do exercício final em todos os ensaios não foram diferentes do pico VO_2 alcançado durante os testes incrementais de rampa.

Nesse sentido, Lansley *et al.* (2011)^b utilizaram em sua pesquisa um protocolo de teste submáximo até exaustão de corrida utilizando nove sujeitos fisicamente ativos suplementados com 500 ml ($6.2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ NO}_3^-$) de suco de beterraba rico em NO_3^- do qual demonstrou um possível efeito positivo no desempenho. Os protocolos utilizados nos testes são distintos entre eles, porém os

dois apresentaram uma resposta positiva no desempenho após suplementação. Em contraste a esses estudos, Lowings *et al.* (2017) observaram 10 sujeitos competitivos de natação em um teste contrarrelógio com nado costas após uma suplementação aguda de NO_3^- que não melhoraram significativamente seu desempenho. Esses achados são conflitantes e não apresentam uma justificativa clara na literatura. Porém, alguns estudos indicam que a suplementação de NO_3^- em testes até a exaustão durante um exercício constante de alta intensidade reduz o custo de oxigênio do exercício submáximo e a tolerância ao exercício, ocasionando um aumento do desempenho (BAILEY *et al.*, 2009; LANSLEY *et al.*, 2011^b). Nesse sentido estudos anteriores também relatam que testes contrarrelógio tem um alto valor ecológico, pois fornece uma simulação precisa das respostas fisiológicas durante a competição (FOSTER *et al.*, 1993).

Em contraste a essas repostas positivas, os outros 21 artigos analisados na presente revisão sistemática mostraram que não houve uma resposta significativa no desempenho, apesar de 16 artigos demonstrarem que o NO_3^- foi favorável quando analisada a diferença entre as médias. Isto sugere que a suplementação de NO_3^- pode não ser tão efetiva para melhorar o desempenho. A justificativa para respostas negativas dos 21 estudos analisados não é muito clara, no entanto vale ressaltar que o consumo de NO_3^- não é padronizado em relação a sua concentração. As ações que ocorrem na mitocôndria são corroboradas com estudos anteriores (BAILEY *et al.*, 2009; LANSLEY *et al.*, 2011^a), porém não apresentaram nos demais estudos uma diferença significativa no desempenho. Outro fator que pode ter comprometido ação positiva da suplementação é o protocolo dos testes e intensidade.

5. CONCLUSÃO

Pode-se observar através da presente revisão que a suplementação de NO_3^- parece não apresentar uma resposta significativa na melhora de desempenho em testes de ciclismo, corrida e natação. Essas respostas tão distintas entre os estudos podem ter ocorrido pela discrepância em relação às doses suplementares, como também as diferentes abordagens metodológicas dos testes. Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas a fim de padronizar as doses suplementares de NO_3^- , como também uma melhor abordagem metodológica dos testes e intensidade de execução para um melhor efeito da suplementação. Vale ressaltar que foi encontrado apenas um artigo com prova de natação, nesse sentido sugere-se novos estudos com testes de natação sejam realizados, a fim de responder se a suplementação de nitrato pode apresentar numa resposta positiva no desempenho desta modalidade.

REFERÊNCIAS

BAILEY, S. J., Winyard, P., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Wilkerson, D. P., ... & Jones, A. M. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **Journal of applied physiology**, v. 107, n. 4, p. 1144-1155, 2009.

BAILEY, S. J., Fulford, J., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., ... & Jones, A. M. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **Journal of applied physiology**, v. 109, n. 1, p. 135-148, 2010.

BESCÓS, R., Rodríguez, F. A., Iglesias, X., Ferrer, M. D., Iborra, E., & Pons, A. Acute administration of inorganic nitrate reduces V̇O_{2peak} in endurance athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 10, p. 1979-1986, 2011.

BUSCONI, L.; MICHEL, T. Endothelial nitric oxide synthase. N-terminal myristoylation determines subcellular localization. **Journal of Biological Chemistry**, v. 268, n. 12, p. 8410-8413, 1993.

BUSCONI, LILIANA; MICHEL, THOMAS. Endothelial nitric oxide synthase membrane targeting. Evidence against involvement of a specific myristate receptor. **Journal of Biological Chemistry**, v. 269, n. 40, p. 25016-25020, 1994.

BOORSMA, Robert K; Whitfield, J., & Spriet, L. L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 46, n. 12, p. 2326-34, 2014.

