



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

REGINALDO JOSÉ CARLINI JUNIOR

**PRODUÇÃO DE SUCOS E PÓ DE BETERRABA E ANÁLISES DE SEUS TEORES DE
NITRATO (NO_3^-) E NITRITO (NO_2^-)**

RECIFE

2025

REGINALDO JOSÉ CARLINI JUNIOR

**PRODUÇÃO DE SUCOS E PÓ DE BETERRABA E ANÁLISES DE SEUS TEORES DE
NITRATO (NO_3^-) E NITRITO (NO_2^-)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Nutrição.
Área de concentração: Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Thayza Christina Montenegro Stamford

Coorientador: Prof. Dr. Diego dos Santos Baião

RECIFE

2025

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Carlini Junior, Reginaldo José.

Produção de sucos e pó de beterraba e análises de seus teores de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) / Reginaldo José Carlini Junior. - Recife, 2025.

102f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2025.

Orientação: Thayza Christina Montenegro Stamford.

Coorientação: Diego dos Santos Baião.

1. Desempenho esportivo; 2. Nitrato; 3. Óxido nítrico; 4. Pó de beterraba; 5. Suco de beterraba. I. Stamford, Thayza Christina Montenegro. II. Baião, Diego dos Santos. III. Título.

REGINALDO JOSÉ CARLINI JUNIOR

**PRODUÇÃO DE SUCOS E PÓ DE BETERRABA E ANÁLISES DE SEUS TEORES DE
NITRATO (NO_3^-) E NITRITO (NO_2^-)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração Ciências dos Alimentos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Aprovado em: 25 / 07 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antonio Barbosa de Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof.^a. Dr.^a. Silvia Alves da Silva (Examinadora Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof.^a. Dr.^a. Lucia Raquel Ramos Berger (Examinadora Externo)
University of Salford

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela sua presença em minha vida. Por estar comigo consegui concluir mais uma etapa importante em minha trajetória.

Ao professor Diego dos Santos Baião, orientador que mesmo distante, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sempre esteve próximo desde o momento em que acreditou em meu projeto. Seus ensinamentos foram determinantes para que pudesse aprender e elaborar as formulações de beterraba que constam em minha dissertação.

À professora Thayza Christina Montenegro Stamford pelas orientações e apoio. Sempre atenciosa e disponível, foi um ser humano especial ao estender sua mão e me ajudar a escrever uma importante página de minha vida.

À Maria Brígida Fonseca Galvão, amiga de turma, pela sua importância em meu crescimento como aluno do Programa de Pós Graduação em Nutrição.

À Gabriel Olivo Locatelli, técnico do laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) / Campus Vitória de Santo Antão, pelo auxílio nas liofilizações.

Aos professores Marcos Antônio Barbosa de Lima, Silvia Alves da Silva e Lúcia Raquel Ramos Berger, membros da banca, que contribuíram com suas valiosas observações.

À professora Silvia Alves da Silva que transmite seus ensinamentos desde que iniciei a graduação de nutrição.

À professora Jenyffer Medeiros Campos Guerra e as técnicas Carla Fabiana da Silva e Márcia Monteiro da Silva.

As secretárias acadêmicas Andréa Kaline do Nascimento Silva e Luciana Santos Esteves.

À minha esposa Cleide Miranda Lourenço que esteve ao meu lado durante todo o curso. Seu apoio e motivação foram fundamentais para seguir adiante nos momentos mais turbulentos.

DEDICATÓRIA

As pessoas mais importantes de minha vida, com todo amor e carinho, Reginaldo José Carlini e Adaneuza da Costa Carlini (*in memoriam*), meus pais.

RESUMO

Evidências científicas atestam os efeitos do suco e formulações de beterraba no desempenho esportivo em decorrência dos teores de nitrato. O objetivo do estudo foi determinar se os sucos produzidos e a formulação em pó de beterraba contêm concentrações de nitrato (NO_3^-) compatíveis com as encontradas na literatura que podem causar efeitos ergogênicos em desportistas. Este estudo é composto por dois desenhos metodológicos: uma revisão sistemática e uma parte experimental. Foi realizada uma revisão sistemática (total 696 artigos, com 17 selecionados) para avaliar a influência da suplementação com suco e pó de beterraba nos parâmetros de aptidão aeróbia de indivíduos recreativamente ativos. Em seguida foram produzidos sucos, com e sem a casca além do placebo, no qual teve o nitrato depletado, e, também, o pó liofilizado. Todas as formulações tiveram seus respectivos teores de nitrato e nitrito quantificados com a utilização da cromatografia líquida de alta eficiência. Os sucos foram produzidos com o uso de uma centrífuga de alimentos e não tiveram adição de nenhuma outra substância. Os sucos, com e sem casca, foram equiparados a média dos estudos que compuseram a revisão sistemática em um total de 202,35 mililitros (10,44 mmol ou 647,28 miligramas de nitrato). Cerca de 202,35 mL de suco de beterraba produzido com a casca pelo presente estudo apresentou teores de nitrato (10,78 mmol ou 668,36 mg) semelhantes à média dos estudos que compuseram a revisão sistemática (nitrato: 10,44 mmol ou 647,28 mg). Com o mesmo volume o suco produzido sem a casca apresentou teores de nitrato menores (6,51 mmol ou 403,62 miligramas). A formulação em pó de beterraba que pode ser reconstituída em água ou adicionada ao suco para aumentar os teores de nitrato apresentou (23,06 mmol ou 1429,72 miligramas). Este quantitativo já era esperado devido o processo de liofilização. Os resultados obtidos nos sucos produzidos possui uma concentração de nitrato, que de acordo com a literatura, apresenta potencial ergogênico. Após a ingestão do suco e do pó de beterraba reconstituído, o nitrato presente na hortaliça é bioconvertido em nitrito e, posteriormente, em óxido nítrico. Por ser um alimento promotor da saúde vem atraindo atenção da comunidade científica. O óxido nítrico pode ser analisado em duas perspectivas: saúde e desempenho esportivo. Na saúde, por ser um vasodilatador, apresenta melhorias na função endotelial e reduções na pressão arterial. Quando analisado em uma perspectiva ergogênica, apresenta melhorias em variáveis da aptidão aeróbia.

Palavras-chave: desempenho esportivo, nitrato, óxido nítrico, pó de beterraba e suco de beterraba.

ABSTRACT

Scientific evidence attests to the effects of beetroot juice and formulations on athletic performance due to their nitrate content. The aim of this study was to determine if the juices produced and the beetroot powder formulation contain nitrate (NO_3^-) concentrations compatible with those found in the literature that may cause ergogenic effects in athletes. This study consists of two methodological designs: a systematic review and an experimental part. A systematic review (total 696 articles, with 17 selected) was conducted to evaluate the influence of beetroot juice and powder supplementation on aerobic fitness parameters in recreationally active individuals. Subsequently, juices were produced, with and without the peel, as well as a placebo, in which nitrate was depleted, and also lyophilized powder. All formulations had their respective nitrate and nitrite contents quantified using high-performance liquid chromatography. The juices were produced using a food centrifuge and no other substances were added. The juices, with and without peel, were equated to the average of the studies that comprised the systematic review, totaling 202.35 milliliters (10.44 mmol or 647.28 milligrams of nitrate). Approximately 202.35 mL of beetroot juice produced with the peel in this study showed nitrate levels (10.78 mmol or 668.36 mg) similar to the average of the studies that comprised the systematic review (nitrate: 10.44 mmol or 647.28 mg). With the same volume, the juice produced without the peel showed lower nitrate levels (6.51 mmol or 403.62 milligrams). The beetroot powder formulation, which can be reconstituted in water or added to the juice to increase nitrate levels, showed (23.06 mmol or 1429.72 milligrams). This quantity was expected due to the freeze-drying process. The results obtained from the produced juices show a nitrate concentration which, according to the literature, presents ergogenic potential. After ingestion of the juice and reconstituted beetroot powder, the nitrate present in the vegetable is bioconverted into nitrite and, subsequently, into nitric oxide. Because it is a health-promoting food, it has been attracting the attention of the scientific community. Nitric oxide can be analyzed from two perspectives: health and athletic performance. In terms of health, as a vasodilator, it shows improvements in endothelial function and reductions in blood pressure. When analyzed from an ergogenic perspective, it shows improvements in variables of aerobic fitness.

Keywords: sports performance, nitrate, nitric oxide, beetroot powder, and beetroot juice.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Via nitrato-nitrito/óxido nítrico.....	23
Figura 2 – Estratégia de busca: resultados obtidos após a realização da revisão sistemática.....	33
Figura 3 – Higienização das beterrabas.....	51
Figura 4 – Pesagem das beterrabas sem a casca.....	52
Figura 5 – Pesagem das beterrabas com a casca.....	52
Figura 6 – Produção do suco.....	53
Figura 7 – Pesagem da resina.....	54
Figura 8 – Pré-tratamento da resina.....	54
Figura 9 – Solução (suco + resina) no agitador.....	55
Figura 10 – Sistema de filtração.....	55
Figura 11 – Sistema em operação.....	56
Figura 12 – Resina retida no papel.....	56
Figura 13 – Placebo produzido.....	57
Figura 14 – Beterraba processada.....	58
Figura 15 – Liofilizador utilizado.....	58
Figura 16 – Pistilo de porcelana utilizado para moer as beterrabas liofilizadas.....	59
Figura 17 – Amostra sendo pesada para determinação de umidade.....	61
Figura 18 – Amostra sendo pesada para determinação das cinzas.....	62
Figura 19 – Amostras sendo pesadas para determinação de proteínas.....	63
Figura 20 – Análise de lipídios pelo método de Folch.....	64
Figura 21 – Análise de acidez.....	65

Quadro 1 – Síntese dos estudos com base no modelo: população, intervenção, comparador e desfecho.....	35
Quadro 2 – Média dos volumes, dosagens, protocolos de administração e desenhos metodológicos dos estudos elegíveis.....	45
Quadro 3 – Análise de vieses.....	48
Quadro 4 – Sumário dos resultados para avaliação da qualidade da evidência.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da beterraba <i>in natura</i> por 100 gramas.....	20
Tabela 2 – Quantificação de nitrato e nitrito dos sucos produzidos com e sem casca.....	68
Tabela 3 – Quantificação de nitrato e nitrito dos sucos produzidos depletados de nitrato.....	69
Tabela 4 – Quantificação de nitrato e nitrito dos pós produzidos.....	70
Tabela 5 – Médias dos volumes e concentrações de nitrato em mmol e miligrama: revisão sistemática versus sucos e pó produzidos.....	70
Tabela 6 – Resultados em mililitros e mmol, dos artigos que compuseram a revisão sistemática e apresentaram desfechos positivos ou parcialmente positivos (melhoria na aptidão aeróbia).....	71
Tabela 7 – Projeção de quantidade de suco em miligrama e do pó em grama e a oferta de mmol / nitrato.....	72
Tabela 8 – Rendimento em mililitros das beterrabas utilizadas.....	72
Tabela 9 – Rendimento do placebo após a filtração.....	73
Tabela 10 – Composição centesimal e análise físico química do suco produzido com a casca da beterraba.....	74
Tabela 11 – Composição centesimal e análise físico química do suco produzido sem a casca da beterraba.....	75
Tabela 12 – Composição centesimal e análise físico química do placebo.....	76
Tabela 13 – Composição centesimal e análise físico química do pó de beterraba.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSES – Agência Francesa de Saúde e Segurança Alimentar, Ambiental e Ocupacional

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

A_w – Atividade da água

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEP – Comitê de Ética e Pesquisa

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

COI – Comitê Olímpico Internacional

CT – Centro de Tecnologia

ECR – Estudos Clínicos Randomizados

$FC_{\text{máx}}$ – Frequência Cardíaca Máxima

g – Gramas

GRADE – Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation

IARC – International Agency for Research on Cancer

IQ – Instituto de Química

Kg – Kilograma

Kj – Kilojoule

LAABBM – Laboratório de Análises Avançadas em Bioquímica e Biologia Molecular

MECIR – Methodological Expectations of Cochrane Intervention Reviews

MeSH – Medical Subject Headings

mL – Mililitro

mg – Miligramas

mmol – Milimoles

Met – Teste de aptidão física em vários estágios

NaOH – Hidróxido de Sódio

NIH – National Cancer Institute

NO – Óxido nítrico

NO₃⁻ – Nitrato

NO₂⁻ – Nitrito

NOS – Óxido Nítrico Sintase

O₂ – Oxigênio

OMS – Organização Mundial da Saúde

PA – Pressão arterial

PICO – População, Intervenção, Comparador e Desfecho

PLA – Placebo

PSE – Percepção Subjetiva de Esforço

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TIS – Treinamento Intervalado de Sprint

T_{Lim} – Limite de tolerância

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

VCT – Valor calórico total

VO_{2máx.} – Consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} – Consumo de Oxigênio de Pico

vs - Versus

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Problema de pesquisa.....	17
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo geral.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificativa.....	18
 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	 19
2.1. Aspectos gerais da beterraba e do nitrato dietético.....	19
2.2. O suco de beterraba como suplemento esportivo.....	24
 3. REVISÃO SISTEMÁTICA.....	 27
3.1. Métodos e técnicas.....	27
3.1.1. Registro do protocolo de revisão sistemática.....	27
3.1.2. Pergunta de investigação primária.....	27
3.1.3. Critérios de elegibilidade.....	27
3.1.3.1. Critérios de inclusão.....	27
3.1.3.2. Critérios de exclusão.....	27
3.1.4. Justificativas do procedimento de rastreio.....	28
3.1.4.1 <i>Critérios de inclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por indivíduos recreativamente ativos.....</i>	<i>28</i>
3.1.4.2 <i>Critérios de inclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por homens e/ou mulheres.....</i>	<i>28</i>
3.1.4.3 <i>Critérios de inclusão dos estudos clínicos randomizados e/ou cruzados.....</i>	<i>29</i>
3.1.4.4 <i>Critérios de inclusão dos estudos que avaliaram parâmetros de aptidão aeróbia.....</i>	<i>29</i>
3.1.4.5 <i>Critérios de inclusão dos estudos publicados nos últimos 10 anos.....</i>	<i>29</i>
3.1.4.6 <i>Critérios de inclusão dos estudos publicados no idioma inglês.....</i>	<i>29</i>

3.1.4.7. Critérios de inclusão dos estudos originais.....	29
3.1.4.8. Critérios de exclusão dos estudos com modelos animais.....	29
3.1.4.9. Critérios de exclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por atletas de rendimento e/ou profissionais.....	30
3.1.4.10. Critérios de exclusão dos estudos que avaliaram outras formulações com beterraba.....	30
3.1.4.11. Critérios de exclusão dos estudos nos quais a intervenção do suco de beterraba não se deu de forma isolada e nem combinada com adições de alimento e/ou outro suplemento.....	30
3.1.5. Síntese e avaliação de qualidade.....	30
3.2 Resultados e discussões da revisão sistemática.....	33
3.2.1 Delineamento da seleção de artigos que compuseram a revisão sistemática...	33
3.3 Conclusão.....	50
4. ESTUDO EXPERIMENTAL.....	51
4.1. Métodos e técnicas.....	51
4.1.1. Obtenção e higienização das beterrabas.....	51
4.1.2. Produção dos sucos.....	51
4.1.3. Produção do placebo.....	53
4.1.4. Produção do pó de beterraba.....	57
4.1.5. Análises cromatográficas.....	59
4.1.5.1 Preparo dos padrões.....	59
4.1.5.2. Análise dos padrões e sucos de beterraba.....	60
4.1.6. Análises físico e química dos sucos e pó de beterraba.....	61
4.1.6.1. Umidade.....	61
4.1.6.2. Cinzas.....	62
4.1.6.3. Proteína.....	62
4.1.6.4. Gorduras.....	63
4.1.6.5. Carboidratos totais.....	64
4.1.6.6. Acidez livre.....	64
4.1.6.7. Aw.....	65
4.1.6.8. Ph.....	65

4.1.6.9 Sólidos solúveis.....	66
4.2 Resultados e discussões da parte experimental.....	67
 5. CONCLUSÃO.....	 78
REFERÊNCIAS.....	79
 APÊNDICES.....	 86
Apêndice A – Justificativa dos artigos excluídos após leitura completa.....	86
Apêndice B – Artigos repetidos ao longo do processo de triagem.....	91
Apêndice C – Artigos solicitados aos autores (researchgate e por e-mail).....	93
 ANEXOS.....	 94
Anexo A – Síntese dos estudos com base no modelo: população, intervenção, comparador e desfecho.....	94
Anexo B – Análise de vieses.....	95
Anexo C – Níveis de vieses.....	96
Anexo D – Sumário dos resultados para avaliação da qualidade da evidência (GRADE).....	97
Anexo E – Avaliação dos níveis de evidência: <i>Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation</i>	98
Anexo F – Justificativa dos artigos excluídos após leitura completa.....	99
Anexo G – Diretrizes do <i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>	100
Anexo H – Fluxograma de estudos selecionados no modelo <i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>	102

1. INTRODUÇÃO

O exercício físico proporciona benefícios à saúde e ao condicionamento em indivíduos recreativamente ativos ou em atletas de alta performance. Treinamentos de força e resistência caracterizados, respectivamente, por melhorias na força e massa muscular e na capacidade cardiovascular e respiratória, aliados a uma dieta adequada, resultam em otimizações no rendimento e em recuperação após os exercícios. No entanto, em busca de maximizar seus resultados, alguns praticantes das mais diferentes modalidades, e em níveis diferentes de condicionamento recorrem, também, a suplementação ergogênica. Dentre as várias categorias disponíveis no mercado, existem evidências científicas mostrando efeitos ergogênicos para a cafeína, creatina, bicarbonato de sódio, beta-alanina e nitrato (NO_3^-) (BURKE, 2017; MAUGHAN *et al.*, 2018; PEELING *et al.*, 2018).

Shannon *et al.* (2022), afirmaram que o NO_3^- dietético é um suplemento nutricional que pode melhorar a performance a partir do aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico (NO). Comprovações foram apresentadas para os seus efeitos nos parâmetros cardiovascular e no desempenho esportivo (MA *et al.*, 2018; BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; MILTON-LASKIBAR; MARTÍNEZ; PORTILLO, 2021). O NO_3^- é bioconvertido a nitrito (NO_2^-) por bactérias comensais presentes na cavidade oral e ao chegar ao meio ácido gástrico, é decomposto a NO, uma molécula de sinalização que atua como vasodilatador, de forma não enzimática (JAKUBCIK *et al.*, 2021; BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; MA *et al.*, 2018; DUMAR *et al.*, 2021). O dinamismo da via ocorre a partir da ingestão de alimentos com alto teor de NO_3^- , como, por exemplo, alface, espinafre e tubérculos como a beterraba (MA *et al.*, 2018).

Existem relatos de que a suplementação de NO_3^- dietético através do suco da beterraba participa de alguns processos fisiológicos importantes no exercício físico. Tais processos são a elevação dos níveis de NO, que melhora o fluxo sanguíneo, a resistência cardiorrespiratória, biogênese e respiração mitocondrial, contração muscular, velocidade e potência máxima dos músculos, reparação muscular e defesas antioxidantes (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2017; GALLARDO; COGGAN, 2019; D'UNIENVILLE *et al.*, 2021).

Neste estudo os sucos, experimental e placebo, e o pó de beterraba foram produzidos e seus teores de NO_3^- e NO_2^- avaliados. Além disso, foi realizada uma revisão

da literatura de forma sistematizada, sendo contemplados estudos que suplementaram o suco da beterraba como bebida ergogênica destinada a desportistas. Com a disponibilidade dos dados nos estudos selecionados, foram identificadas as concentrações de NO_3^- em mmol e mg, a quantidade de suco da beterraba administrada por indivíduo em mL, o período de intervenção, e os principais achados. Os resultados das análises das concentrações de NO_3^- e NO_2^- dos sucos com e sem casca produzidos foram comparados com as informações obtidas na revisão sistemática realizada. É importante destacar que a formulação em pó apresenta características nutricionais e sensoriais diferentes dos sucos, o que foi determinante para a não realização de uma análise comparativa entre tais formulações.

1.1. Problema de pesquisa:

As produções dos sucos, com e sem casca, bem como a formulação em pó de beterraba, atingem as concentrações de nitrato (NO_3^-) compatíveis com as da revisão sistemática que podem causar efeitos ergogênicos em desportistas?

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo geral

Determinar se os sucos produzidos e a formulação em pó de beterraba contêm concentrações de nitrato (NO_3^-) compatíveis com as encontradas na literatura que podem causar efeitos ergogênicos em desportistas.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Produzir sucos com e sem cascas e o placebo além de uma formulação com pó de beterraba;
- Quantificar os teores de NO_3^- , em mmols e mg, nos sucos e no pó;
- Realizar análise físico química dos itens produzidos;
- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a suplementação de NO_3^- proveniente do suco de beterraba, identificando: os teores de NO_3^- , em mmols e mg, nos sucos de beterraba ofertados nos estudos para os voluntários; período de intervenção e os principais desfechos em relação a performance (parâmetros de aptidão aeróbia).

1.3. Justificativa

A beterraba, por conter consideráveis quantidades de NO_3^- , é uma alternativa exógena para dispor ao organismo o NO. Há evidências que sugerem que a suplementação do suco de beterraba pode melhorar e beneficiar indivíduos recreativamente ativos. No entanto, existe uma variabilidade de informações entre os estudos, o que lança discussões sobre seus efeitos. De acordo com Shannon *et al.*, (2022), não existe um consenso sobre como, quando e para quem o NO_3^- alimentar pode ser recomendado como um auxílio ergogênico. O nível de aptidão física, se atletas de rendimento ou desportistas, o quantitativo reduzido de mulheres envolvidas nas pesquisas, se realizadas em condições de normóxia ou hipóxia, a dieta, o tipo de fibra consumida pelos participantes; volume e intensidade dos exercícios e as condições de cultivo da beterraba são variáveis analisadas com mais critérios. Também, os volumes e dosagens dos sucos e a sua aplicabilidade, se aguda ou crônica, são alguns fatores que deixam lacunas de conhecimento para futuros estudos e deixam claro que a suplementação do suco de beterraba ainda é um tema controverso. Ao utilizar a beterraba em sua forma integral, polpa e casca, é possível ofertar uma quantidade maior de nutrientes e de compostos bioativos o que repercute em um volume inferior com uma quantidade maior de NO_3^- . O reaproveitamento da casca também promove uma redução do desperdício, o que resultará em reduções de custos e impactos menores ao meio ambiente. É importante destacar que, até onde sabemos, este é o primeiro estudo no qual os sucos foram produzidos com e sem casca e tiveram suas concentrações de NO_3^- e NO_2^- analisadas e comparadas. Outro ponto importante a ser ressaltado e que, também, justifica a realização deste trabalho é a de os itens produzidos, sucos e pó, possuírem potencial de mercado em uma possível inserção comercial e acadêmica. Abordar de forma analítica o processo de produção de cada produto contribuirá com os pesquisadores que desejam utilizá-los, no entanto a ausência de recursos impõe barreiras à pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais da beterraba e do NO_3^- dietético

A beterraba (*Beta vulgaris* L.), pertencente à família *Amaranthaceae*, possui origem nas regiões de clima temperado da Europa e do Norte da África. Sousa *et al.*, (2024), afirmaram que as beterrabas são divididas em três grupos de cultivares: sacarina, forrageira e hortícola, sendo este último o principal biótipo produzido no Brasil. No país, a área cultivada de beterraba é de aproximadamente 18 mil hectares com um rendimento de 30 toneladas por hectare (SOUSA *et al.*, 2024). O período de crescimento da beterraba é entre 75 e 90 dias no verão, mas no inverno pode aumentar para até 120 dias ou mais (GIAMPAOLI *et al.*, 2021) e o seu melhor desenvolvimento ocorre em temperaturas entre 10 °C e 20 °C, uma vez que possui origem em regiões de clima temperado (MAKOSKI, *et al.*, 2023).

Existe uma relação entre os constituintes bioativos e nutricionais presentes na beterraba com os potenciais benefícios para a saúde e para o desempenho esportivo (NYAKAYIRUA, LOON, VERDIJK, 2020; ARAZI; EGHBALI, 2021; BENJAMIM *et al.*, 2022; BONDONNO *et al.*, 2023; MITRESVSKI *et al.*, 2023). A beterraba contém compostos bioativos tais como polifenóis, carotenóides, flavonóides e betalaína. Também, é fonte de fibras, minerais como, por exemplo, ferro, cálcio, fósforo, potássio, sódio e zinco e vitaminas como, por exemplo, do complexo B, A, C, niacina e ácido fólico, além de conter NO_3^- dietético (MIRMIRAN *et al.*, 2020; BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; LIPING *et al.*, 2021; ARAZI; EGHBALI, 2021; JAKUBCZYK *et al.*, 2024; OLAS, 2024). Abdo *et al.*, (2020) e Mitresvski *et al.* (2024), destacaram que a beterraba apresenta efeitos antiinflamatórios e antioxidantes, que ao eliminar os radicais livres das células, promovem a prevenção de alguns tipos de câncer.

Cascas, sementes, caules e bagaço, antes vistos como resíduos da beterraba, se apresentaram como uma valiosa fonte de componentes bioativos, podendo ser utilizados como aditivos alimentares ou na produção de outros alimentos funcionais. De acordo com Souza *et al.*, (2024), uma alternativa ao desperdício é aproveitar integralmente a beterraba na forma de pó. A casca é tratada como um subproduto agroindustrial e é, frequentemente, descartada. Os autores ressaltaram que a casca, além de ser fonte de fibras, possui propriedades antioxidantes como, por exemplo, a betalaína, que pode prevenir doenças cardiovasculares e neurodegenerativas.

A Tabela 1 apresenta a composição química da beterraba *in natura* por 100 gramas.

Tabela 1 – Composição química da beterraba *in natura* por 100 gramas

Umidade	86,00 %
Energia	49,00 kcal
Proteínas	1,90 g
Lipídios	0,10 g
Colesterol	NA
Carboidratos	11,10 g
Fibras	3,40 g
Cinzas	0,9 g
Cálcio	18,00 mg
Magnésio	24,00 mg
Manganês	1,23 mg
Fósforo	19,00 mg
Ferro	0,30 mg
Sódio	10,00 mg
Potássio	375,00 mg
Cobre	0,08 mg
Zinco	0,50 mg
Retinol	NA
Tiamina	0,04 mg
Riboflavina	Tr mg
Piridoxina	0,04 mg
Niacina	Tr mg
Vitamina C	3,1 mg

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO

NA: Não aplicável Tr: Traços

O NO_3^- é um ânion poliatômico inorgânico encontrado no ar, na água potável e em certos alimentos como, por exemplo, vegetais verdes folhosos e a beterraba (SHANNON *et al.*, 2021) com potenciais benefícios para a saúde e para o desempenho esportivo. Devido ao seu alto teor de NO_3^- , a beterraba tem atraído muita atenção como um alimento promotor da saúde nos últimos anos. Melhorias na função endotelial e

reduções na pressão arterial (PA) e no custo de oxigênio (O_2), proporcionadas pela ingestão de NO_3^- em uma perspectiva ergogênica, foram importantes achados científicos, quando de sua conversão em NO_2^- e, posteriormente, em NO (MILTON-LASKIBAR; MARTÍNEZ; PORTILLO, 2021; BONDONNO *et al.*, 2023).

O NO_3^- dietético, a partir do consumo de vegetais verdes folhosos como, por exemplo, rúcula, espinafre, alface, acelga e, também, da beterraba, atraiu a atenção da comunidade científica desde a descoberta que esses alimentos são precursores do NO. Olas (2024), D'el-Rei *et al.*, (2016) e Milton-Laskibar, Martínez e Portillo (2021), segmentaram os vegetais, conforme os teores de NO_3^- em mg / 100 g, em muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo. Acelga, alface, beterraba, espinafre, rúcula e agrião foram agrupados no segmento muito alto por possuírem > 250 mg. Salsa e o alho-poró foram classificados com altos teores por possuírem entre 200 – 250 mg. O repolho e o nabo são exemplos de vegetais incluídos na classificação média, por conter 50 – 100 mg. Brócolis, couve-flor, cenoura e pepino possuem teores baixos entre 20 – 50 mg. Por conterem teores muito baixos < 20 mg, os autores mencionaram a cebola, pimentão, batata e tomate.

Baião, Silva e Paschoalin (2020) e Bondonno *et al.*, (2023), mencionaram algumas condições que podem comprometer o crescimento, desenvolvimento e acúmulo de NO_3^- na beterraba. Os autores citaram o manejo agrícola, fertilização, disponibilidade de nutrientes e uso de herbicidas, umidade atmosférica, temperaturas extremas, baixas e altas, localização geográfica e tempo de exposição à luz solar. Os autores afirmaram que as condições ideais de produção se apresentam em solos profundos, ácidos e ricos em matéria orgânica. Além destes fatores a beterraba tem o seu desenvolvimento otimizado, atingindo suas melhores cor, sabor e qualidade em temperaturas amenas ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) a frias ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

De acordo com Hezel e Weitzberg (2015), o NO_3^- e NO_2^- são ânions inorgânicos que participam da via dietética para a produção de NO. Os autores deixaram claro que o NO_3^- não possui atividade e para realizar quaisquer funções biológicas é necessário que seja reduzido a NO_2^- . Shannon *et al.*, (2022), deixaram claro que as vias metabólicas em humanos convertem o NO_3^- dietético, que é relativamente inerte, em NO_2^- bioativo e NO. Olas (2024), afirmou que o NO é um radical orgânico produzido por reações enzimáticas ativadas pela enzima óxido nítrico sintase (NOS).

De acordo com Baião *et al.*, (2020), o NO, derivado do NO_3^- , melhora a função endotelial, ao reduzir a rigidez arterial, e estimula o relaxamento do músculo liso, o que, conseqüentemente, reduz as pressões arteriais sistólica e diastólica. A disfunção endotelial está relacionada à aterosclerose e ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares. O desequilíbrio entre os estímulos vasoconstritores e vasodilatadores, a partir da redução da biodisponibilidade de NO, é determinante para o comprometimento do endotélio vascular. Portanto, o aumento no aporte de NO poderá ter implicações em desfechos clínicos importantes para a saúde cardiovascular ao otimizar a vasodilatação e o fluxo sanguíneo, fornecendo O_2 para várias partes do corpo (BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; BONDONNO *et al.*, 2023; OLAS, 2024).

Bryan, Burleigh e Easton (2022), caracterizaram as vias endógena e exógena e seus mecanismos para o corpo humano produzir o NO. De acordo com os autores mediante algumas reações da enzima NOS, a L-arginina é oxidada em NO, o que caracteriza a via endógena de produção de NO. Kiani *et al.*, (2022) descreveram a L-arginina como um aminoácido não essencial presente na construção proteica e na síntese do NO. Os autores mencionaram que este aminoácido pode ser encontrado em peixes, aves, carnes vermelhas e laticínios. Durante a conversão da L-arginina em NO o organismo, também, sintetiza outro aminoácido não essencial a L-citrulina. Kiani *et al.*, (2022), relataram que este aminoácido pode ser produzido pelo próprio organismo ou encontrado em alguns alimentos como, por exemplo, melancia, leguminosas, nozes e carnes.

A via exógena é caracterizada pela ingestão de alimentos com teores significativos de NO_3^- que, na cavidade oral, são bioconvertidos em NO_2^- pela NO_3^- redutase produzida por microrganismos. Posteriormente, no estômago e na circulação sistêmica, o NO_2^- é transformado em NO (LOPEZ-SAMANEZ *et al.*, 2022). O NO endógeno conforme Olas (2024), pode ser aumentado com o consumo de vegetais ricos em NO_3^- . Silva *et al.*, (2022), ressaltaram que a produção de NO, mediante o consumo de alimentos à base de NO_3^- , na qual denominaram ciclo entero-salivar, é caracterizado pela presença de bactérias anaeróbicas linguais, presentes na cavidade oral, responsáveis pela conversão do NO_3^- em NO_2^- . Milton-laskibar, Martínez e Portillo (2021) e Hezel e Weitzberg (2015), descreveram o processo da via NO_3^- , NO_2^- / NO (ver figura 1) a partir do consumo do suco de beterraba. Segundo os autores os níveis plasmáticos de NO_3^- aumentam com o consumo do suco. Entre 20% e 25% do NO_3^- são absorvidos por glândulas salivares e o

restante sofre excreção renal. Baião, Silva e Paschoalin (2020) e Silva *et al.*, (2022), citaram bactérias do gênero *Granulicatella*, *Actinomyces*, *Rothia*, *Prevotella*, *Neisseria*, *Haemophilus* e *Veillonella*. No ato da deglutição, a saliva com NO_2^- segue para o ambiente ácido do estômago, no qual é reduzida em ácido nitroso e, posteriormente, em NO (figura 1) (BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; JAKUBCIK *et al.*, 2021).

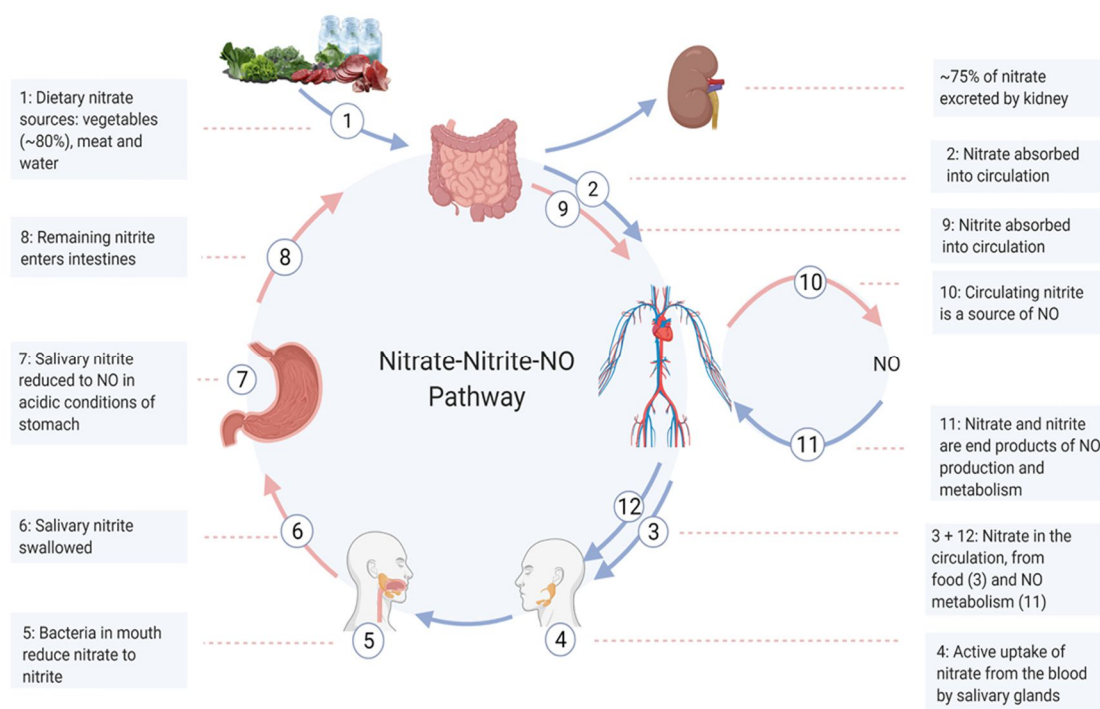


Figura 1 – Via NO_3^- - NO_2^- /NO.

Fonte – Bondonno, 2023.

É importante destacar que a conversão do NO_3^- em NO_2^- pode ser comprometida com o uso do enxaguante bucal antibacteriano (BAIÃO; SILVA; PASCHOALIN, 2020; MILTON-LASKIBAR; MARTÍNEZ; PORTILLO, 2021; GRIFFITHS *et al.* 2023) e também do tabagismo. O aumento das concentrações de tiocianato, um dos compostos do cigarro, pode reduzir a absorção de NO_3^- na cavidade oral (SHANNON *et al.*, 2021; MILTON-LASKIBAR; MARTÍNEZ; PORTILLO, 2021). De acordo com Silva *et al.* (2022), além do uso do enxaguante bucal, o creme dental antibacteriano, a goma de mascar e a raspagem da língua, também, podem comprometer o desempenho da conversão de NO_3^- a NO_2^- e a biodisponibilidade de NO.

2.2 O suco de beterraba como suplemento esportivo

Os suplementos esportivos estão presentes na rotina de atletas e desportistas que os utilizam com vistas a melhorar a *performance*. O mercado dispõe de algumas categorias; no entanto, não são todos que possuem comprovação científica para apoiar o seu uso. Wong, Sim e Queimaduras (2022), afirmaram que alimentos e sucos que contêm NO_3^- como, por exemplo, o de beterraba, devido os seus potenciais efeitos ergogênicos, constam na lista de declaração de consenso do Comitê Olímpico Internacional (COI) de 2018. López-Samanes *et al.*, (2022), afirmaram que os suplementos esportivos são classificados pelo COI conforme o nível de evidência científica. A organização supracitada atestou que um quantitativo reduzido pode apresentar efeitos ergogênicos; dentre estes o NO_3^- dietético. De acordo com Bondonno *et al.*, (2023), em 2007 foi a primeira vez que os suplementos de NO_3^- foram citados em um estudo com vistas a melhorar o custo de O_2 em um exercício em cicloergômetro. A partir desta data, inúmeras pesquisas foram realizadas com o objetivo de demonstrar seus efeitos. No entanto, após mais de uma década de pesquisas sobre os efeitos ergogênicos da suplementação do suco de beterraba ainda não há um consenso sobre a segurança e quem deve utilizar como auxílio ergogênico (SHANNON *et al.*, 2022).

O metabolismo da via NO_3^- , NO_2^- e NO mostra-se eficiente para melhorar o desempenho em exercícios aeróbios (CLEMENTS; LEE; BROOMER, 2014, ARAZI; EGHBALI, 2021; D'UNIENVILLE *et al.*, 2021). No entanto, de acordo com Lopez-Samanez *et al.*, (2022), existem relatos na literatura que o suco de beterraba pode otimizar o desempenho em exercícios de intermitentes de alta intensidade e em esforços explosivos, melhorias na economia, ou seja, (uma maior potência gerada ou distância percorrida com o mesmo consumo de O_2 igual), e em testes de tempo ou exaustão. O NO produzido após o consumo do suco de beterraba participa de importantes funções fisiológicas para o metabolismo do exercício como, por exemplo, otimiza os processos da respiração mitocondrial, vasodilatação e aumentos do fluxo sanguíneo para o músculo e da contração muscular; o que reflete, positivamente, no desempenho (THOMPSON *et al.*, 2017; PEELING *et al.*, 2018; WONG; SIM; QUEIMADURAS, 2022; BONDONNO *et al.* 2023). Zamani *et al.*, (2021), ressaltaram que a suplementação do suco de beterraba, ao aumentar o aporte de O_2 no músculo esquelético, otimiza a eficiência muscular, aumentando a tolerância e a eficiência ao exercício. A suplementação aguda ou crônica com NO_3^- inorgânico elevou as concentrações de NO_2^- no plasma e demonstrou uma

melhora na economia do exercício e na cinética do máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) em indivíduos saudáveis e moderadamente treinados (COCKSEGE *et al.*, 2020; ROKKEDAL-LAUSCH, *et al.*, 2021). Rokkedal-Lausch *et al.*, (2021), relataram a importância dos efeitos do suco de beterraba quando aumentados em condições de baixa disponibilidade de oxigênio ou hipóxia.

Domínguez *et al.*, (2017) e Arazi e Eghbali (2021) destacaram que $VO_{2\text{máx}}$ e a economia de energia são determinantes para a *performance* dos esportistas nas atividades que demandam a resistência cardiorrespiratória. Domínguez *et al.*, (2017) e Milton-laskibar; Martínez e Portillo (2021), sugeriram que a suplementação do suco de beterraba, ao aumentar o fluxo sanguíneo, contribui para o aporte de O_2 das mitocôndrias, o que estimula o metabolismo oxidativo. Tal processo tem reflexos positivos em atividades físicas de maior duração. No entanto, Nyakayirua, Loon e verdijk (2020), ressaltaram que o NO_3^- , presente no suco de beterraba, pode apresentar mais benefícios em atividades mais dependentes de fibras musculares do tipo II. Estas têm como características uma baixa disponibilidade de oxigênio e produção de energia anaeróbia. É importante destacar que atletas de rendimento em *endurance* tem uma composição maior de fibras tipo I, que apresentam características mais oxidativas e possuem maiores densidades capilar e mitocondrial; sendo assim, menos sensíveis ao NO_3^- . No entanto, Zamani *et al.*, (2021), afirmaram que não existe um consenso se a suplementação do suco de beterraba afeta principalmente as fibras musculares do tipo I ou do tipo II. Shannon *et al.*, (2022), afirmaram que resultados de pesquisas indicaram que o consumo agudo e/ou crônico de NO_3^- inorgânico, ao aumentar a biodisponibilidade de NO, pode melhorar o desempenho em atividades contra-relógio, de força, tempo até a exaustão e intermitente de alta intensidade.