BOURDILLON, Nicolas; Fan, J. L., Uva, B., Müller, H., Meyer, P., & Kayser, B. Effect of oral nitrate supplementation on pulmonary hemodynamics during exercise and

time trial performance in normoxia and hypoxia: a randomized controlled trial. **Frontiers in physiology**, v. 6, p. 288, 2015.

CALLAHAN, Marcus J; Parr, E. B., Hawley, J. A., & Burke, L. M. Single and combined effects of beetroot crystals and sodium bicarbonate on 4-km cycling time trial performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 27, n. 3, p. 271-278, 2017.

CAPUTO, Fabrizio; Oliveira, M. F. M. D., Greco, C. C., & Denadai, B. S. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.

CERMAK, Naomi M.; GIBALA, Martin J.; VAN LOON, Luc JC. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 22, n. 1, p. 64-71, 2012.

CERMAK, Naomi M; Res, P., Stinkens, R., Lundberg, J. O., Gibala, M. J., & van Loon, L. J. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 22, n. 6, p. 470-478, 2012.

COOPER, Chris E.; GIULIVI, Cecilia. Nitric oxide regulation of mitochondrial oxygen consumption II: molecular mechanism and tissue physiology. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 292, n. 6, p. C1993-C2003, 2007.

GHIARONE, Thaysa, de Ataíde, T., Bertuzzi, R., & Lima-Silva, A. E. Suplementação de nitrato e sua relação com a formação de óxido nítrico e exercício físico. **Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 4, n. 4, p. 103-135, 2014.

FULFORD, Jonathan; Winyard, P. G., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. Influence of dietary nitrate supplementation on human skeletal muscle

metabolism and force production during maximum voluntary contractions. **Pflügers Archiv-European Journal of Physiology**, v. 465, n. 4, p. 517-528, 2013.

FLORA FILHO, R.; ZILBERSTEIN, B. Óxido nítrico: o simples mensageiro percorrendo a complexidade. Metabolismo, síntese e funções. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 265-271, 2000.

FOSTER, C. A. R. L., Green, M. A., Snyder, A. C., & Thompson, N. N. Physiological responses during simulated competition. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 25, n. 7, p. 877-882, 1993.

GLAISTER, Mark; Pattison, J. R., Muniz-Pumares, D., Patterson, S. D., & Foley, P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 165-174, 2015.

JONES, Andrew M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. **Sports medicine**, v. 44, n. 1, p. 35-45, 2014.

JONES, Andrew M. Influence of dietary nitrate on the physiological determinants of exercise performance: a critical review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 1019-1028, 2014.

HOON, M. W., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & Burke, L. M. The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 5, p. 522-532, 2013.

KELLY, J., Vanhatalo, A., Wilkerson, D. P., Wylie, L. J., & Jones, A. M. Effects of nitrate on the power-duration relationship for severe-intensity exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 9, p. 1798-1806, 2013.

LANE, Stephen C; Hawley, J. A., Desbrow, B., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Ross, M. L., ... & Burke, L. M. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 1050-1057, 2013.

LANSLEY, Katherine E. Winyard, P. G., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Wilkerson, D. P., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 6, p. 1125-1131, 2011.

LANSLEY, Katherine E. Bailey, S. J., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Gilchrist, M., Lansley, N. K. E., Winyard, P. G., ... & Vanhatalo, A. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. **Journal of applied physiology**, v. 110, n. 3, p. 591-600, 2011.

LANSLEY, Katherine E. Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. **Journal of applied physiology**, v. 110, n. 3, p. 591-600, 2010.

LOWINGS, Sam. Shannon, O. M., Deighton, K., Matu, J., & Barlow, M. J. Effect of dietary nitrate supplementation on swimming performance in trained swimmers. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, p. 1-24, 2017.

MCQUILLAN, Joseph A; Dulson, D. K., Laursen, P. B., & Kilding, A. E. The effect of dietary nitrate supplementation on physiology and performance in trained cyclists. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. 5, p. 684-689, 2017.

MCQUILLAN, Joseph A; Dulson, D. K., Laursen, P. B., & Kilding, A. E. Dietary nitrate fails to improve 1 and 4 km cycling performance in highly trained

cyclists. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 27, n. 3, p. 255-263, 2017.

MACLEOD, Kristin E., Nugent, S. F., Barr, S. I., Koehle, M. S., Sporer, B. C., & MacInnis, M. J. Acute beetroot juice supplementation does not improve cycling performance in normoxia or moderate hypoxia. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 25, n. 4, p. 359-366, 2015.

MCCONELL, Glenn K. Bradley, S. J., Stephens, T. J., Canny, B. J., Kingwell, B. A., & Lee-Young, R. S. Skeletal muscle nNOS μ protein content is increased by exercise training in humans. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 293, n. 2, p. R821-R828, 2007.

MILKOWSKI, Andrew. Garg, H. K., Coughlin, J. R., & Bryan, N. S. Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: A risk–benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. **Nitric oxide**, v. 22, n. 2, p. 110-119, 2010.

MUGGERIDGE, David J. Howe, C. C., Spendiff, O., Pedlar, C., James, P. E., & Easton, C. A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 1, p. 143-150, 2014.

MUGGERIDGE, David J. Sculthorpe, N., Grace, F. M., Willis, G., Thornhill, L., Weller, R. B., ... & Easton, C. Acute whole body UVA irradiation combined with nitrate ingestion enhances time trial performance in trained cyclists. **Nitric Oxide**, v. 48, p. 3-9, 2015.

MURPHY, Margaret., Eliot, K., Heuertz, R. M., & Weiss, E. Whole Beetroot Consumption Acutely Improves Running Performance. **Whole Beetroot Consumption Acutely Improves Running Performance**, [S.l.], n. 5, p. 1-5, nov. 2011.

NYAKAYIRU, Jean M; Jonvik, K. L., Pinckaers, P. J., Senden, J., van Loon, L. J., & Verdijk, L. B. No effect of acute and 6-day nitrate supplementation on $\dot{V}O_2$ and time-trial performance in highly trained cyclists. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2017.

PEACOCK, Oliver; Tjonna, A. E., James, P., Wisloff, U., Welde, B., Böhlke, N., ... & Sandbakk, O. Dietary nitrate does not enhance running performance in elite cross-country skiers. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 11, p. 2213-2219, 2012.

PORCELLI, Simone Ramaglia, M., Bellistri, G., Pavei, G., Pugliese, L., Montorsi, M., ... & Marzorati, M. Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. **Medicine and science in sports and exercise**, p. 1-34, 2014.

RIMER, Ernest G. Peterson, L. R., Coggan, A. R., & Martin, J. C. Acute dietary nitrate supplementation increases maximal cycling power in athletes. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 6, p. 715, 2016.

RODRIGUEZ ARTALEJO F.; GUALLAR CASTILLÓN, P. Sobre los Meta-análisis y el QUOROM. *Rev. Esp. Salud Pública*. v.74, n.2, p.103-105E, 2000.

RODRIGUES, Gabriela Silva. Análise da influência do óxido nítrico na proliferação mitocondrial, função mitocondrial e indução de apoptose. 2011.

SANDBAKK, Silvana Bucher; Sandbakk, O., Peacock, O., James, P., Welde, B., Stokes, K., ... & Tjonna, A. E. Effects of acute supplementation of L-arginine and nitrate on endurance and sprint performance in elite athletes. **Nitric Oxide**, v. 48, p. 10-15, 2015.

SEGURA MUNOZ, Susana Inés. akayanagui, A. M. M., & SANTOS, C. B. D. Revisão sistemática de literatura e metanálise: noções básicas sobre seu desenho,

interpretação e aplicação na área da saúde. In: **Proceedings of the 8. Brazilian Nursing Communication Symposium**. 2002.

SHANNON, Oliver Michael. Barlow, M. J., Duckworth, L., Williams, E., Wort, G., Woods, D., ... & O'Hara, J. P. Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 4, p. 775-785, 2017.

SOUZA JUNIOR, Tácito Pessoa. T. P., Asano, R. Y., Prestes, J., de Sales, M. P. M., de Oliveira Coelho, J. M., & Simões, H. G. Óxido nítrico e exercício: uma revisão. **Revista da Educacao Fisica**, v. 23, n. 3, p. 469-481, 2013.

STABLER, Thomas. Kenjale, A., Ham, K., Jelesoff, N., & Allen, J. Potential mechanisms for reduced delivery of nitric oxide to peripheral tissues in diabetes mellitus. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1203, n. 1, p. 101-106, 2010.

THOMAS, D. Travis; ERDMAN, Kelly Anne; BURKE, Louise M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 3, p. 543-568, 2016.

WYLIE, Lee J; Kelly, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Skiba, P. F., Winyard, P. G., ... & Jones, A. M. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. **Journal of applied physiology**, v. 115, n. 3, p. 325-336, 2013.

WILKERSON, Daryl P; Hayward, G. M., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 12, p. 4127-4134, 2012.