Bondonno *et al.*, (2023) e Shannon *et al.*, (2022) afirmaram que em indivíduos que possuam o consumo de oxigênio de pico ≥ 60 ml/kg/min, ou seja, com uma maior aptidão aeróbia, podem não apresentar ou são menos responsivos aos benefícios do NO_3^- dietético. Balsalobre-Fernández *et al.*, (2018), Milton-laskibar; Martínez e Portillo (2021) e Kiani *et al.* (2022) corroboraram e afirmaram que em comparação com atletas de rendimento, indivíduos que realizam exercícios de forma recreativa ou possuem uma aptidão aeróbia reduzida podem ser mais favorecidos com os efeitos do NO proveniente da suplementação do suco de beterraba. Zamani *et al.*, (2021), destacaram que estudos que utilizaram uma população formada por atletas "bem treinados" ou "de elite" não

apresentaram efeitos benéficos e/ou significativos após o consumo do suco de beterraba no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ou na cinética do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. No entanto, estudos que apresentaram efeitos positivos utilizaram, em sua maioria, indivíduos recreacionalmente ativos ou sujeitos "treinados", mas não "bem treinados". Os autores justificaram que uma das alterações do treinamento no corpo é o aumento dos níveis de NOS e que os indivíduos treinados têm um nível plasmático de NO_3^- e NO_2^- mais alto quando comparados com aqueles não treinados. Sendo assim, uma característica a ser levada em consideração antes da suplementação de NO_3^- dietético, na perspectiva ergogênica é a aptidão aeróbia dos indivíduos.

Os sucos de beterraba se mostraram ergogênicos quando produzidos com intervalos de 5 – 16 mmol de NO_3^- / dose, consumidos de uma única vez, 2 a 3 horas antes do experimento, ou até por 15 dias e em volumes que variaram entre 70 e 750 mL (CERMAK; GÍBALA; LOON, 2012; WYLIE *et al.*, 2013; RAUBENHEIMER *et al.*, 2017; MILTON-LASKIBAR; MARTÍNEZ; PORTILLO, 2021). Conforme Shannon *et al.*, (2022), no ponto de vista da segurança, para maximizar os efeitos ergogênicos, os atletas devem consumir de forma aguda ou crônica, respectivamente, 8 a 16 mmol ou 4 a 16 mmol de NO_3^- dietético. Os autores afirmaram que até 16 mmol a suplementação aguda é segura, porém de forma crônica, ainda é recomendado outras investigações.

3. REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 Métodos e técnicas

3.1.1. Registro do protocolo de revisão sistemática

O estudo foi registrado no repositório Open Science Framework (OSF) (código de identificação: DOI: 10.17605 / OSF.IO / ATN8F).

3.1.2. Pergunta de investigação primária

Através do modelo População, Intervenção, Comparador e Desfecho (PICO), esta revisão sistemática visa responder a seguinte questão: Os sucos de beterraba utilizados nos estudos melhoraram as variáveis de aptidão aeróbia de indivíduos recreativamente ativos?

- População: adultos saudáveis e, recreativamente, ativos que buscam no esporte saúde e bem-estar;
- Intervenção: suco de beterraba;
- Comparadores: placebo;
- Desfecho primário: alterações nas variáveis de aptidão aeróbia, após participação dos voluntários nos testes experimentais.

3.1.3. Critérios de elegibilidade

3.1.3.1. Critérios de inclusão:

- Estudos nos quais a amostra foi formada indivíduos recreativamente ativos;
- Estudos nos quais a amostra foi formada por homens e mulheres;
- Estudos Clínicos Randomizados (ECR) e/ou cruzados;
- Estudos que avaliaram parâmetros de aptidão aeróbia;
- Estudos publicados nos últimos 10 anos;
- Estudos publicados no idioma inglês;
- Estudos originais.

3.1.3.2. Critérios de exclusão:

- Estudos com modelos animais;
- Estudos nos quais a amostra foi formada por atletas de rendimento e/ou profissionais;
- Estudos que avaliaram outras formulações com beterraba;

- Estudos nos quais a intervenção do suco de beterraba ocorreu combinada com adições de alimento e/ou outro suplemento, ou seja, sem adição de qualquer outro componente alimentar.

3.1.4. Justificativas do procedimento de rastreio

3.1.4.1 Critérios de inclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por indivíduos recreativamente ativos

Alguns estudos concluíram que os indivíduos que praticam exercícios físicos de forma recreacional, ou seja, com vistas a saúde e ao bem-estar são mais beneficiados com os efeitos ergogênicos do suco de beterraba, quando comparados com aqueles que são profissionais e/ou atletas de rendimento e possuem um condicionamento físico mais acentuado (BONDONNO *et al.* 2023; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.* 2018; MILTON-LASKIBAR, MARTÍNEZ E PORTILLO 2021; KIANI *et al.* 2022). Porcelli *et al.*, (2015), destacaram que existem evidências dos auxílios ergogênicos da suplementação de NO_3^- em indivíduos com uma captação máxima de O_2 de 50-55 mL/kg/min. nos quais consideram como recreacionalmente ativos ou moderadamente treinados. Por sua vez Shannon *et al.*, (2016), afirmaram que indivíduos com uma captação máxima de $\text{O}_2 > 60$ mL/kg/min, considerados indivíduos bem treinados, são menos responsivos à suplementação dietética de NO_3^- .

3.1.4.2. Critérios de inclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por homens e/ou mulheres

Senefeld *et al.*, (2020), examinaram os efeitos ergogênicos da suplementação de NO_3^- dietético em uma revisão sistemática e meta-análise com 80 estudos. De acordo com os autores, existe uma variabilidade que converge para uma limitação na literatura, entre fatores que modulam os seus efeitos ergogênicos como, por exemplo, o sexo biológico, nível de aptidão física, dose, tempo de consumo e ambientais. Em relação ao sexo biológico, particularmente, os autores afirmaram que é necessário a realização de mais pesquisas com mulheres para, assim, preencher as lacunas existentes.

Dos oitenta trabalhos que compuseram o estudo de Senefeld *et al.*, (2020), apenas seis tinham suas amostras formadas, exclusivamente, por mulheres ou que os dados foram analisados separadamente. Foi mencionado por Wickham *et al.*, (2019), que existe uma

sub-representação de mulheres nas pesquisas que examinaram os efeitos ergogênicos da suplementação do NO_3^- dietético, o que requer investigações futuras.

3.1.4.3. Critérios de inclusão dos estudos clínicos randomizados (ECR) e/ou cruzados

Os estudos clínicos randomizados foram escolhidos pelos seus consideráveis níveis de evidência científica. Por sua vez, os estudos cruzados pela possibilidade de o mesmo indivíduo participar de diferentes intervenções, o que, também, torna mais preciso os dados obtidos.

3.1.4.4. Critérios de inclusão dos estudos que avaliaram parâmetros de aptidão aeróbia

Foram elegíveis os estudos que, durante os testes experimentais, avaliaram parâmetro (s) de aptidão aeróbia com o objetivo de identificar se a suplementação de suco de beterraba é ergogênica quando administrada por indivíduos recreativamente ativos.

3.1.4.5. Critérios de inclusão dos estudos publicados nos últimos 10 anos

O suco de beterraba vem chamando atenção da comunidade científica por ser precursor do NO e atuar nas perspectivas clínica e ergogênica. No entanto, ainda, existem lacunas de conhecimento a serem preenchidas. Ainda existem dados controversos quanto à temática em questão que os autores de estudos mais recentes vêm buscando responder.

3.1.4.6. Critérios de inclusão dos estudos publicados no idioma inglês

A maioria dos estudos publicados na área da saúde que avaliaram a suplementação de suco de beterraba e o desempenho esportivo foram publicados no idioma inglês.

3.1.4.7. Critérios de inclusão dos estudos originais

Os estudos originais podem trazer informações mais detalhadas quando comparados com os estudos de revisão.

3.1.4.8. Critérios de exclusão dos estudos com modelos animais

Por serem estudos incompatíveis com a população da pesquisa.

3.1.4.9. Critérios de exclusão dos estudos nos quais a amostra foi formada por atletas de rendimento e/ou profissionais

Os atletas de rendimento, por possuírem um nível de condicionamento maior, endogenamente produzem mais NO do que os desportistas ou aqueles indivíduos que praticam exercícios por saúde, lazer e bem-estar.

3.1.4.10. Critérios de exclusão dos estudos que avaliaram outras formulações com beterraba

Existe um quantitativo maior de estudos nos quais foram analisados, apenas, o extrato quando comparado com outras formulações.

3.1.4.11. Critérios de exclusão dos estudos nos quais a intervenção do suco de beterraba não se deu de forma isolada e nem combinada com adições de alimento e/ou outro suplemento

Alguns estudos publicados com o suco de beterraba combinado com outro suplemento e/ou alimento como, por exemplo, cafeína e carboidrato mostraram-se inconsistentes e/ou controversos.

3.1.5. Síntese e avaliação de qualidade

A busca sistemática na literatura ocorreu entre os dias 12/08 e 02/10 de 2024. Os estudos foram selecionados nas seguintes bases de dados: PubMed, de acesso aberto, Science Direct, de acessos aberto e fechado, e Embase, através do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Foram utilizados na forma de cadeias de consulta, os seguintes descritores durante as pesquisas iniciais: *“beet juice AND exercise” OR “beetroot juice AND exercise” OR “beet juice AND psysical exercise” OR “nitrate” OR “nitrite” OR “beet juice AND nitrate” OR “beet juice AND nitrite” OR “beetroot juice AND nitrate” OR “beetroot juice AND nitrite” OR “beet juice AND aerobic fitness” OR “beetroot juice AND aerobic fitness”*. Os descritores foram selecionados a partir do *Medical Subject Headings (MeSH)*.

Ao se considerar os critérios de elegibilidade dos estudos, o processo inicial de pesquisa, em particular a triagem e leitura nos títulos, resumos e artigos completos foram iniciados. Vale ressaltar que o processo de triagem até a síntese qualitativa dos 17 estudos finais foi realizado com o uso do *software excel*. Em seguida foram realizadas as etapas de extração e síntese das informações determinantes para responder à pergunta PICO.

Vale ressaltar que um estudo piloto que contemplou todas as etapas utilizadas nesta revisão sistemática foi realizado. Em cada fase, os critérios de elegibilidade foram fielmente considerados.

A redação seguiu, parcialmente, as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) e do *Methodological Expectations of Cochrane Intervention Reviews* (MECIR). Segmentos de forma integral e com adaptações do protocolo *Methodological Expectations of Cochrane Community*, também, foram utilizados. É importante destacar que este trabalho não tem uma síntese estatística, ou seja, é uma revisão sistemática qualitativa sem metanálise. Não existe uma determinação quanto ao tamanho de uma amostra de artigos selecionáveis. Os artigos elegíveis foram selecionados a se considerar os critérios de inclusão e exclusão e os vieses encontrados durante a leitura. As informações extraídas, no texto final, foram expostas em um quadro resumo (ver quadro 1).

Os artigos que compuseram essa pesquisa contemplaram os critérios de elegibilidade estabelecidos. Nenhum autor foi contactado quando os artigos originais não continham as informações necessárias para construção da revisão. No entanto, quando houve necessidade, os autores foram contactados mediante o uso do *ResearchGate* e dos e-mails (ver apêndice C) disponibilizados nos próprios artigos.

Durante a leitura completa de cada artigo selecionado, os seguintes vieses de publicação foram analisados: randomização, perdas ao longo do estudo, publicação, inconsistência, aferição e aspectos éticos (ver quadro 3). Os critérios utilizados para julgar os riscos de vieses foram: baixo risco, algumas suspeições e alto risco (ver Anexo C). Além disso, a qualidade das evidências obtidas nos estudos foi avaliada mediante a utilização do *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation* (GRADE). Limitações metodológicas e/ou risco de vieses, evidência indireta e imprecisão foram as características analisadas em cada estudo selecionado (ver quadro 4). A qualidade das evidências foi classificada conforme a certeza na estimativa de efeito em: alta, moderada, baixa e muito baixa (ver Anexo E).

No que se refere ao pó de beterraba, a se considerar os critérios de inclusão, nenhum estudo foi selecionado para comprovar revisão sistemática. Das três bases de dados utilizadas, Embase, Pubmed e Science Direct, foram identificados 108 estudos,

porém nenhum atendeu os critérios de inclusão. É importante destacar que o descritor utilizado em ambos os estudos foi *Beet powder and exercise*.

A pesquisa não teve financiamento e não existiu conflito de interesse em sua realização. O pesquisador desse estudo não foi autor ou coautor de qualquer artigo incluído nesta revisão. O autor do trabalho justifica os motivos pelos quais os artigos lidos de forma completa foram excluídos (ver apêndice A). Ao longo do processo de triagem artigos foram repetidos nas bases de dados utilizadas (ver apêndice B).

3.2 Resultados e discussões da revisão sistemática

3.2.1. Delineamento da seleção de artigos que compuseram a revisão sistemática

A figura 2 demonstra toda a estratégia de seleção dos artigos que compuseram a revisão sistemática. De forma inicial, após inserção dos descritores, 696 foram selecionados. Em duplicidade foram encontrados 16 trabalhos. Sendo assim, após eliminação dos duplicados foram rastreados 680 artigos. 643 foram excluídos após a leitura dos títulos e resumos. 37 foram elegíveis para ser lidos na íntegra e após a leitura, 20 foram excluídos com a devida justificativa de exclusão. 17 estudos foram selecionados para compor a revisão.

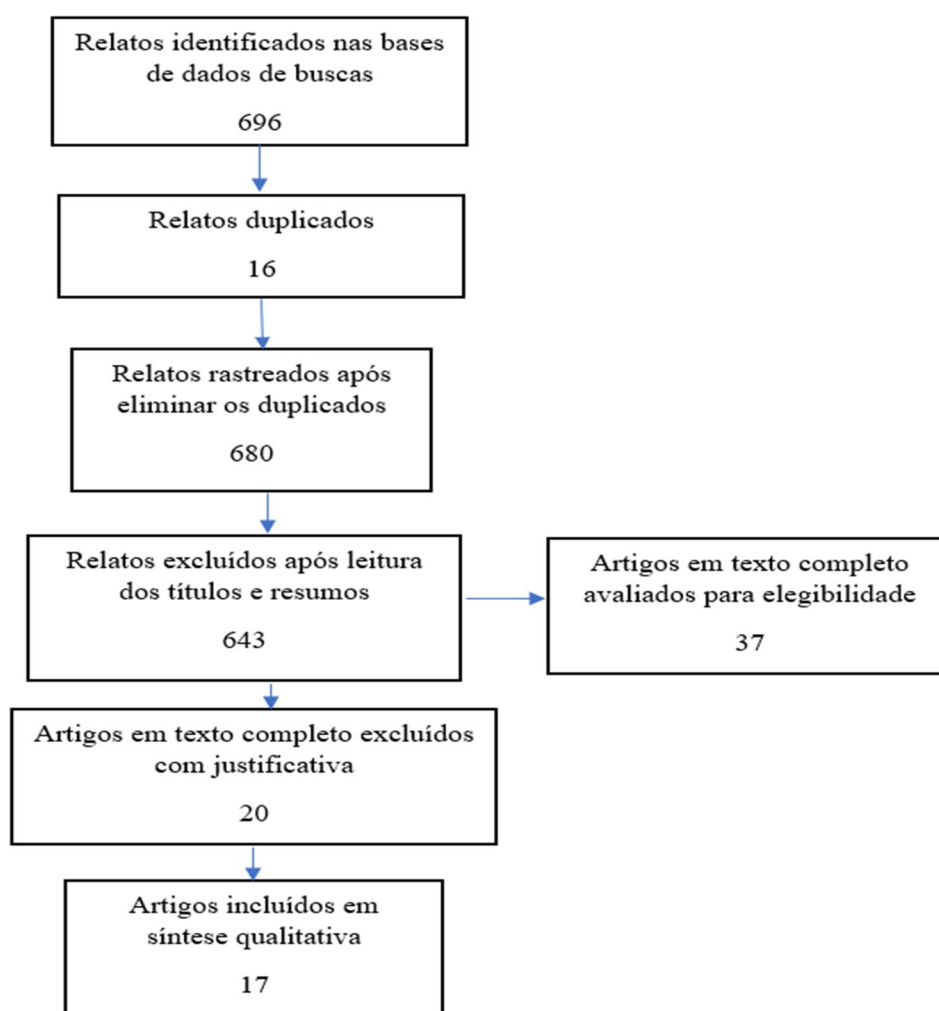


Figura 2 – Estratégia de busca dos estudos que compuseram a revisão sistemática

Uma revisão sistematizada da literatura foi realizada para dialogar com a parte experimental. O diálogo entre os dois desenhos metodológicos conecta a pergunta de pesquisa e os objetivos com os resultados e análises em uma perspectiva comparativa.

A população dos estudos foi formada por homens e mulheres. Alguns estudos contemplaram, exclusivamente, o público masculino ou feminino como, também, mistos com ambos os gêneros (ver quadro 1). A intervenção foi o suco experimental utilizado em cada artigo, com vistas a otimizar o desempenho nos exercícios realizados. Os comparadores foram os placebos. Nem todos os desfechos demonstraram que a suplementação do suco de beterraba otimiza parâmetros de aptidão aeróbia em indivíduos recreativamente ativos.

Castro, Manoel e Machado (2018), Castro *et al.* (2019a), Castro *et al.* (2019b), Adji, Sofro e Hapsari (2022) e Giv, Aminaei e Nikoei (2024), não mencionaram em seus estudos o fabricante dos sucos utilizados na intervenção. Os demais estudos utilizaram o Beet it Sport Pro-Elite Shot com 70 mL produzido pela James White Drinks. Quanto ao placebo é importante destacar que os estudos de Castro, Manoel e Machado (2018), Waldron *et al.* (2018) e Giv, Aminael e Nikoei (2024), não utilizaram o suco de beterraba depletado de NO_3^- e sim água, mistura de suco de fruta isocalórico e maltodextrina e xarope de cereja ácida em pó e água de rosas.

É importante mencionar que no estudo de Castro, Manoel e Machado (2018), os pesquisadores utilizaram 8,4 mmol/ NO_3^- de forma aguda, o que os relatos respaldam como uma dose ideal. No entanto, o desfecho não apresentou diferenças entre as condições suco de beterraba e placebo no que se refere ao tempo de execução dos testes. De acordo com os autores a suplementação foi ofertada 30 minutos antes do início dos testes; o que pode ter comprometido a bioconversão NO_3^- - NO_2^- /NO. De acordo com a literatura, a suplementação deve ser administrada entre 2 e 3 horas antes da intervenção.

Os estudos de Zevallos *et al.* (2023) e Hogwood *et al.*, (2023) tiveram, respectivamente, suas amostras formadas por homens e mulheres e, apenas, por mulheres. Em ambos os trabalhos, as mulheres foram testadas no período do ciclo menstrual. No estudo de Zevallos *et al.* (2023), apenas os homens foram beneficiados com os efeitos ergogênicos do suco de beterraba. Por sua vez, no estudo de Hogwood *et al.*, (2023) as mulheres não foram responsivas aos efeitos deste suplemento.

Autor e ano	Objetivo	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
BETTERIDGE S. <i>et al.</i> , 2016.	Examinar o efeito de uma dose única de beterraba com e sem enxaguante bucal na cinética da glicose, metabolismo muscular, e consumo de oxigênio em humanos saudáveis durante exercícios submáximos.	8 homens recreativamente ativos que fizeram uso do cicloergômetro.	Os voluntários participaram de três ensaios e fizeram uso de: 140 mL de Suco de Beterraba (SB) (≈ 8 mmol / NO_3^-).	140 mL de placebo ($\sim 0,01$ mmol / NO_3^-) ou 140 mL SB (≈ 8 mmol / NO_3^-) + uso de enxaguatório bucal por 1 minuto.	O SB e o SB + enxaguatório bucal não tiveram efeito significativo no consumo de oxigênio (O_2).
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
THOMPSON, C. <i>et al.</i> , 2017.	Investigar o efeito combinado de Treinamentos intervalados de <i>sprint</i> (TIS) e suplementação de NO_3^- , administrados na forma de suco de beterraba, nas adaptações metabólicas musculares e nas respostas fisiológicas ao desempenho de exercícios incrementais de rampa, de intensidade moderada e de	36 indivíduos recreacionalmente ativos (18 homens) e (18 mulheres) que realizaram TIS em um cicloergômetro. Os voluntários foram alocados em três grupos: SB + TIS, PLA + TIS e, apenas, SB.	Os grupos SB + TIS e SB fizeram uso de 2 x 70 mL ($\approx 6,4$ mmol / NO_3^-).	O grupo PLA + TIS utilizou 2 x 70 mL ($\approx 0,04$ mmol / NO_3^-).	O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ao final do estudo foi reduzido quando comparado com a pré intervenção nos grupos SB + TIS e SB, mas não alterado em PLA + TIS.

	intensidade severa em normóxia.				
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
CASTRO, T. F. de, MANOEL, F. de A., MACHADO, F. A., 2018.	Analisar o efeito agudo da suplementação de SB em mulheres não treinadas 30 minutos antes de uma corrida de 3 km.	8 mulheres não treinadas que realizaram duas corridas de 3 km em uma pista oficial de 400 metros.	500 mL de SB (8,4 mmol / NO ₃ ⁻).	Água como controle consumidos 30 min. antes dos testes.	Não foi observada diferença no tempo de desempenho após suplementação de SB.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho

TAN, R. <i>et al.</i> , 2018.	Investigar se a ingestão de SB antes e durante 2 horas de exercício de ciclo de intensidade moderada influencia as respostas fisiológicas e melhora o desempenho em um teste de desempenho de ciclismo de trabalho alvo subsequente (100 kJ) em relação a uma condição placebo.	12 homens recreativamente ativos que realizaram 2 horas de exercício em um cicloergômetro seguido por um contrarrelógio de 4 km realizados em 3 dias.	1) (SB + SB; antes e 1 hora após os exercícios) 2) (SB + PLA; SB antes e PLA 1 hora após os exercícios).	3) (PLA + PLA; PLA antes e 1 hora após os exercícios). Os voluntários consumiram 2 x 70 mL de SB ($\approx 6,2$ mmol / NO_3^-) ou 2 x 70 mL ($\approx 0,04$ mmol / NO_3^-).	Sem diferenças significativas no desempenho entre as condições de suplementação no teste de contrarrelógio.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
WALDRON, M. <i>et al.</i> , 2018.	Investigar os efeitos de uma suplementação aguda de SB em 24 horas no custo energético, eficiência do exercício e respostas da pressão arterial à caminhada intermitente em diferentes gradientes.	8 indivíduos recreativamente ativos (5 homens e 3 mulheres) que realizaram caminhada intermitente a 3 km/h em esteira em gradientes de 1, 5, 10, 15 e 20%.	Os voluntários, em um período de 24 horas, consumiram 350 mL de SB ($\approx 20,5$ mmol / NO_3^-). Os participantes fizeram uso, de forma fracionada do volume acima mencionado.	PLA (mistura de suco de fruta isocalórico e maltodextrina).	O consumo de oxigênio $\text{VO}_{2\text{máx}}$ durante o exercício e no estágio final foi menor em SB em comparação com PLA.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho

WICKHAM, K. A. <i>et al.</i> , 2019.	Determinar se a suplementação aguda e crônica de SB reduziu o custo de O ₂ do exercício submáximo, melhorou o desempenho aeróbico do contrarrelógio e melhorou a produção de torque do músculo esquelético e os índices de função contrátil em mulheres recreativamente ativas.	12 mulheres recreacionalmente ativas que fizeram uso do cicloergômetro. As voluntárias pedalaram inicialmente por 20 min. e depois realizaram um contrarrelógio de 4 kJ/kg.	280 mL/dia de SB (≈ 26 mmol / NO ₃ ⁻). Ambos os sucos foram consumidos: 2 × 70 mL, em dois horários diferentes, por dia (6,5–mmol / NO ₃ ⁻).	280 mL/dia de PLA (SB depletado de NO ₃ ⁻). Ambos os sucos foram consumidos: 2 × 70 mL, em dois horários diferentes, por dia.	A suplementação aguda e crônica de SB não reduziu o custo de O ₂ do exercício submáximo ou melhorou o desempenho aeróbico do contrarrelógio em mulheres recreativamente ativas.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
CASTRO, T. F. de <i>et al.</i> , 2019 a.	Investigar os efeitos da suplementação crônica de SB por 3 dias no VO _{2máx} , velocidade associada ao vVO _{2máx} e velocidade de pico (V _{pico}) em corredores recreativos.	13 corredores recreativos do sexo masculino. Os voluntários realizaram testes em esteira com uma velocidade inicial de 8 km/h, seguida de um aumento de 1 km/h a cada 3 minutos até a exaustão.	Ingestão de 420 mL de SB (8,4 mmol / NO ₃ ⁻).	420 mL de PLA (0,01 mmol / NO ₃ ⁻).	Os VO _{2máx} , vVO _{2max} e o V _{pico} dos voluntários foram melhorados após a suplementação do SB.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho

CASTRO, T. F. de <i>et al.</i> , 2019 b.	Investigar os efeitos da suplementação crônica de suco de beterraba SB no desempenho de corrida de 10 km em corredores recreativos.	14 corredores recreativos do sexo masculino que realizaram corridas de 10 km em uma pista de atletismo de 400 m.	420 mL de SB (8,4 mmol / NO_3^-).	420 mL de PLA (0,01 mmol / NO_3^-).	Não houve efeito significativo entre as condições de suplementação no desempenho do tempo para concluir a corrida. No entanto, na primeira metade (5 km) o tempo na condição SB foi menor ao ser comparada ao PLA.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
HURST, P., SAUNDERS, S., COLEMAN, D., 2020.	Investigar o efeito de uma dose aguda de SB no tempo para completar um teste de tempo de 5 km.	70 Corredores recreativos que realizaram um teste de contrarrelógio em pista de 5 km.	Utilização de 70 ml de SB ($\approx 4,1$ mmol / NO_3^-).	PLA (contendo $\approx 0,04$ mmol / NO_3^-).	Não houve diferença nos tempos após o consumo dos dois protocolos de suplementação.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
COCKSEGE S. P. <i>et al.</i> , 2020.	Avaliar o efeito da modulação da oxigenação do músculo esquelético sobre o plasma NO_2^- , oxigenação do músculo esquelético e cinética do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ durante o exercício de intensidade moderada	10 homens saudáveis que realizaram exercícios de forma recreativa. Testes em cicloergômetro em três condições: <u>normóxia</u> normobárica (SB -	Consumo de 210 mL de SB, respectivamente, nas condições normóxia, hipóxia e hiperóxia que forneceram ($\approx 18,6$ mmol / NO_3^-).	Consumo de 210 mL de PLA, respectivamente, nas condições normóxia, hipóxia e hiperóxia que forneceram ($\approx 0,12$ mmol / NO_3^-).	A suplementação de SB melhorou a tolerância ao exercício de intensidade severa na hipóxia, mas não na normoxia ou hiperoxia. Após a suplementação de SB houve aumento no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ acima da linha de base em 180 segundos, bem como do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ em

	(concluído abaixo do limiar de troca gasosa) e exercício de intensidade severa (concluído acima da potência crítica) realizado até o limite de tolerância (T_{Lim}), após suplementação aguda do NO_3^- dietético.	normóxia / PLA-normóxia), <u>hipóxia</u> (SB -Hipóxia / PLA-Hipóxia) e <u>hiperóxia</u> (SB -Hiperóxia / PLA-Hiperóxia).			hipóxia, mas não em normóxia ou hiperóxia.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
THURSTON, T. S. <i>et al.</i> , 2021.	Investigar o impacto da suplementação dietética de NO_3^- na hemodinâmica periférica, no desenvolvimento de fadiga neuromuscular e no tempo de falha da tarefa durante o exercício de ciclismo.	11 Participantes do sexo masculino recreacionalmente ativos. Os voluntários realizaram testes experimentais em um cicloerômetro após o protocolo de suplementação.	Condições de consumo: SB 70 mL ($\approx 4,1$ mmol / NO_3^-). No dia dos testes experimentais os voluntários consumiram SB 140 mL ($\approx 8,2$ mmol / NO_3^-)	PLA (70 mL $\sim 0,03$ mmol / NO_3^-). ou PLA 140 mL ($\approx 0,06$ mmol / NO_3^-).	O VO_{2max} . e o tempo até a falha não apresentaram diferenças significativas entre as duas condições de suplementação.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho

ESEN O. DOMÍNGUEZ R. e KARAYIGIT R., 2022.	Avaliar se a suplementação aguda de NO_3^- provocaria benefícios de desempenho em indivíduos recreacionalmente ativos durante o teste Yo-Yo IR1, com seu potencial benefício no consumo de $\text{VO}_{2\text{máx}}$.	12 homens recreativamente ativos que realizaram teste Yo-Yo intermitente de recuperação nível 1 (Yo-Yo IR1).	Suplementação com 140 mL de SB ($\approx 12,8 \text{ mmol} / \text{NO}_3^-$).	PLA ($0,04 \text{ mmol} / \text{NO}_3^-$).	Melhora no desempenho do teste quando da suplementação do SB. No entanto, não foram apresentados efeitos significativos, sobre o $\text{VO}_{2\text{máx}}$, nas duas condições.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
ADJI F. R., SOFRO, Z. e HAPSARI, M., 2022.	Determinar o efeito do suco de beterraba no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ máximo de atletas de futebol juvenil.	16 homens saudáveis. Os voluntários foram divididos em dois grupos tratamento (8) e controle (8) e realizaram o Teste de aptidão física em vários estágios (MFT).	250 mL de SB ($\approx 8,6875 \text{ mmol} / \text{NO}_3^-$).	250 mL de PLA ($0 \text{ mmol} / \text{NO}_3^-$).	Não houve diferença entre os grupos no $\text{VO}_{2\text{máx}}$.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho

ZEVALLLOS, O. <i>et al.</i> 2023.	Investigar se existe um efeito dependente do sexo na suplementação de NO_3^- nos resultados do exercício.	26 indivíduos (12 jovens do sexo feminino e 14 do sexo masculino). Foram realizados dois protocolos de testes em cicloergômetro. O primeiro com sessões de 2 e 4 minutos e o segundo até a exaustão. Todos os participantes realizavam pouco exercício físico (≤ 3 dias/semana por menos de 30 min).	Foram consumidos SB 70 mL ($\approx 6,5$ mmol / NO_3^- / 2 x dia).	O PLA foi um suco SB depletado de NO_3^- .	Nos dois protocolos de exercícios o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ foi reduzido, apenas, entre os jovens do sexo masculino. A suplementação de SB melhorou a economia do exercício em homens. As mulheres não apresentaram benefícios ergogênicos.
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
HOGWOOD A.C. <i>et al.</i> , 2023.	Examinar os efeitos da suplementação oral de NO_3^- na economia de exercícios, de capacidade de resistência e saúde vascular em mulheres jovens em todo o ciclo menstrual.	10 mulheres jovens que realizavam exercícios (≤ 3 dias/semana) por um período inferior a 30 min. As voluntárias participaram de dois protocolos de testes em cicloergômetro. O	As participantes consumiram SB 70 mL ($\approx 6,5$ mmol / NO_3^- / 2 x dia).	O PLA foi um suco SB depletado de NO_3^- .	A suplementação de SB não afetou a economia de exercício, redução no custo de O_2 e piorou a capacidade de resistência aeróbia no teste até a exaustão.

		primeiro com sessões de 2 e 4 min e o segundo até a exaustão.			
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
BENJAMIM C. J. R. <i>et al.</i> 2024.	Examinar a eficácia de uma ingestão de NO_3^- de oito dias nos resultados do desempenho físico em mulheres na pós-menopausa.	15 mulheres na pós-menopausa. Foram realizadas avaliações de aptidão muscular e aptidão aeróbia (teste de caminhada de 6 minutos (TC6)).	As voluntárias fizeram uso de 70 mL de SB ($\approx 6,5$ mmol / NO_3^-).	PLA com o SB depletado de NO_3^- .	Melhorias no teste de aptidão aeróbia (TC6), o que resultou na redução do custo de O_2 .
Autor e ano	Objetivos	População	Intervenção	Comparador	Desfecho
GIV, AMINAEI, NIKOEI, 2024.	Investigar o efeito de oito semanas de treinamento de futebol com suplemento de SB na potência aeróbica, potência anaeróbica e desempenho em campo de jogadores de futebol.	40 jogadores de futebol universitários masculinos. Os voluntários foram divididos em 4 grupos: a) exercício (EX), b) exercício com SB (SB + EX), c) o grupo (SB) e d) grupo controle (C). Os indivíduos realizaram treinamentos, específicos para o futebol que	Os grupos SB e SB + EX consumiram 100 mL de SB contendo 300 mg de NO_3^- .	Os grupos C e EX consumiram placebo, composto por xarope de cereja ácida em pó e água de rosas.	Os voluntários incluídos nos grupos EX, SB e SB + EX, apresentaram melhorias no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em relação ao grupo C. No entanto, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ do grupo SB + EX foi maior do que os grupos EX e SB. O grupo SB + EX apresentou uma diferença significativa na fadiga quando comparado com os demais grupos.

		consistiram em corridas contínuas e <i>sprints</i> de curta velocidade, trabalhar com a bola, como conduzir, passar, driblar e arremessar, além de exercícios de agilidade, envolvendo corrida.			
--	--	---	--	--	--

Quadro 1 – Síntese dos artigos com base na pergunta PICO

SB (suco de beterraba), PLA (placebo), NO_3^- (nitrato), NO_2^- (nitrito), TIS (Treinamento Intervalado de Sprint), $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (consumo máximo de oxigênio), $\text{VO}_{2\text{pico}}$ (consumo máximo de oxigênio alcançado em um exercício exaustivo), mL (mililitro), KJ (Kilojoule), O_2 (oxigênio), Ex (exercício), MFT (Teste de Aptidão Física em Vários Estágios), mmol (milimoles), TC6 (Teste de caminhada de 6 minutos), $\text{vVO}_{2\text{máx}}$ (velocidade aeróbica máxima).

Os estudos de Betteridge *et al.* (2016), Thompson *et al.*, (2017), Tan *et al.* (2018) Wickham *et al.* (2019), Hurst, Saunders e Coleman (2020), Thurston *et al.* (2021), Zevallos *et al.*, (2023) e Hogwood *et al.*, (2023), (ver quadro 2) utilizaram, de formas aguda ou crônica, sucos de beterraba do mesmo fabricante, o Beet-it, James White Drinks, Ipswich, Reino Unido. Estes sucos possuem 70 mL / $\approx 6,4$ mmol / 400 mg de NO_3^- . O estudo de Gallardo e Coggan (2019), analisou o conteúdo de NO_3^- e NO_2^- de 24 produtos. Bebidas mistas, pós, concentrados e sucos a granel de beterraba de 21 empresas diferentes foram analisados. Os autores identificaram que o conteúdo de NO_3^- pode variar, significativamente, entre as marcas comerciais disponíveis. Segundo os autores, o Beet It Sport Pro-Elite Shot com 70 mL alega possuir $\approx 6,45$ mmol / NO_3^- / por porção. As análises

identificaram $6,41 \pm 0,60$ mmol de NO_3^- e $0,00 \pm 0,00$ de NO_2^- . No entanto, produtos de outras marcas que alegaram possuir uma certa quantidade de NO_3^- , após análises, apresentaram resultados bem divergentes daqueles que constam em seus rótulos, tabelas nutricionais ou material de comunicação.

É importante observar a precisão da dose de NO_3^- / mmol nos estudos de Betteridge *et al.*, (2016), Waldron *et al.* (2018), Hurst, Saunders e Coleman (2020) e Thurston *et al.*, (2021). Ambos os trabalhos utilizaram no processo de suplementação o Beet It Sport Pro-Elite Shot com 70 mL. No entanto, os autores mencionaram que o suco possui $\approx 4,1$ mmol de NO_3^- . Porém, a marca supracitada possui $\approx 6,4$ mmol de NO_3^- . Uma possibilidade a ser considerada é a de que nos períodos nos quais os artigos foram publicados a James White Drinks produzia sucos com uma quantidade inferior de NO_3^- / mmol comparado ao produzido atualmente.

Autoria	Volume (mL) de NO_3^- / Dia	Dosagem (mmol) de NO_3^- / Dia	Protocolo de administração do suco	Desenho metodológico
BETTERIDGE S. <i>et al.</i> , 2016.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	≈ 8 mmol / 496 mg NO_3^- / dia	Aguda	Delineamento cruzado randomizado simples-cego.
THOMPSON, C. <i>et al.</i> , 2017.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	$\approx 6,4$ mmol / $\approx 12,8$ mmol / 793 mg NO_3^- / dia	Crônica	Modelo duplo-cego de grupos independentes controladas por placebo.
CASTRO, T. F. de, MANOEL, F. de A., MACHADO, F. A., 2018.	500 mL	8,4 mmol / 520,8 mg NO_3^- / dia	Aguda	Estudo cruzado com grupo controle.
TAN, R. <i>et al.</i> , 2018.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	$\approx 6,2$ mmol / $\approx 12,4$ mmol / 768,8 mg NO_3^- / dia	Crônica	Delineamento duplo-cego, randomizado e cruzado.

WALDRON, M. <i>et al.</i> , 2018.	350 mL (ao longo das 24 horas) 2 x 70 mL Beet it James White	$\approx 20,5$ mmol $\approx 4,1$ mmol / 1.271 mg NO_3^- / dia	Aguda	Estudo randomizado duplo-cego cruzado
WICKHAM, K. A. <i>et al.</i> , 2019.	2 x 70 mL (140 mL), em dois horários diferentes ao longo do dia, Beet it James White	$\approx 6,5$ mmol / ≈ 13 mmol / 806 mg NO_3^- / dia	Aguda (2,5 horas antes dos testes) e crônica (por 8 dias)	Duplo-cego, randomizado e cruzado.
CASTRO, T. F. de <i>et al.</i> , 2019 a.	420 mL	8,4 mmol / 520,8 mg NO_3^- / dia	Crônica	Estudo duplo-cego, controlado por placebo e cruzado.
CASTRO, T. F. de <i>et al.</i> , 2019 b.	420 mL	8,4 mmol / 520,8 mg NO_3^- / dia	Crônica	Delineamento randomizado, duplo-cego e cruzado.
HURST, P., SAUNDERS, S., COLEMAN, D., 2020.	70 mL Beet it James White	$\approx 4,1$ mmol / 254,2 mg NO_3^- / dia	Aguda	Estudo quase randomizado, duplo-cego, controlado por placebo.
COCKSEGE S. P. <i>et al.</i> , 2020.	210 mL Beet it James White	18,6 mmol / 1.153,2 mg NO_3^- / dia	Aguda	Estudo randomizado, duplo-cego e cruzado.
THURSTON, T. S. <i>et al.</i> , 2021.	70 mL Beet it James White	4,1 mmol / 254,2 mg NO_3^- / dia	Crônica	Estudo duplo cego, randomizado e controlado por placebo.
ESEN O. DOMÍNGUEZ R. e KARAYIGIT R., 2022.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	$\approx 12,8$ mmol / 793,6 mg NO_3^- / dia	Aguda	Estudo duplo-cego, randomizado e controlado por placebo e cruzado.
ADJI F. R., SOFRO, Z. e HAPSARI, M., 2022.	250 mL	$\approx 8,6875$ mmol / 538,62 mg NO_3^- / dia	Crônica	Modelo experimental com delineamento de grupo controle pré e pós testes randomizado.
ZEVALLOS, O. <i>et al.</i> , 2023.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	$\approx 6,5$ mmol / ≈ 13 mmol / 806 mg NO_3^- / dia	Crônica	Estudo duplo-cego, randomizado e cruzado.
HOGWOOD A.C. <i>et al.</i> , 2023.	2 x 70 mL (140 mL) Beet it James White	$\approx 6,5$ mmol / ≈ 13 mmol / 806 mg NO_3^- / dia	Crônica	Delineamento randomizado, duplo-cego e cruzado.

BENJAMIM C. J. R. <i>et al.</i> 2024.	70 mL Beet it James White	$\approx 6,5$ mmol / 403 mg NO_3^- / dia	Crônica	Estudo cruzado randomizado, duplo-cego e controlado por placebo.
GIV, AMINAEI e NIKOEI, 2024.	100 mL	$\approx 4,8$ mmol / 297,6 mg NO_3^- / dia	Crônico	Método quase experimental com pré e pós testes com o grupo de controle.
Médias, em mL e mmol, da quantidade de SB consumidos por dia.	202,35 mL / dia	10,44 mmol / 647,28 mg NO_3^- / dia	35,29 % dos voluntários consumiram o suco de forma aguda 64,70 % dos voluntários consumiram o suco de forma crônica	
Efeitos da suplementação do SB observados nos estudos.	47% se mostraram ergogênicos 35,29% não se mostraram ergogênicos 17,64% se mostraram, parcialmente, ergogênicos			

Quadro 2 – Média dos volumes, dosagens, protocolos de administração e desenhos metodológicos dos estudos elegíveis.

Os vieses não foram analisados inter estudos. Cada estudo foi analisado de forma individual (ver quadro 3). No estudo de Hurst, Saunders e Coleman (2020), os autores poderiam detalhar melhor o processo de alocação dos voluntários nos grupos de intervenção. Algumas suspeições foram apontadas, já que os autores afirmaram ser um estudo quase randomizado. Benjamim *et al.*, (2024), acusaram uma perda na amostra ao longo do estudo. Algumas suspeições são apontadas no estudo Giv, Aminaei e Nikoei (2024), quando os autores afirmaram que o método da pesquisa é quase experimental. Esse método poderia ser melhor detalhado na seção materiais e métodos do artigo original.

No que se refere a avaliação da qualidade da evidência (ver quadro 4), algumas suspeições foram observadas no domínio riscos de vieses nos artigos de Hurst, Saunders e Coleman (2020) e o de Giv, Aminaei e Nikoei (2024), ambos já detalhados. No domínio imprecisão, em particular no tamanho da amostra, os trabalhos de Betteridge *et al.*, (2016), Castro, Manoel e Machado, (2018) e Waldron *et al.*, (2018) demonstram algumas suspeições por ter uma quantidade de voluntários nos estudos muito inferior à média de indivíduos que compuseram esta revisão sistemática ($8 \times \approx 19$).

Estudo	Randomização	Perdas ao longo do estudo	Aferição	Publicação	Aspectos éticos	Inconsistência
BETTERIDGE, S. <i>et al.</i> , 2016.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
THOMPSON <i>et al.</i> , 2017.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
CASTRO, T. F. de, MANOEL, F. de A., MACHADO, F. A., 2018.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
TAN <i>et al.</i> , 2018.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
WALDRON <i>et al.</i> , 2018.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
WICKHAM, K. A. <i>et al.</i> , 2019.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
CASTRO <i>et al.</i> , 2019a.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
CASTRO <i>et al.</i> , 2019b.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
HURST, P., SAUNDERS, S., COLEMAN, D., 2020.	Algumas suspeições	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

COCKSEGE S. P. <i>et al.</i> , 2020.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
THURSTON, T. S. <i>et al.</i> , 2021.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
ESEN, DOMÍNGUEZ e KARAYIGIT, 2022.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
ADJI F. R., SOFRO, Z. e HAPSARI, M., 2022	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
ZEVALLOS, O. <i>et al.</i> 2023	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
HOGWOOD A.C. <i>et al.</i> , 2023.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
BENJAMIM C. J. R. <i>et al.</i> 2024.	Baixo	Algumas suspeições	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
GIV, AMINAEI, NIKOEI, 2024.	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Algumas suspeições

Quadro 3 – Análise de vieses

Domínios			
Estudo	Risco de Viés	Evidência indireta	Imprecisão
BETTERIDGE, S. <i>et al.</i> , 2016.	Alto	Alto	Algumas suspeições
THOMPSON <i>et al.</i> , 2017.	Alto	Alto	Alto
CASTRO, T. F. de, MANOEL, F. de A., MACHADO, F. A., 2018.	Alto	Alto	Algumas suspeições
TAN <i>et al.</i> , 2018.	Alto	Alto	Alto
WALDRON <i>et al.</i> , 2018.	Alto	Alto	Algumas suspeições
WICKHAM, K. A. <i>et al.</i> , 2019.	Alto	Alto	Alto
CASTRO <i>et al.</i> , 2019a.	Alto	Alto	Alto
CASTRO <i>et al.</i> , 2019b.	Alto	Alto	Alto
HURST, P., SAUNDERS, S., COLEMAN, D., 2020.	Algumas suspeições	Alto	Alto
COCKSEGE S. P. <i>et al.</i> , 2020.	Alto	Alto	Alto
THURSTON, T. S. <i>et al.</i> , 2021.	Alto	Alto	Alto
ESEN, DOMÍNGUEZ e KARAYIGIT, 2022.	Alto	Alto	Alto
ADJI F. R., SOFRO, Z. e HAPSARI, M., 2022	Alto	Alto	Alto

ZEVALLOS, O. <i>et al.</i> 2023	Alto	Alto	Alto
HOGWOOD A.C. <i>et al.</i> , 2023.	Alto	Alto	Alto
BENJAMIM C. J. R. <i>et al.</i> 2024.	Alto	Alto	Alto
GIV, AMINAEI, NIKOEI, 2024.	Algumas suspeições	Alto	Alto

Quadro 4 – Sumário dos resultados para avaliação da qualidade da evidência

3.3 Conclusão

A revisão de literatura teve por objetivo analisar em quais concentrações de NO_3^- o suco de beterraba se apresentou ergogênico diante de uma população de indivíduos recreativamente ativos. 17 estudos foram selecionados para compor a revisão, que teve o seu problema de pesquisa definido a partir da pergunta PICO e seguiu, parcialmente, as diretrizes do PRISMA e do MECIR. A média em mL e mmol dos estudos foi de 202,35 mL/dia e 10,44 mmol de NO_3^- . A revisão sistemática mostrou que a suplementação de suco de beterraba melhorou variáveis da aptidão aeróbia em indivíduos recreativamente ativos em 47% dos estudos e em 17,64% houve uma melhora parcial no desempenho. Em 35,29% não houve uma melhora na performance. Os sucos foram consumidos de forma aguda e crônica. A se considerar os estudos que apresentaram desfechos positivos ou parcialmente positivos, a média em mL e mmol foram, respectivamente, 153 mL e 6,6 mmol. Apesar desse estudo apresentar resultados importantes, ainda existem lacunas de conhecimento a serem preenchidas em relação à suplementação de NO_3^- dietético e os efeitos no desempenho esportivo. É importante uma maior participação das mulheres nos estudos para que seja possível elucidar os efeitos da suplementação do suco de beterraba nesse público. Outro ponto a ser ressaltado é o tamanho da amostra, já que em três estudos houveram uma composição inferior a 10 indivíduos; o que pode proporcionar questionamentos metodológicos. Os vieses não foram analisados entre estudos e sim de forma individual; o que pode ser visto como uma limitação desta revisão. Essas descobertas nos trazem informações importantes em relação a utilização nos efeitos no desempenho esportivo do suco de beterraba em desportistas. No entanto, é importante que outros estudos sejam realizados, com desenhos metodológicos e amostras diferentes para que assim novas conclusões sejam apresentadas.

4. ESTUDO EXPERIMENTAL

4.1 Métodos e técnicas

4.1.1. Obtenção e higienização das beterrabas

As beterrabas produzidas de forma convencional foram adquiridas do mesmo produtor, em um mercado local. Em seguida, foram lavadas com água corrente e detergente neutro. No momento da lavagem, as partes impróprias para serem utilizadas foram removidas. As amostras foram higienizadas conforme recomendação do guia instituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (n. 26/2021 versão 2) de boas práticas para banco de alimentos. As beterrabas foram imersas em hipoclorito de sódio a 2,0% diluído a 200 ppm de teor de cloro ativo em 15 mL/Litro, por 10 minutos. Em seguida foram lavadas em água corrente e secas em papel toalha.



Figura 3 – Higienização das beterrabas

4.1.2. Produção dos sucos

Foram produzidos três tipos de sucos de beterraba: com casca, sem casca e o placebo. Ambos os sucos foram preparados em uma centrífuga de alimentos Britânia Juicer 1000 800 w e produzidos sem adição de água ou outra substância. Foram removidas das beterrabas nas quais o suco foi produzido com a casca as partes iniciais de talo e folha

e início da raiz. Todas as beterrabas foram pesadas em sua totalidade e sem as devidas partes.



Figura 4 – Pesagem das beterrabas sem a casca



Figura 5 – Pesagem das beterrabas com a casca



Figura 6 – Produção do suco

4.1.3. Produção do placebo

Para produção do placebo foi utilizada a resina seletiva para NO_3^- PUROLITE A520E. A massa de resina correspondeu a 20% da solução. Um becker de 250 mL teve seu peso aferido em uma balança analítica (BEL ENGINEERING – BA 002) e em seguida 20g da resina foi adicionada e pesada. Após a pesagem, foi adicionada água deionizada no becker para a realização do pré-tratamento e/ou enxágue. O objetivo do procedimento foi remover o excesso de químicos e finos de transporte. Após a remoção da água, a resina estava pronta para uso. Cerca de 100 mL do suco rico em NO_3^- e 20 g da resina foram colocados em um becker de 600 mL. Esta solução permaneceu por 60 minutos em um agitador magnético, com uso de um peixinho MATOLI 100 MOZ4, para ser homogeneizada. Em seguida, a solução foi conduzida a um sistema formado por um funil de buchner acoplado a um quitassato, que permaneceu conectado por uma mangueira de borracha a uma bomba a vácuo para realizar a filtração do suco sem a presença do NO_3^- . É importante destacar que a resina ficou retida em um papel-filtro qualitativo de 18,5 cm de diâmetro ajustado ao funil utilizado. Os sucos foram produzidos no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Leite e Derivados, localizado no

Departamento de Engenharia Química, curso de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) / Campus Recife. Laboratório de Produtos de Leite e derivados.

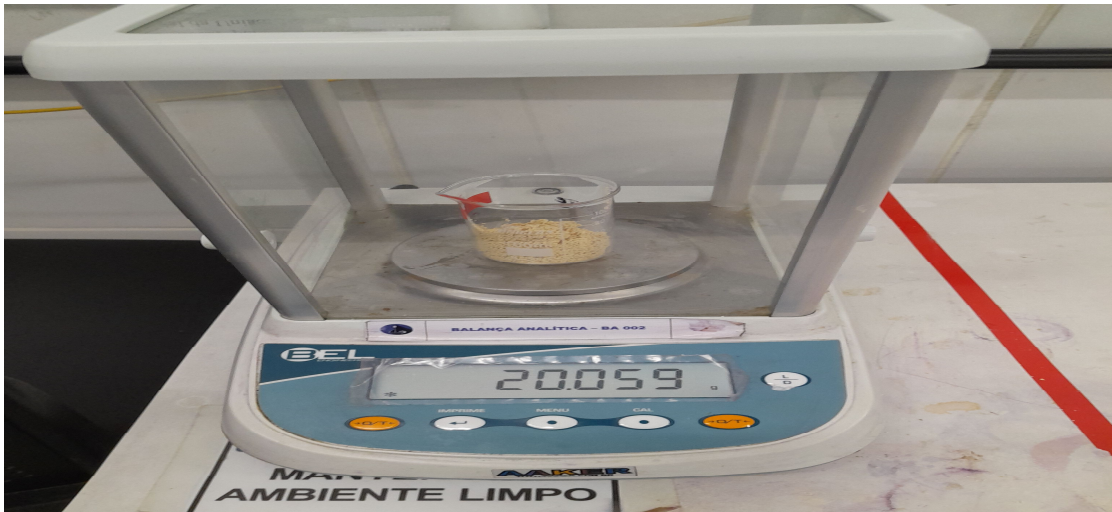


Figura 7 – Pesagem da resina



Figura 8 – Pré-tratamento da resina



Figura 9 – Solução (suco + resina) no agitador



Figura 10 – Sistema de filtração

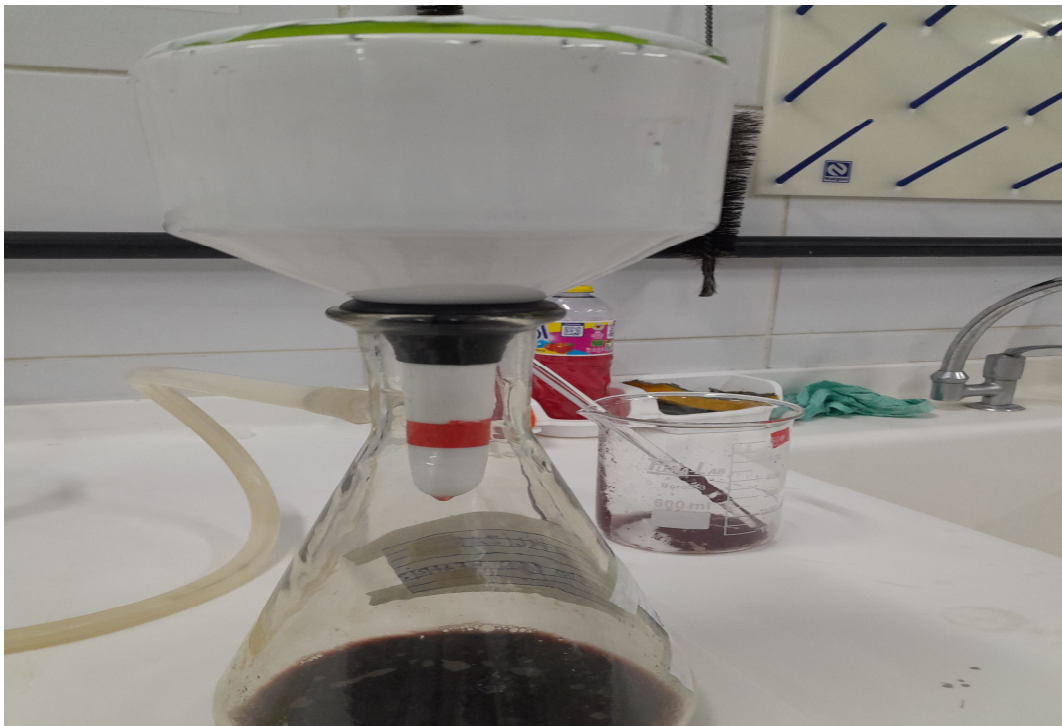


Figura 11 – Sistema em operação



Figura 12 – Resina retida no papel



Figura 13 – Placebo produzido

4.1.4. Produção do pó de beterraba

As beterrabas foram processadas em um processador Philco Maxxi de 800w, envasadas em recipientes de vidro e congeladas em um ultrafreezer, em uma perspectiva *overnight*, a -80°C . As beterrabas passaram por um processo de secagem por liofilização, sem utilização de crioprotetores, mediante uso de um liofilizador SP Scientific Virtis Sentry 2.0, com temperatura a -50°C e pressão negativa de vácuo de 200 mT. O parâmetro visual foi levado em consideração para confirmar a secagem que ocorreu após 72 horas. O processo de liofilização ocorreu no laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal de Pernambuco UFPE / Campus Vitória de Santo Antão. Um almofariz com um pistilo de porcelana foi utilizado para moer as beterrabas liofilizadas. Em seguida, com auxílio de uma peneira com 28 de *mesh*, foram transformadas em pó e armazenado em uma embalagem hermeticamente fechada.



Figura 14 – Beterraba processada



Figura 15 – Liofilizador utilizado



Figura 16 – Pistilo de porcelana utilizado para moer as beterrabas liofilizadas

4.1.5. Análises cromatográficas

Os teores de NO_3^- e NO_2^- foram identificados e quantificados através do método descrito por Baião *et al.* (2016) com algumas modificações no Laboratório de Análises Avançadas em Bioquímica e Biologia Molecular (LAABBM), localizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Centro de Tecnologia (CT), Instituto de Química (IQ), Rio de Janeiro - RJ.

4.1.5.1. Preparo dos padrões

Foram realizados os preparos dos padrões de NO_3^- (Fluka, Sigma Aldrich) e NO_2^- (Fluka, Sigma Aldrich) nas concentrações 5; 2,5; 1,25; 0,625, 0,312 e 0,156 μM , além de uma amostra em branco. Os padrões não foram filtrados após o preparo.

4.1.5.2. *Análise dos padrões e sucos de beterraba*

As amostras de beterraba foram filtradas (50 μ L da amostra mais 450 μ L de H₂O destilada e deionizada ou água D-D) através de ultrafiltros com ponto de corte em 10-kDa (Vivaspin 2, GE Healthcare®) a 14.000g por 15 min. Posteriormente, as amostras foram diluídas na proporção de 1:100 para a análise de NO₂⁻ e 1:500 para a análise de NO₃⁻. Assim, as amostras do suco da beterraba tiveram uma diluição total de um 1:1000 e 1:5000 para a análise de NO₂⁻ e NO₃⁻, respectivamente.

Para a análise de NO₃⁻, cerca de 500 μ L da amostra do suco da beterraba ultrafiltrado e diluído, padrão de NO₃⁻ (0,156 - 5 μ M) e o branco foram transferidos para os *vials*. Foi realizada a conversão do NO₃⁻ a NO₂⁻ através da adição de 50 μ L da enzima nitrato redutase (*Aspergillus species*, EC 1.6.6.2 - Roche Diagnostico, Mannheim, Alemanha) e 50 μ L de 120 μ M de NADPH (Roche Diagnostico, Mannheim, Alemanha). As soluções foram incubadas em temperatura ambiente por um período de 1 h. Após a conversão de NO₃⁻ a NO₂⁻, estas soluções foram utilizadas diretamente para a análise do NO₂⁻.

Para a análise do NO₂⁻, cerca de 500 μ L da amostra do suco da beterraba ultrafiltrado e diluído, padrão de NO₂⁻ (0,156 - 5 μ M) e o branco foram transferidos também para os *vials*. Foi adicionado 50 μ L de 316 μ M de 2,3 - diaminonaftaleno (Sigma Aldrich), em 0,62 M de HCl por 10 minutos. Em seguida, foi adicionado 25 μ L de 2,8 M de hidróxido de sódio (Reagen, Ultrapure Chemicals do Brasil LTDA). Esta solução foi misturada e usada diretamente para a separação por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

O aparelho de CLAE (Shimadzu®) com injetor automático foi equipado com uma coluna de 3.5 μ m de fase reversa C18 Kromasil® (100 x 4,6 mm, I.D. Supelco®) protegida por uma coluna guarda de 5 μ m de fase reversa C8 Nucleosil® (1 x 4,6 mm, I.D. Supelco®) e um detector de fluorescência RF-10AXL (Shimadzu®). A fluorescência foi monitorada com excitação a 375 nm e emissão a 415 nm. A separação ocorreu por gradiente de uma solução tampão de fosfato de sódio 15 mM (pH 7,5) e metanol com a taxa de fluxo de 1,3 mL/min.

4.1.6 Análises físico química dos sucos e pó de beterraba

4.1.6.1 Umidade

A metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019), foi utilizada para se obter o teor de umidade. Três amostras com massa 3 g, dos produtos analisados, foram pesadas em cadinhos e depois aquecidas em uma estufa por 100 °C durante 4 horas. Logo após as amostras foram direcionadas a um dessecador onde permaneceram por 30 minutos e, em seguida, pesadas em uma balança analítica Shimadzu, modelo ATX 224, Kyoto, Japão). A fórmula abaixo determinou o teor de umidade:

$$U\% = 100 \times N/P$$

Onde:

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g: P amostra úmida - P amostra seca);

P = nº de gramas da amostra

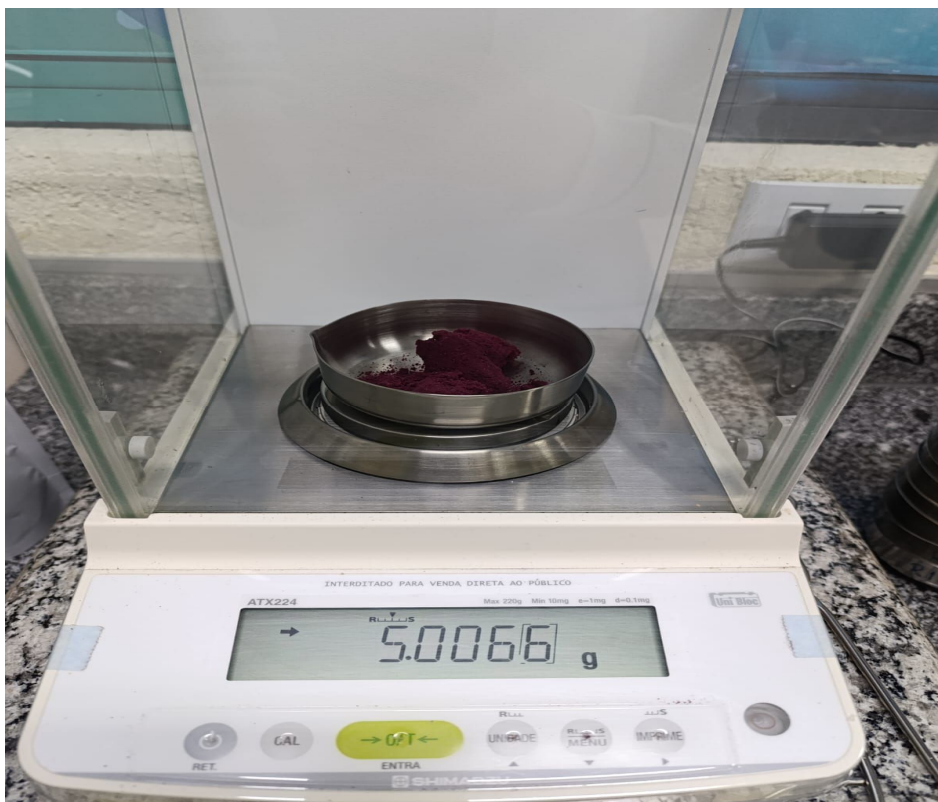


Figura 17 – Amostra sendo pesada para determinação de umidade

4.1.6.2 Cinzas

A metodologia da (AOAC, 2019) foi utilizada para determinação do teor de cinzas. 2 g da amostra, de cada produto analisado, foi incinerada a 550 °C por cerca de 6 horas em uma mufla. Em seguida as amostras obtiveram temperatura ambiente, após permanecerem em um dessecador. A fórmula abaixo determinou o percentual de cinzas:

$$\text{Cinzas \%} = \frac{N}{P} \times 100$$

Onde:

N = massa de cinzas (peso da cápsula (g) + amostra incinerada (g)) – (peso da cápsula (g))

P = massa da amostra (g).



Figura 18 – Amostra sendo pesada para determinação das cinzas

4.1.6.3 Proteína

O método de Kjeldahl, que consiste nas etapas de digestão, destilação e titulação, foi utilizado para determinar teor de proteínas conforme a metodologia da (AOAC, 2019).

O teor de proteína foi calculado conforme equação abaixo:

Teor de proteína = $V \times F \times f \times 0,14 / PA$

Onde:

V: volume de HCL gasto (mL)

F: fator de correção da solução de HCL 0,1 N;

PA: peso da amostra (g)

f: fator de correção (5,75)



Figura 19 – Amostras sendo pesadas para determinação de proteínas

4.1.6.4 Gorduras

O teor de lipídios foi determinado a partir da metodologia de Folch, Lees e Stanley (1957).

Foi utilizada a equação abaixo para determinar o teor de gordura:

Gordura %: $(P_1 \times V_b) \times 100 / V_a \times P_2$

Onde:

$P1$ = Peso dos lipídios na alíquota tomada;

$P2$ = Peso da amostra;

Va = Volume da alíquota (5 ml);

Vb = Volume inferior do extrato lido na proveta



Figura 20 – Análise de lipídios pelo método de Folch

4.1.6.5 Carboidratos totais

A soma dos teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e fibra bruta, com posterior subtração da amostra total, foi o método utilizado para se chegar ao teor de carboidratos totais.

4.1.6.6 Acidez livre

1 g da amostra foi pesada em um becker. Em seguida foram adicionados 50 mL de água destilada e o conteúdo agitado para se manter uniforme. Posteriormente, foram adicionadas três gotas de indicador de fenolftaleína a 1%. A titulação com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) foi realizada até o conteúdo apresentar uma coloração rósea.

A fórmula abaixo foi utilizada para determinar o valor da acidez livre:

Acidez livre: $V_{NaOH} \times F / P$

Onde:

V_{NaOH} = Volume gasto de NaOH na titulação

P = peso da amostra coletada

F = fator de correção do ácido cítrico (0,64)



Figura 21 – Análise de acidez

4.1.6.7 Aw

O equipamento LabSwift foi utilizado para determinar a Aw. A amostra foi colocada em uma cápsula de plástico que foi, posteriormente, inserida no equipamento para se obter o resultado.

4.1.6.8 pH

Para determinar pH foi utilizado um pHmetro que teve o seu eletrodo lavado com água destilada. Em seguida o eletrodo foi mergulhado em um becker contendo a amostra. Após alguns segundos, a leitura do pH foi finalizada.

4.1.6.9 Sólidos solúveis

O refratômetro foi utilizado para determinar a concentração de sólidos solúveis. A amostra ao ser colocada no refratômetro teve o seu valor fornecido em Brix.

4.2 Resultados e discussões da parte experimental

Foram produzidos sucos com e sem casca, o placebo, depletado de NO_3^- e o pó de beterraba. Ambas as formulações são diferentes e apresentam vantagens e desvantagens. Os resultados abaixo não apresentam uma perspectiva comparativa entre o pó e os sucos. O pó terá mais compostos bioativos, mais nutrientes, nitrato, micro e macronutrientes por estar mais concentrado devido a quantidade de água que é baixa. Além disso, pode ser utilizado para enriquecer outro alimento ou ser reconstituído em água para ser tomado na forma de suco. Existe uma análise comparativa entre as concentrações de NO_3^- e NO_2^- dos sucos com e sem casca e estes com a revisão sistemática realizada.

A tabela 2 apresenta a média da quantificação dos teores de NO_3^- e NO_2^- dos sucos de beterraba produzidos com e sem a casca. As análises foram realizadas em triplicata em duas amostras que foram produzidas com a mesma beterraba e o mesmo processo de produção. A média em mmol de NO_3^- a cada 100 mL de suco nas análises das duas amostras foi de $5,33 \pm 0,38$ (5,20 e 5,46) mmol / 100 mL. Os sucos produzidos sem a casca apresentaram uma média inferior $3,22 \pm 0,29$ (3,26 e 3,18) mmol/ 100 mL em comparação ao suco produzido com a casca. O processo de quantificação dos teores de NO_2^- foi semelhante ao do NO_3^- . As médias dos sucos produzidos com a casca foi de $0,11 \pm 0,01$ (0,11 e 0,12) mmol/ 100 mL e dos produzidos sem a casca de $0,01 \pm 0,001$ (0,01 + 0,01) mmol/ 100 mL.

O suco produzido com a casca apresentou uma maior quantidade de NO_3^- ao ser comparado ao suco produzido sem a casca. Todos os sucos nos quais tiveram o NO_2^- analisado demonstraram resultados ínfimos, em um contexto já esperado.

Coimbra *et al.*, (2023) e Šeremet *et al.*, (2020), destacaram a importância da casca da beterraba devido a sua composição nutricional e aos compostos bioativos que possui. Ao encontro do que foi afirmado Abdo *et al.*, (2022) destacaram que, além das propriedades encontradas na polpa, os resíduos da beterraba (casca, bagaço, caule e folhas) possuem potencial funcional e nutracêutico. Stoica *et al.*, (2024) e Abdo *et al.*, (2022), ressaltaram que a casca da beterraba possui cerca de 50% da atividade antioxidante da raiz, além de possuir mais betalaínas quando comparada a outras partes da hortalíça.

Tabela 2 – Quantificação de NO_3^- e NO_2^- dos sucos produzidos com e sem casca

Teor de (NO_3^-)	Médias em mmol / 100 mL
Com casca	5,33 \pm 0,38
Sem casca	3,22 \pm 0,29
Teor de (NO_2^-)	
Com casca	0,11 \pm 0,01
Sem casca	0,01 \pm 0,001

A tabela 3 apresenta a quantificação dos teores de NO_3^- e NO_2^- nas amostras de sucos depletados de NO_3^- . As análises foram realizadas em triplicata em duas amostras que foram produzidas com beterrabas do mesmo lote e com o mesmo processo de produção; já abordado anteriormente. Uma das etapas do processo de produção do placebo é manter o suco em agitação, no agitador magnético, com a resina seletiva para NO_3^- . A orientação da indústria produtora da resina é que o conteúdo permaneça em agitação por 60 minutos. No entanto, foram realizados testes com 30 e 60 minutos. A ideia em manter o conteúdo em agitação por 30 minutos foi de reduzir o tempo total do processo de produção do suco placebo. Os sucos foram produzidos com a beterraba sem casca. A média em mmol de NO_3^- a cada 100 mL dos sucos em 30 e 60 minutos foram, respectivamente, de 0,043 \pm 0,001 e 0,042 \pm 0,001. A média em mmol de NO_2^- a cada 100 mL em 30 e 60 minutos foram, respectivamente 0,006 \pm 0,001 e 0,007 \pm 0,001.

A produção e análise do suco placebo foram apresentadas com detalhes e o objetivo de produzir, analisar e incluir no trabalho foi a de dispor aos pesquisadores de informações analíticas que abordam todas as etapas sequenciais de seu processo produtivo. As dificuldades nas quais os pesquisadores encontram para produzir e analisar o suco placebo, os direcionam a aquisição de um suco comercial com ampla utilização nos estudos. É importante ressaltar que as análises realizadas no placebo produzido demonstraram que o mesmo teve o NO_3^- depletado. Gupta e Verma (2013) e Wagner e Atlas (2015), definem os placebos como tratamentos, drogas ou dispositivos que são inertes do ponto de vista físico e farmacológico e não possuem efeito terapêutico no organismo. Alguns mecanismos psicológicos, interpretados pelo cérebro como, por

exemplo, expectativas, aprendizagem, memória, motivação e redução da ansiedade de acordo com Gupta e Verma (2013) e Wagner e Atlas (2015), contribuem para os efeitos placebo.

Alguns pesquisadores, devido as dificuldades que enfrentam para produzir o placebo, recorrem a outras formulações para investigar os efeitos da suplementação do suco de beterraba tanto no contexto clínico quanto no esportivo. No estudo de Sander *et al.*, (2021), o placebo consistiu em uma mistura de maltodextrina, proteína em pó e suco de frutas. O suco de ameixa foi utilizado como placebo por Yuschen *et al.*, (2024) enquanto Jurado-Castro *et al.*, (2022), Dumar *et al.*, (2021) e Rachel-Sanchez *et al.*, (2021), utilizaram o suco de groselha. Garnacho-Castaño *et al.*, (2024) e Miraftabi *et al.*, (2021), prepararam o placebo dissolvendo, respectivamente, 2g e 1 g de pó de beterraba em um litro de água com adição de suco de limão.

Tabela 3 – Quantificação de NO_3^- e NO_2^- dos sucos produzidos depletados de NO_3^-

	Tempo de agitação	Média em mmol/ 100 mL
Teor de NO_3^-		
Suco	30 minutos	0,043±0,001
Suco	60 minutos	0,042±0,001
Teor de NO_2^-		
Suco	30 minutos	0,006±0,001
Suco	60 minutos	0,007±0,001

A tabela 4 apresenta a quantificação dos teores de NO_3^- e NO_2^- nas amostras dos pós de beterraba. As análises foram realizadas em triplicata. As amostras foram produzidas com beterrabas do mesmo lote e com o mesmo processo de produção; citado anteriormente. As médias de NO_3^- e NO_2^- a cada 100 g / mmol foram, respectivamente, de 11,40 ±0,24 e 0,20±0,02.

Das três formulações, o pó apresentou resultados mais expressivos com teores de NO_3^- mais elevados a cada 100 g. Esse resultado já era esperado devido o processo de liofilização.

O pó de beterraba apresentou um teor de 11,40 mmol / NO_3^- / 100 g. Esta formulação se apresenta como uma opção significativa para ser reconstituído em água ou adicionada ao suco pronto com vistas a aumentar o teor de NO_3^- e reduzir o volume. Janiszewska-turak *et al.*, (2022), destacaram que o pó de beterraba é caracterizado pela baixa atividade da água e alto teor de matéria seca (90–95%). Os autores ressaltaram que a alta matéria seca e a baixa atividade de água garantem uma maior estabilidade, podendo, impedir o crescimento microbiano e retardar os processos de transformações químicas mantendo, assim, suas propriedades nutricionais em longo prazo.

Tabela 4 - Quantificação de NO_3^- e NO_2^- dos pós produzidos

	Média em mmol / 100 g
Teor de NO_3^-	11,40 \pm 0,24
Teor de NO_2^-	0,20 \pm 0,02

A tabela 5 demonstra as médias dos volumes (mL), mmol e mg de NO_3^- encontradas nos estudos que compuseram a revisão sistemática. Os resultados apresentaram, respectivamente, 202,35 mL contendo 10,44 mmol ou 647,28 mg de NO_3^- . O suco produzido com a casca de beterraba, a se considerar o mesmo volume, apresentou concentrações de 10,78 de mmol ou 668,36 mg de NO_3^- . Por sua vez, sem a casca, a se considerar o mesmo volume, apresentou concentrações menores quando comparado a todas as formulações (6,51 de mmol ou 403,62 mg de NO_3^-). O pó de beterraba liofilizado, a se considerar o mesmo volume em g, apresentou os maiores teores, 23,06 de mmol ou 1429,72 mg de NO_3^- .

Tabela 5 – Médias dos volumes e concentrações de NO_3^- em mmol e mg: revisão sistemática vs sucos e pó produzidos

	Médias / Revisão sistemática	Suco produzido com casca	Suco produzido sem casca	Pó de beterraba liofilizado
Volume / mL	202,35	202,35	202,35	202,35
mmol de NO_3^-	10,44 \pm 0,51 ^b	10,78 \pm 1,16 ^b	6,51 \pm 0,76 ^c	23,06 \pm 0,52 ^a

mg de NO₃⁻ 647,28±30,4^b 668,36±50,1^b 403,62±47,12^c 1429,72±32,24^a

Os valores são expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras ($p < 0,05$).

A tabela 6 apresenta as médias em mL e mmol / NO₃⁻ dos artigos que alcançaram seus objetivos de uma forma geral (47% se mostraram ergogênicos), (17,64% se mostraram, parcialmente, ergogênicos) no que se refere a otimização dos parâmetros da aptidão aeróbia dos voluntários. A média em mL e mmol / NO₃⁻ desses estudos foram, respectivamente, 153 e 6,6. No entanto, a se considerar o mesmo volume, os sucos produzidos com a casca e sem a casca apresentaram, respectivamente, 8,1 e 4,92 mmol / NO₃⁻ / dose. O pó de beterraba a se considerar o mesmo volume em g / dose apresentou um resultado em e mmol / NO₃⁻ / dose de 17,44.

Tabela 6 – Resultados em mL e mmol dos artigos que compuseram a revisão sistemática e apresentaram desfechos positivos ou parcialmente positivos (melhorias na aptidão aeróbia).

	mL / dose	mmol / NO₃⁻ / dose
Médias, em mL e mmol / NO₃⁻, dos artigos que apresentaram desfechos positivos ou parcialmente positivos (melhorias na aptidão aeróbia).	153	6,6
Suco de beterraba produzido com a casca.	153	8,1
Suco de beterraba sem a casca.	153	4,92
	g / dose	mmol / NO₃⁻ / dose
Média em mmol do pó de beterraba produzido.	153	17,44

A tabela 7 apresenta uma projeção, com base nas tabelas 2 e 4, de consumo de suco (150 mL, 200 mL e 250 mL) e pó de beterraba (75g e 50 g) e a oferta de mmol / NO₃⁻. O suco com casca se mostra ergogênico nas três projeções. O suco produzido sem a casca se mostra ergogênico a partir de 200 mL. A partir de 50 g o pó se mostra ergogênico.

Tabela 7 – Projeção de quantidade de suco (mL) e pó (g) e a oferta de mmol / NO₃⁻

	100 mL	150 mL	200 mL	250 mL
Suco com casca	5,33 mmol / NO ₃ ⁻	8,00 mmol / NO ₃ ⁻	10,66 mmol / NO ₃ ⁻	13,32 mmol / NO ₃ ⁻
Suco sem casca	3,22 mmol / NO ₃ ⁻	4,83 mmol / NO ₃ ⁻	6,44 mmol / NO ₃ ⁻	8,00 mmol / NO ₃ ⁻
Pó	100 g	50 g	75 g	
	11,40 mmol / NO ₃ ⁻	5,7 mmol / NO ₃ ⁻	8,55 mmol / NO ₃ ⁻	

A tabela 8 apresenta o rendimento em mL dos sucos. O suco com casca apresentou um rendimento de 360 mL, após remoção das partes superior, talo e folhas, e inferior no início da raiz. O suco produzido com a total remoção das cascas e o placebo, apresentaram rendimentos de 250 mL e 260 mL.

Tabela 8 – Rendimento (mL) das beterrabas utilizadas

	Peso total (g)	Peso após a remoção das partes superior e inferior (g)	Rendimento (mL)
Suco com casca	631	601	360
	Peso total (g)	Peso após remoção total das cascas	
Suco sem casca	537	446	250
	Peso total (g)	Peso após remoção total das cascas	
Placebo	585	475	260

A tabela 9 demonstra o rendimento do placebo após a filtração. Foram realizadas duas filtrações com 100 mL que proporcionaram rendimentos de 70 mL e 75 mL.

Tabela 9 – Rendimento do placebo após a filtração

	Volume (mL)	Rendimento (mL)
1º Filtração	100	70
2º Filtração	100	75

Na composição centesimal dos sucos com casca, sem casca e placebo e do pó de beterraba foram avaliados a umidade, cinzas, proteína, gordura, carboidratos totais, acidez livre, atividade da água (A_w), pH e sólidos solúveis. Os resultados estão expressos

nas tabelas 10, 11, 12 e 13. Foram considerados os resultados das médias de cada parâmetro avaliado.

O valor de umidade encontrado em nosso trabalho (92,2%), no suco produzido com casca, foi semelhante ao encontrado por Abdo *et al.*, (2020) (92,9%). O valor das cinzas (0,67%) foi inferior ao encontrado por Abdo *et al.*, (2020) (0,93%). O percentual de proteína encontrado em nossa pesquisa (1,74%) foi superior ao encontrado por Abdo *et al.*, (2020) (1,21%). Por sua vez, o teor de gordura encontrado em nosso trabalho (0,75%), foi superior ao apresentado por Abdo *et al.*, (2020) (0,16%). Os achados, no que se refere aos carboidratos totais, no estudo de Abdo *et al.*, (2020) (4,8%) foram semelhantes aos de nossa pesquisa (4,64%).

Tabela 10 – Composição centesimal e análise físico química do suco produzido com a casca da beterraba

SUCO COM CASCA						
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL S1						
PARÂMETRO	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV
Umidade	92,20%	92,50%	91,90%	92,20%	0,0021	0,23008
Cinzas	0,70%	0,60%	0,72%	0,67%	0,0001	2,10032
Proteína	1,72%	1,70%	1,79%	1,74%	0,0005	2,85014
Gorduras	1,90%	0,05%	0,31%	0,75%	0,0112	149,243
Carboidratos totais	3,48%	5,15%	5,28%	4,64%	0,0127	27,4506
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,0000	0
VCT (kcal/100g)	37,90	27,85	31,07	32,27	4,8295	14,9645
Demais físico-químicas						
	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	
Acidez Livre	0,55	0,70	0,00	0,63	0,3887	62,0525
Aw	0,96	0,96	0,00	0,96	0,6788	70,7107
pH	6,24	6,60	0,00	6,42	4,4123	68,7281
Sólidos Solúveis	9,60	9,50	0,00	9,55	6,7882	71,0809

O valor de umidade encontrado em nosso trabalho (90,45%) foi superior ao encontrado por Sakhare *et al.*, (2019) (85,56%). O valor das cinzas (0,66%) foi inferior ao encontrado por Sakhare *et al.*, (2019) (0,93%). O percentual de proteína encontrado em nossa pesquisa (1,39%) foi inferior ao encontrado por Sakhare *et al.*, (2019) (1,41%). Por sua vez, o teor de gordura encontrado em nosso trabalho (0,25%), foi superior ao apresentado por Sakhare *et al.*, (2019) (0,21%). Os achados, no que se refere aos carboidratos totais, no estudo de Sakhare *et al.*, (2019) (9,25%) foram superiores aos de nossa pesquisa (7,25%). O percentual de acidez encontrado no estudo de Sakhare *et al.*, (2019) (0,8%), foi superior ao encontrado em nosso estudo (0,35%). Em relação ao pH, nosso estudo apresentou um resultado superior (6,37%), quando comparado a pesquisa de Sakhare *et al.*, (2019) (6,13%).

Tabela 11 – Composição centesimal e análise físico química do suco produzido sem a casca da beterraba

SUCO SEM CASCA						
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL S2						
PARÂMETRO	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV
Umidade	90,36%	90,66%	90,32%	90,45%	0,0003	0,03127
Cinzas	0,67%	0,66%	0,65%	0,66%	0,0001	2,14275
Proteína	1,40%	1,39%	1,39%	1,39%	0,0001	0,50749
Gorduras	0,30%	0,23%	0,23%	0,25%	0,0005	19,5385
Carboidratos totais	7,27%	7,06%	7,41%	7,25%	0,0010	1,36608
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,0000	0
VCT (kcal/100g)	37,38	35,87	37,27	36,84	0,0778	0,21113
Demais físico-químicas						
	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	
Acidez Livre	0,41	0,29	0,00	0,35	0,2893	82,3181
<i>Aw</i>	0,95	0,96	0,00	0,95	0,6732	70,5994
pH	6,37	6,37	0,00	6,37	4,5043	70,7107
Sólidos Solúveis	8,40	8,20	0,00	8,30	5,9397	71,5626

O valor de umidade encontrado em nosso trabalho (92,40%), foi superior ao encontrado por Kale *et al.*, (2018) (87,4%). O percentual de proteína encontrado em nossa pesquisa (1,69%) foi superior ao encontrado por Kale *et al.*, (2018) (1,35%). Por sua vez, o teor de gordura encontrado em nosso trabalho (0,20%), foi inferior ao apresentado por Kale *et al.*, (2018) (0,30%). Os achados, no que se refere aos carboidratos totais, no estudo

de Kale *et al.*, (2018) (7,59%) foram superiores aos de nossa pesquisa (4,85%). O percentual de acidez encontrado no estudo de Kale *et al.*, (2018) (0,014%), foi inferior ao encontrado em nosso estudo (0,33%). Em relação ao pH, nosso estudo apresentou um resultado superior (6,44%) quando comparado a pesquisa de Kale *et al.*, (2018) (6,3%).

Tabela 12 – Composição centesimal e análise físico química do placebo

PLACEBO						
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL S3						
PARÂMETRO	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV
Umidade	92,60%	92,13%	92,46%	92,40%	0,0010	0,10714
Cinzas	0,86%	0,88%	0,86%	0,87%	0,0000	0
Proteína	1,69%	1,70%	1,68%	1,69%	0,0001	0,41841
Gorduras	0,11%	0,20%	0,28%	0,20%	0,0012	61,1228
Carboidratos totais	4,74%	5,09%	4,72%	4,85%	0,0001	0,29159
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,0000	0
VCT (kcal/100g)	26,71	28,96	28,12	27,93	0,9970	3,56971
Demais físico-químicas						
	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	
Acidez Livre	0,37	0,29	0,00	0,33	0,2620	78,8512
<i>A_w</i>	0,95	0,95	0,00	0,95	0,6689	70,5615
pH	6,44	6,44	0,00	6,44	4,5538	70,7107
Sólidos Solúveis	9,40	9,30	0,00	9,35	6,6468	71,0888

O valor de umidade encontrado em nosso trabalho (12,88%), foi inferior ao encontrado por Crocetti *et al.*, (2016) (15,11%). O teor de proteína do estudo de Crocetti *et al.*, (2016) (14,58%), foi maior ao encontrado em nossa pesquisa (13,80%). O trabalho de Crocetti *et al.*, (2016), apresentou um percentual superior de gordura (0,90%) quando comparado com o nosso estudo. A nossa pesquisa apresentou valores superiores de carboidratos (64,80%) em relação aos apresentados por Crocetti *et al.*, (2016) (41,20%).

Tabela 13 – Composição centesimal e análise físico química do pó de beterraba

PÓ DE BETERRABA						
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL S4						
PARÂMETRO	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV
Umidade	13,82%	9,53%	15,29%	12,88%	0,0104	8,07024
Cinzas	8,34%	8,09%	7,43%	7,95%	0,0064	8,09053

Proteína	14,00%	13,60%	13,80%	13,80%	0,0014	1,02479
Gorduras	0,77%	0,43%	0,51%	0,57%	0,0018	32,254
Carboidratos totais	63,07%	68,35%	62,97%	64,80%	0,0007	0,10913
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,0000	0
VCT (kcal/100g)	315,21	331,67	311,67	319,52	2,5032	0,78342
Demais físico-químicas						
	A1	A2	A3	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	
Acidez Livre	1,14	1,14	0,00	1,14	0,8068	70,6178
Aw	0,47	0,38	0,00	0,42	0,3288	78,1937
pH	6,10	6,10	0,00	6,10	4,3134	70,7107
Sólidos Solúveis	5,10	5,70	0,00	5,40	3,6062	66,7823
L=	23,57	19,83	20,72	21,70		0
a=	33,22	29,83	31,22	31,53		0
b=	8,34	8,52	8,87	8,43		0

5. CONCLUSÕES

O suco produzido com a casca de beterraba apresentou resultados semelhantes à média dos estudos que compuseram a revisão sistemática. Quando produzido sem a casca se mostrou ergogênico, porém com concentrações de NO_3^- inferiores à média da revisão realizada. O pó, por sua vez, ao ser misturado em água pode ser reconstituído e se tornar uma alternativa de consumo ergogênico já que apresentou uma quantidade considerável de NO_3^- / mmol a cada 100 g. O placebo se mostrou eficiente quanto à remoção de NO_3^- . Uma limitação da dissertação está na seção das discussões devido a ausência de artigos que pudessem ou não respaldar os resultados obtidos com o pó produzido. Existe um quantitativo relevante de estudos com o suco de beterraba nas perspectivas clínica e de performance. No entanto, tivemos dificuldade em encontrar artigos nos quais os pós foram utilizados como suplemento ergogênicos. Existem publicações, porém com ideias centrais de estudo diferente do objetivo de nossa pesquisa. Por conter características nutricionais e sensoriais diferentes, devido o processo de liofilização, os resultados obtidos com o pó não foram comparados com os dos sucos. Além disso, publicações de sucos de beterraba produzidos com a casca são escassos, o que impossibilitou uma melhor discussão, no que se refere a uma análise comparativa com a literatura. É importante que outros autores continuem realizando pesquisas de revisões com uma ideia central semelhante, porém com uma pergunta condutora diferente e outros critérios de inclusão e exclusão. Futuras revisões poderão ser realizadas com o suco de beterraba ou com outras formulações como, por exemplo, géis e barras de cereais. No que se refere à parte experimental, o suco de beterraba rico em NO_3^- dietético e o placebo, conforme tiveram suas etapas sequenciais de produção detalhadas, poderão ter seus protocolos utilizados por pesquisadores que tenham o interesse em utilizar em amostras que apresentem as mais diversas características possíveis.

REFERÊNCIAS

- ABDO, E. M. *et al.* Valorization of whey proteins and beetroot peels to develop a functional beverage high in proteins and antioxidants. **Frontiers in nutrition**, 2022.
- ABDO, E. *et al.* Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. **Plants**, v. 9, n. 12, 2020.
- ADJI, F. R., SOFRO, Z. M., HAPSARI, M. The effect of beetroot juice (*Beta Vulgaris* L.) supplementation on VO₂max of youth soccer athletes. **Journal of Public Health in Africa**, v.13, n. 2, 2022.
- Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of AOAC International. 21^a ed., **AOAC**, Washington DC. 2019.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Guia de boas práticas para banco de alimentos**, 2021.
- ARAZI, H.; EGHBALI, E. Possible Effects of Beetroot Supplementation on Physical Performance Through Metabolic, Neuroendocrine, and Antioxidant Mechanisms: A Narrative Review of the Literature. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 2021.
- BAIÃO, D. dos S. *et al.* Quantitative and Comparative Contents of Nitrate and Nitrite in *Beta vulgaris* L. by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography-Fluorescence. **Food Analytical Methods**, v.9, n. 4, 2016.
- BAIÃO, D. dos S.; SILVA, D. V. T. da; PASCHOALIN, V. M. F. Beetroot, A Remarkable Vegetable: Its Nitrate and Phytochemical Contents Can be Adjusted in Novel Formulations to Benefit Health and Support Cardiovascular Disease Therapies. **Antioxidants**, v. 9, 2020.
- BENJAMIM, C. J. R. *et al.* Nitrate Derived From Beetroot Juice Lowers Blood Pressure in Patients With Arterial Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Frontiers in Nutrition**, v.9, 2022.
- BENJAMIM C. J. R., *et al.* The effects of dietary nitrate ingestion on physical performance tests in 50–65 years old postmenopausal women: A pilot randomized, double-blind, placebo-controlled, and crossover study. **Clinical Nutrition**, v. 43, n. 7, 2024.
- BETTERIDGE, S. *et al.* No effect of acute beetroot juice ingestion on oxygen consumption, glucose kinetics, or skeletal muscle metabolism during submaximal exercise in males. **Journal of applied physiology**, v. 120, n. 4, 2016.
- BOCK, J. M. *et al.* Inorganic nitrate supplementation enhances functional capacity and lower-limb microvascular reactivity in patients with peripheral artery disease. **Nitric Oxide**, v. 80, 2018.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. *et al.* The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. **PLoS ONE**, v. 13. n. 7, 2018.

- BERENDS, J. E. *et al.* Consumption of Nitrate-Rich Beetroot Juice with or without Vitamin C Supplementation Increases the Excretion of Urinary Nitrate, Nitrite, and N-nitroso Compounds in Humans. **International Journal of Molecular Sciences**, 2019.
- BONDONNO, C. P. *et al.* Nitrate: The Dr. Jekyll and Mr. Hyde of human health? **Trends in Food Science & Technology**, v. 135, 2023.
- BOORSMA, R. K., WHITFIELD J. e SPRIET, L. L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 12, 2014.
- BRYAN, N. S., BURLEIGH, M. C. e EASTON, C. The oral microbiome, nitric oxide and exercise performance. **Nitric Oxide**, V. 125-126, 2022.
- BURKE, L. M. Practical Issues in Evidence-Based Use of Performance Supplements: Supplement Interactions, Repeated Use and Individual Responses. **Sports Medicine**, v. 47, n. 1, 2017.
- CASTRO, T. F. de. *et al.* Effects of chronic beetroot juice supplementation on maximum oxygen uptake, velocity associated with maximum oxygen uptake, and peak velocity in recreational runners: a double-blinded, randomized and crossover study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 5, 2019 a.
- CASTRO, T. F. de *et al.* Effect of beetroot juice supplementation on 10-km performance in recreational runners. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 44, n. 1, 2019. b
- CASTRO, T. F. de., MANOEL, F. de A. e MACHADO, F. A. Beetroot juice supplementation does not modify the 3-km running performance in untrained women. **Science & Sports**, v. 33, n. 4, 2018.
- CERMAK, N. M., GÍBALA, M. J. e LOON, L. J. C. V. 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, 2012.
- CLEMENTS, W. T., LEE, S-R. e BLOOMER, R. J. Nitrate ingestion: a review of the health and physical performance effects. **Nutrients**, v. 6, n. 11, 2014.
- COIMBRA, P. P. S. *et al.* Antioxidant Capacity, Antitumor Activity and Metabolomic Profile of a Beetroot Peel Flour. **Metabolites**, v. 13, n.2, 2023.
- COCKSEDGE, S. P. *et al.* Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O₂ uptake kinetics and exercise tolerance. **Nitric Oxide**, v. 99, n.1, 2020.
- CROCETTI, A. *et al.* Determining the chemical composition based on two drying methods to beetroot (*beta vulgaris*, l.- família amaranthaceae) flour production. **Visão acadêmica**, v. 17, n. 4, 2016.
- D'EL-REI, J. *et al.* Beneficial Effects of Dietary Nitrate on Endothelial Function and Blood Pressure Levels. **International Journal of Hypertension**, v. 2016, 2016.

- DOMÍNGUEZ, R. *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. **Nutrients**, v. 9, n.1, 2017.
- DUMAR, A. M. *et al.* Acute Beetroot Juice Supplementation Attenuates Morning-Associated Decrements in Supramaximal Exercise Performance in Trained Sprinters. **Health**, v. 18, n. 2, 2021.
- D'UNIENVILLE, N. M. A. *et al.* Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 76, 2021.
- ESEN, O., DOMÍNGUEZ, R. e KARAYIGIT, R. Acute Beetroot Juice Supplementation Enhances Intermittent Running Performance but Does Not Reduce Oxygen Cost of Exercise among Recreational Adults. **Nutrients**, v. 14, n. 14, 2022.
- FOLCH, J., LESS, M., STANLEY, S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, v. 226, n. 1, 1957.
- GALLARDO, E. J. e COGGAN, A. R. What Is in Your Beet Juice? Nitrate and Nitrite Content of Beet Juice Products Marketed to Athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 29, n. 4, 2019.
- GARNACHO-CASTAÑO, M. V. *et al.* Effects of acute beetroot juice intake on performance, maximal oxygen uptake, and ventilatory efficiency in well-trained master rowers: a randomized, double-blinded crossover study. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 21, n. 1, 2024.
- GIAMPAOLI, Ottavia. Red Beetroot's NMR-Based Metabolomics: Phytochemical Profile Related to Development Time and Production Year. **Foods**, v. 10, n. 8, 2021.
- GIV, V., AMINAEI, M. e NIKOEI, R. The effect of eight weeks beetroot juice supplement on aerobic, anaerobic power, and field performance of soccer players. **Research in sports medicine**, v. 32, n. 1, 2024.
- GRIFFITHS, A. *et al.* Exploring the Advantages and Disadvantages of a Whole Foods Approach for Elevating Dietary Nitrate Intake: Have Researchers Concentrated Too Much on Beetroot Juice? **Applied Sciences**, v. 13 2023.
- GUPTA, U. e VERMA, M. Placebo in clinical trials. **Perspectives in clinical research**, v. 4, n.1, 2013.
- HEZEL, D. e WEITZBERG, E. The oral microbiome and nitric oxide homeostasis. **Oral Diseases**, v. 21, 2015.
- HIGGINS J. P. T., *et al.* **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions, version 6.4 (updated August 2023)**. Disponível em <<http://www.training.cochrane.org/handbook>>. Acesso em: maio e junho de 2024.

- HOGWOOD A. C., *et al.* The effects of inorganic nitrate supplementation on exercise economy and endurance capacity across the menstrual cycle. **Journal of applied physiology**, v. 135, n. 5, 2023.
- HUGHES, D. C., ELLEFSEN, S. e BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, v. 8, n. 6, 2018.
- HURST, P., SAUNDERS, S. e COLEMAN, D. No differences between beetroot juice and placebo on competitive 5-km running performance: A double-blind, placebo-controlled trial. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 30, n. 4, 2020.
- JAKUBCIK, E. M. *et al.* Pharmacokinetics of Nitrate and Nitrite Following Beetroot Juice Drink Consumption. **Nutrients**, v. 13, 2021.
- JAKUBCZYK, Karolina *et al.* Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Fermented Beetroot Juices Enriched with Different Additives. **Foods**, v. 13, n. 1, 2024.
- JANISZEWSKA-TURAK, E. *et al.* Influence of Fermentation Beetroot Juice Process on the Physico-Chemical Properties of Spray Dried Powder. **Molecules**, v. 27, n. 3, 2022.
- JONVIK, K. L. *et al.* Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 4, 2018.
- JURADO-CASTRO, José Manuel *et al.* Beetroot Juice Produces Changes in Heart Rate Variability and Reduces Internal Load during Resistance Training in Men: A Randomized Double-Blind Crossover. **Nutrients**, v. 14, 2022.
- KIANI, A. K. *et al.* Dietary supplements for improving nitric-oxide synthesis. **Journal of Preventive Medicine and Hygiene**, v. 63, 2022.
- KALE, RG *et al.* Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, 2018.
- LIPING, C. *et al.* Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. **Food Science & Nutrition**, v. 9, n. 11, 2021.
- LÓPEZ-SAMANES, Álvaro *et al.* Influence of Beetroot Juice Ingestion on Neuromuscular Performance on Semi-Professional Female Rugby Players: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. **Foods**, v. 11, n. 22, 2022.
- MA, L. *et al.* Nitrate and Nitrite in Health and Disease. **Aging and Disease**, v. 9, n. 5, 2018.
- MAKOSKI, J. R. *et al.* The culture of beet in no – tilling under different corn straw densities. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, 2023.
- MAUGHAN, R. J. *et al.* IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sport Medicine**, v. 52., n. 7, 2018.

- McCORMICK, A., MEIJEN, C. M. e MARCORA, S. Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. **Sports medicine**, v. 45, n. 7, 2015.
- MILTON-LASKIBAR, I., MARTÍNEZ, J. A. e PORTILLO, M. P. P. Current Knowledge on Beetroot Bioactive Compounds: Role of Nitrate and Betalains in Health and Disease. **Foods**, v. 10, n. 6, 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes metodológicas**: elaboração de revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. Brasília: DF, 2021.
- MIRAFETAB, H. *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cognitive Function, Aerobic and Anaerobic Performances of Trained Male Taekwondo Athletes: A Pilot Study. **International Journal of environmental research and public health**, v. 18, 2021.
- MIRMIRAN, P. *et al.* Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. **Nutrition & Metabolism**, v. 17, n. 3, 2020.
- MITREVSKI, Jasmina *et al.* Effect of Beetroot Powder Incorporation on Functional Properties and Shelf Life of Biscuits. **Foods**, v. 12, n.2, 2023.
- MORENO-HEREDERO, B. *et al.* A Single Dose of Beetroot Juice not Enhance Performance during Intervallic Swimming Efforts. **Journal of sports**, v. 23, n. 1, 2024.
- NYAKAYIRUA, J., LOON, L. J.C. V. e VERDIJK; L. B. Could intramuscular storage of dietary nitrate contribute to its ergogenic effect? A mini-review. **Free Radical Biology and Medicine**, v.152, 2020.
- OLAS, Beata. The Cardioprotective Role of Nitrate-Rich Vegetables. **Foods**, v.13, n. 5, 2024.
- PEELING, P. *et al.* Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 28, n. 2, 2018.
- PORCELLI, S. *et al.* Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. **Medicine & Science in Sports & exercise**, v. 47, n. 8, 2015.
- RAUBENHEIMER, K. *et al.* Acute effects of nitrate-rich beetroot juice on blood pressure, hemostasis and vascular inflammation markers in healthy older adults: a randomized, placebo-controlled crossover study. **Nutrients**, v. 9, n. 11, 2017.
- RIENKS, J. N. *et al.* Effect of beetroot juice on moderate-intensity exercise at a constant rating of perceived exertion. **International Journal of Exercise Science**, v. 8, n. 3, 2015.
- ROKKEDAL-LAUSCH, T. *et al.* Multiple-day high-dose beetroot juice supplementation does not improve pulmonary or muscle deoxygenation kinetics of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. **Nitric Oxide**, v. 111 – 112, 2021.
- SENEFELD, J. W. *et al.* Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 10, 2020.

- ŠEREMET, D. *et al.* Valorization of Banana and Red Beetroot Peels: Determination of Basic Macrocomponent Composition, Application of Novel Extraction Methodology and Assessment of Biological Activity In Vitro. **Sustainability**, v. 12, n. 11, 2020.
- SAKHARE, K.S. *et al.* Studies on physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 2, 2019.
- SHANNON, O. M. *et al.* Dietary nitrate supplementation enhances high-intensity running performance in moderate normobaric hypoxia, independent of aerobic fitness. **Nitric Oxide**, v. 59, 2016.
- SHANNON, O. M. *et al.* Dietary nitrate and population health: a narrative review of the translational potential of existing laboratory studies. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 13, n. 65, 2021.
- SHANNON, O. M. *et al.* Dietary Inorganic Nitrate as an Ergogenic Aid: An Expert Consensus Derived via the Modified Delphi Technique. **Sports medicines**, v. 52, n. 10, 2022.
- SILVA, K. V. C. *et al.* actors that Moderate the Effect of Nitrate Ingestion on Exercise Performance in Adults: A Systematic Review with Meta-Analyses and Meta-Regressions. **Advances in Nutrition**, v. 13, n. 5, 2022.
- SOUSA, E. P. *et al.* Empirical Modeling of the Drying Kinetics of Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.; Chenopodiaceae) with Peel, and Flour Stability in Laminated and Plastic Flexible Packaging. **Foods**, v. 13, n. 17, 2024.
- STOICA, Florina *et al.* Exploitation of red beet peel powder as a natural food ingredient in whey-fruit based Beverage. **International Journal of Food Properties**, v. 27, n. 1, 2024.
- TAN, M. L. e HAMID, S. B. S. Beetroot as a Potential Functional Food for Cancer Chemoprevention, a Narrative Review. **Journal of Cancer Prevention**, v. 26, n. 1, 2021.
- TAN, R. *et al.* Beetroot juice ingestion during prolonged moderate-intensity exercise attenuates progressive rise in O₂ uptake. **Journal of Applied Physiology**, n. 124, 2018.
- THOMPSON, C. *et al.* Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and muscle metabolic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, 2017.
- THURSTON, T. S. *et al.* On the implication of dietary nitrate supplementation for the hemodynamic and fatigue response to cycling exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 131, n. 6, 2021.
- Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4. ed. Campinas – SP: 2011.
- VOLINO-SOUZA, M. *et al.* Impact of microencapsulated watermelon (*Citrullus lanatus*) and beetroot (*Beta vulgaris* L) on storage stability of l-citrulline and dietary nitrate. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 12, 2021.

- ZAMANI, H. et al. The benefits and risks of beetroot juice consumption: a systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 5, 2021.
- ZEVALLOS, O. de *et al.* Sex differences in the effects of inorganic nitrate supplementation on exercise economy and endurance capacity in healthy young adults. **Journal of applied physiology**, v. 135, n. 5, 2023.
- WAGNER, T. D. e ATLAS, L. Y. The neuroscience of placebo effects: connecting context, learning and health. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 16, n. 7, 2015.
- WICKHAM, K. A. *et al.* No effect of beetroot juice supplementation on exercise economy and performance in recreationally active females despite increased torque production. **Physiological Reports**, v. 7, n. 2, 2019.
- WALDRON, M. *et al.* Beetroot supplementation improves the physiological responses to incline walking. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 6, 2018.
- WYLIE, L. J. *et al.* Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 3, 2013.
- WONG, T. H., SIM, A., e QUEIMADURAS, S. F. The effects of nitrate ingestion on high-intensity endurance time-trial performance: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 20, n. 4, 2022.
- YOLCU, Seher *et al.* Salt and drought stress responses in cultivated beets (*Beta vulgaris* L.) and wild beet (*Beta maritima* L.). **Plants**, v. 10, n. 9, 2021.
- YUSCHEN, X. *et al.* Effects of Acute Beetroot Juice Supplementation and Exercise on Cardiovascular Function in Healthy Men in Preliminary Study: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled, and Crossover Trial. **Healthcare**, v. 12, n. 13, 2024.

APÊNDICES

Apêndice A – Justificativa dos artigos excluídos após leitura completa

Artigo 1
Referência: KELLY, J. <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation: effects on plasma nitrite and pulmonary O ₂ uptake dynamics during exercise in hypoxia and normoxia. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology , v. 307, n. 7, 2014.
Objetivo: Investigar os efeitos do nitrato dietético (NO ₃ ⁻) sobre a concentração de nitrito plasmático ([NO ₂ ⁻]), consumo de oxigênio (Vo ₂) e tolerância ao exercício em normóxia (N) e hipóxia (H).
Justificativa: Os voluntários que participaram do estudo possuíam um Vo _{2máx} de 58,3 ± 6,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ .
Artigo 2
Referência: PUYPE, J. <i>et al.</i> No effect of dietary nitrate supplementation on endurance training in hypoxia. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports , v. 25, n. 2, 2015.
Objetivo: Investigar se a suplementação dietética de nitrato (NO ₃ ⁻) aumenta o efeito do treinamento em hipóxia no desempenho de resistência ao nível do mar.
Justificativa: Os voluntários que participaram do estudo possuíam um Vo _{2máx} de 60.8 ± 1.8 60.1 ± 2.7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ .
Artigo 3
Referência: WYLIE, L. J. <i>et al.</i> , 2016. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. European Journal of Applied Physiology , v. 116, n.2, 2016.
Objetivo: Avaliar os efeitos da suplementação de NO ₃ ⁻ no desempenho durante uma variedade de testes de exercícios intermitentes de alta intensidade usando a mesma população de sujeitos, modalidade de exercício e procedimentos de dosagem de NO ₃ ⁻ .
Justificativa: Os voluntários que participaram do estudo possuíam um Vo _{2pico} , 58 ± 8 mL kg ⁻¹ Min ⁻¹ .
Artigo 4
Referência: BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. <i>et al.</i> The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. PLoS ONE , v. 13. n. 7, 2018.
Objetivo: Analisar os efeitos potenciais de 15 dias de suplementação de suco de beterraba em variáveis fisiológicas, psicológicas e biomecânicas em corredores de elite.
Justificativa: Amostra formada por 12 corredores de elite de média e longa distância. Incluindo medalhistas europeus e atletas olímpicos, foram recrutados do Centro de Alto Rendimento de Madri, Espanha, para participar desta investigação.
Artigo 5
Referência: JONVIK, K. L. <i>et al.</i> Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. European Journal of Sport Science , v. 18, n. 4, 2018.
Objetivo: Avaliar e comparar as concentrações plasmáticas de nitrato e nitrito e o desempenho de <i>sprints</i> repetidos após a suplementação com suco de beterraba entre atletas recreativos, competitivos e de elite de disciplinas de <i>sprint</i> .

Justificativa: Amostra formada por ciclistas recreativos (n = 20), patinadores de velocidade de talento nacional (n = 22) e ciclistas de pista de nível olímpico. De um total de 53 atletas que participaram deste estudo, 52 completaram o protocolo inteiro: 10 atletas de elite (5 homens e 5 mulheres), 22 competitivos (14 homens e 8 mulheres) e 20 recreativos (10 homens e 10 mulheres).
Artigo 6
Referência: HUANG, X. <i>et al.</i> Influence of Chronic Nitrate-Rich Beetroot Juice Supplementation on the Endurance Performance of Active Winter Triathletes: A Randomized Controlled Trial. Journal of the American Nutrition Association , v. 42, n. 2, 2023.
Objetivo: Examinar a influência potencial da suplementação de BRJ por 7 dias no desempenho de resistência de triatletas de inverno.
Justificativa: Oitenta jovens triatletas ativos de inverno (44 homens, idade = $21,50 \pm 1,15$ anos; 36 mulheres, idade = $20,66 \pm 1,45$ anos).
Artigo 7
Referência: BAILEY, S. J. et al. Inorganic nitrate supplementation improves muscle oxygenation, O ₂ uptake kinetics, and exercise tolerance at high but not low pedal rates. Journal of Applied Physiology , v. 118, n. 11, 2015.
Objetivo: avaliar os efeitos da suplementação dietética de curto prazo com NO ₃ ⁻ na oxigenação muscular, cinética pulmonar de $\dot{V}O_2$ e tolerância ao exercício ao pedalar em uma cadência de pedal muito alta (115 rpm) e muito baixa (35 rpm).
Justificativa: Existe uma divergência entre as dosagens de NO ₃ utilizadas nos testes experimentais. No resumo os autores do estudo mencionam (8,4 mmol de NO ₃) e na metodologia (6,2 mmol).
Artigo 8
Referência: SHANNON, O. M. <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. European Journal of Applied Physiology , v. 117, n. 4, 2017.
Objetivo: Avaliar os efeitos da suplementação dietética de nitrato (NO ₃ ⁻) no funcionamento fisiológico e no desempenho do exercício em corredores/triatletas treinados que conduziam provas de tempo (TT) de corrida em esteira de curta e longa distância.
Justificativa: Oito corredores ou triatletas treinados com experiência em competição em eventos de corrida (VO ₂ máx: $62,3 \pm 8,1$ ml kg ⁻¹ min ⁻¹).
Artigo 9
Referência: PORCELLI, S. <i>et al.</i> Effects of a Short-Term High-Nitrate Diet on Exercise Performance. Nutrients , v. 8, n. 9, 2016.
Objetivo: Avaliar se uma dieta rica em nitrato aumenta a biodisponibilidade do óxido nítrico e avaliar os efeitos dessa intervenção nutricional no desempenho do exercício.
Justificativa: o protocolo de suplementação não foi realizado com o uso de suco de beterraba e sim de alimentos (frutas e vegetais).
Artigo 10
Referência: SHANNON, O.M. et al. Dietary nitrate supplementation enhances high-intensity running performance in moderate normobaric hypoxia, independent of aerobic fitness. Nitric Oxide , v. 59, 2016.

Objetivo: Determinar os efeitos do BRJ no desempenho da corrida em esteira em hipóxia normobárica moderada (equivalente a 2500 m de altitude) em participantes com uma variedade de níveis de condicionamento aeróbico.
Justificativa: Os indivíduos que participaram do estudo possuem um $VO_{2\text{máx.}}$ de $62,1 \pm 9,3$ ml kg^{-1} Min^{-1} (Intervalo: 47,1–76,8 ml kg^{-1} Min^{-1}). Esses valores estão acima do que se espera de um participante recreativamente ativo ou moderadamente treinado.
Artigo 11
Referência: WEI, C. <i>et al.</i> Relationships between nitric oxide biomarkers and physiological outcomes following dietary nitrate supplementation. Nitric Oxide , v. 148, 2024.
Objetivo: investigar as relações entre diferenças em biomarcadores-chave de NO em diferentes compartimentos sanguíneos e músculo esquelético e diferenças em PA e função contrátil muscular entre placebo e NO_3^- dietético após suplementação aguda e crônica.
Justificativa: O estudo investigou diferenças em biomarcadores de NO em diferentes compartimentos sanguíneos e músculo esquelético e diferenças na resposta fisiológica à suplementação aguda e crônica de PLA e NO_3^- dietético em adultos saudáveis.
Artigo 12
Referência: BENJAMIN, C. J. R. <i>et al.</i> Acute and short-term beetroot juice nitrate-rich ingestion enhances cardiovascular responses following aerobic exercise in postmenopausal women with arterial hypertension: A triple-blinded randomized controlled trial. Free Radical Biology and Medicine , v. 211, 2024.
Objetivo: Investigar os efeitos agudos e de uma semana da ingestão de suco de beterraba rico em nitrato (BRJ- NO_3^- rico) no desempenho cardiovascular e autonômico em resposta ao exercício aeróbico submáximo em mulheres na pós-menopausa com hipertensão arterial sistêmica (HAS) que são fisicamente inativas.
Justificativa: Não foram observados parâmetros de mensuração de aptidão aeróbia.
Artigo 13
Referência: NYBÄCK, L. <i>et al.</i> Physiological and performance effects of nitrate supplementation during roller-skiing in normoxia and normobaric hypoxia. Nitric Oxide , v. 70, 2017.
Objetivo: investigar os efeitos de uma alta dose aguda de NO_3^- no desempenho submáximo e máximo de esqui cross-country em esquiadores cross-country competitivos se exercitando em normóxia e hipóxia normobárica em laboratório.
Justificativa: Oito esquiadores cross-country bem treinados (5 homens e 3 mulheres) competindo em nível nacional.
Artigo 14
Referência: SHANNON, O. M. <i>et al.</i> Nitric oxide, aging and aerobic exercise: Sedentary individuals to Master's athletes. Nitric Oxide , v. 125-126, 2022.
Objetivo: 1) resumir as mudanças na capacidade/desempenho de exercícios de resistência que ocorrem com o envelhecimento e as principais funções fisiológicas que contribuem para esse declínio relacionado à idade; 2) discutir as principais vias de geração endógena de NO, como essas vias são modificadas com o envelhecimento e a atividade física, e como as reduções de NO podem contribuir para declínios na capacidade/desempenho de exercícios; e 3) revisar o potencial de intervenções terapêuticas para melhorar a função fisiológica em idosos sedentários e ativos, aumentando a biodisponibilidade e a sinalização de NO.

Justificativa: Trata-se de um estudo de revisão.
Artigo 15
Referência: ROKKEDAL-LAUSCH, T. <i>et al.</i> Multiple-day high-dose beetroot juice supplementation does not improve pulmonary or muscle deoxygenation kinetics of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. Nitric Oxide , v. 111-112, 2021.
Objetivo: Testar as hipóteses de que vários dias de suplementação de BR em altas doses reduziram a amplitude do VO_2 e reduziram o $\text{VO}_2 \tau$ em hipóxia e normóxia, durante as transições do repouso para o ciclismo de intensidade moderada, em indivíduos bem treinados.
Justificativa: ciclistas bem treinados ($\text{VO}_2 66,4 \pm 5,3 \text{ ml min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$).
Artigo 16
Referência: CUMPSTEY, A. F. <i>et al.</i> Effects of dietary nitrate on respiratory physiology at high altitude – Results from the Xtreme Alps study. Nitric Oxide , v. 71, 2017.
Objetivo: Investigar como a suplementação dietética de nitrato afeta as respostas fisiológicas à hipóxia em adultos saudáveis residentes a 4559 m por 1 semana.
Justificativa: Não foram observados parâmetros de avaliação de aptidão aeróbia.
Artigo 17
Referência: MARSHALL, A. R. Marching to the Beet: The effect of dietary nitrate supplementation on high altitude exercise performance and adaptation during a military trekking expedition. Nitric Oxide , v. 113–114, 2021.
Objetivo: O objetivo foi investigar o efeito da suplementação dietética de nitrato (na forma de suco de beterraba, BRJ) por 20 dias no nitrito salivar (um potencial precursor do óxido nítrico bioativo), desempenho do exercício e aclimatação em alta altitude (HA) em condições de campo (hipóxia hipobárica).
Justificativa: Não foram observados parâmetros de avaliação de aptidão aeróbia.
Artigo 18
Referência: MUGGERIDGE, D. The effects of dietary nitrate supplementation on the adaptations to sprint interval training in previously untrained males. Journal of Science and Medicine in Sport , 2017.
Objetivo: Investigar os efeitos do nitrato dietético na resposta a 3-21 semanas de treinamento intervalado de sprint (SIT).
Justificativa: Os voluntários consumiram géis, com sabor de pêssego (~8 mmol de nitrato), 2,5 horas antes das sessões de treinamento intervalado de <i>sprint</i> .
Artigo 19
Referência: ROKKEDAL-LAUSCH, T. <i>et al.</i> Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. Nitric Oxide , v. 85, 2019.
Objetivo: Examinar os efeitos de 7 dias de suplementação de BR com 12,4 mmol de NO_3^- – por dia no desempenho de 10 km de ciclismo contrarrelógio (TT) em 12 ciclistas bem treinados em normóxia (N) e hipóxia normobárica (H).
Justificativa: Os participantes tinham um $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de $5,09 \pm 0,47 \text{ L min}^{-1}$ correspondendo a $66,4 \pm 5,3 \text{ ml min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
Artigo 20

Referência: SIM, M. *et al.* Dietary Nitrate Intake Is Positively Associated with Muscle Function in Men and Women Independent of Physical Activity Levels. **The Journal of Nutrition**, 2021.

Objetivo: Examinar se a ingestão habitual de nitrato na dieta está associada a uma melhor função muscular em uma coorte prospectiva de homens e mulheres, e se a relação dependia dos níveis de atividade física

Justificativa: Não são avaliados parâmetros de aptidão aeróbica.

Apêndice B – Artigos repetidos ao longo do processo de triagem

ESEN O., DOMINGUEZ R., KARAYIGIT R. Acute Beetroot Juice Supplementation Enhances Intermittent Running Performance but Does Not Reduce Oxygen Cost of Exercise among Recreational Adults. Nutrients , v. 14, n. 14, 2022.
CASTRO T.F. de et al. Effects of chronic beetroot juice supplementation on maximum oxygen uptake, velocity associated with maximum oxygen uptake, and peak velocity in recreational runners: a double-blinded, randomized and crossover study. European Journal of Applied Physiology , v. 119, 2019.
CASTRO T.F. de et al. Effect of beetroot juice supplementation on 10-km performance in recreational runners. Applied physiology, nutrition, and metabolism , v. 44, n. 1, 2019.
WALDRON, M. <i>et al.</i> Beetroot supplementation improves the physiological responses to incline walking. European journal of applied physiology , v. 118, n. 6, 2018.
TAN, R. <i>et al.</i> Beetroot juice ingestion during prolonged moderate-intensity exercise attenuates progressive rise in O ₂ uptake. Journal of applied physiology , v. 124, n. 5, 2018.
SHANNON, O. M. <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. European Journal of Applied Physiology , v. 117, n. 4, 2017.
THOMPSON, C. <i>et al.</i> Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and muscle metabolic adaptations to sprint interval training. Journal of applied physiology , v. 122, n. 3, 2017.
HUANG, X. <i>et al.</i> Influence of Chronic Nitrate-Rich Beetroot Juice Supplementation on the Endurance Performance of Active Winter Triathletes: A Randomized Controlled Trial. Journal of the American Nutrition Association , v. 42, n. 2, 2023.
PORCELLI, S. <i>et al.</i> Effects of a short-term high-nitrate diet on exercise performance. Nutrients , v. 8, n. 9, 2016.
WYLIE, L. J. <i>et al.</i> Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. European journal of applied physiology , v. 116, n. 2, 2016.
SIERVO, M. <i>et al.</i> Dietary nitrate does not affect physical activity or outcomes in healthy older adults in a randomized, cross-over trial. Nutrition Research , v. 36, 2016.
SHANNON, O. M. <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation enhances high-intensity running performance in moderate normobaric hypoxia, independent of aerobic fitness. Nitric Oxide , v. 59, 2016.
THOMPSON K. G. <i>et al.</i> Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. Respiratory Physiology and Neurobiology , v. 193, n. 1, 2014.
THOMPSON, C. <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. Nitric Oxide , v. 61, 2016.

COCKSEGE, S. P. <i>et al.</i> Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O ₂ uptake kinetics and exercise tolerance. Nitric Oxide , v. 99, 2020.
AUCOUTURIER, J. <i>et al.</i> Effect of dietary nitrate supplementation on tolerance to supramaximal intensity intermittent exercise. Nitric Oxide , v. 49, 2015.

APÊNDICE C – Artigos solicitados aos autores (ResearchGate e por e-mail)

WYLIE, Lee J. <i>et al.</i> Dose-dependent effects of dietary nitrate on the oxygen cost of moderate-intensity exercise: Acute vs. chronic supplementation. Nitric Oxide , v. 57, 2016.
Enviado
SIERVO, Mario <i>et al.</i> Dietary nitrate does not affect physical activity or outcomes in healthy older adults in a randomized, cross-over trial. Nutrition Research , v. 36, n. 12, 2016.
<u>Não enviado</u>
THOMPSON, Christopher <i>et al.</i> Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. Nitric Oxide , v. 61, 2016.
<u>Enviado</u>
GIV, V., AMINAEI, M., NIKOEI, R. The effect of eight weeks beetroot juice supplement on aerobic, anaerobic power, and field performance of soccer players. Research in sports medicine , v. 32, n. 1, 2024.
Enviado
BENJAMIM C. J. R., <i>et al.</i> The effects of dietary nitrate ingestion on physical performance tests in 50–65 years old postmenopausal women: A pilot randomized, double-blind, placebo-controlled, and crossover study. Clinical Nutrition , v. 43, n. 7, 2024.
Enviado

ANEXOS**Anexo A – Síntese dos estudos com base na pergunta PICO**

Autor e ano	Número de indivíduos	População	Intervenção	Comparador	Desfechos

Fonte: Adaptado do Ministério da Saúde, 2021.

Anexo B – Análise de vieses

Estudo	Randomização	Perdas ao longo do estudo	Aferição	Publicação	Aspectos éticos	Inconsistência

Fonte: Adaptado de HIGGINS, 2023 e Ministério da Saúde, 2021.

Anexo C – Níveis de vieses

Julgamento do risco de viés global	Critério
Baixo risco de viés	Todos os domínios são julgados como sendo de baixo risco de viés.
Algumas suspeições	Um dos domínios é julgado como tendo algumas suspeições, sem haver domínios classificados como alto risco de viés.
Alto risco de viés	Um ou mais domínios classificados como alto risco de viés; ou presença de múltiplos domínios classificados como tendo algumas suspeições.

Fonte: HIGGINS, 2023.

**Anexo D – Sumário dos resultados para avaliação da qualidade da evidência
(GRADE)**

Domínios			
Estudo	Risco de Viés	Evidência indireta	Imprecisão

Fonte: Adaptado de GRADE *working group apud* Ministério da Saúde, 2021.

Anexo E – Níveis de evidência (GRADE)

Nível da evidência	Definição
Alta	Há muita confiança que o verdadeiro efeito está próximo daquele estimado.
Moderada	Há moderada confiança na estimativa de efeito: o verdadeiro efeito provavelmente está próximo daquele estimado, mas existe a possibilidade de ser substancialmente diferente.
Baixa	A confiança na estimativa de efeito é limitada: o verdadeiro efeito pode ser substancialmente diferente daquele estimado.
Muito baixa	Há muito pouca confiança na estimativa de efeito: o verdadeiro efeito provavelmente é substancialmente diferente daquele estimado.

Fonte: GRADE *working group apud* Ministério da Saúde, 2021.

Anexo F – Justificativa dos artigos excluídos após leitura completa

Referência:
Objetivo:
Justificativa:

Quadro – Justificativa de exclusão dos artigos após leitura completa

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

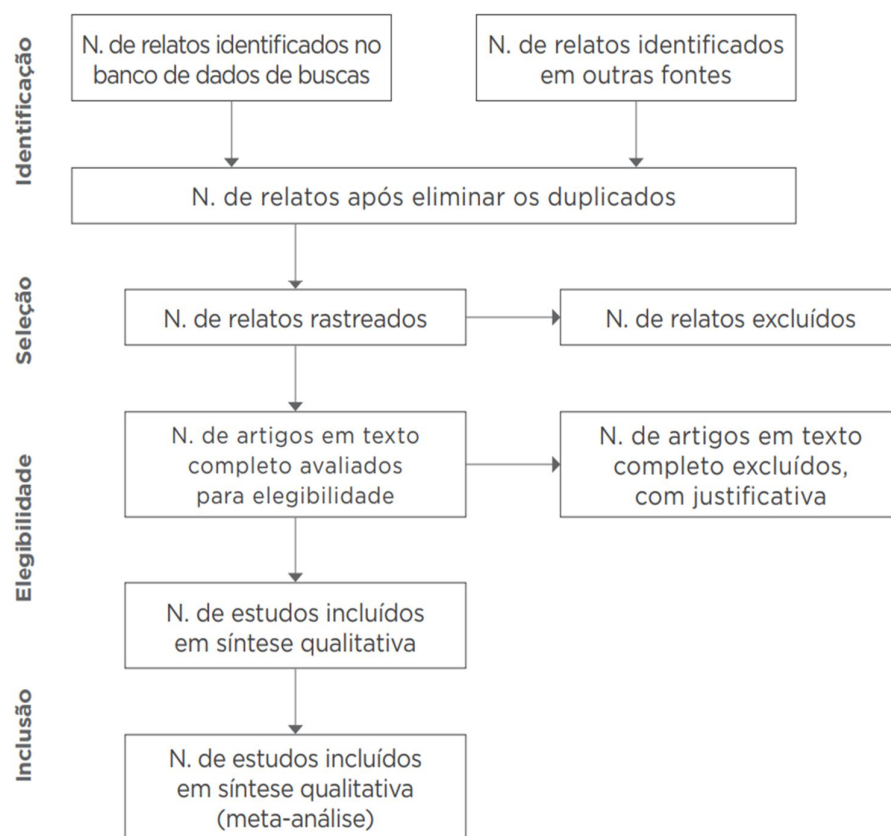
Anexo G – Diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

Seção/tópico	N.	Item do <i>checklist</i>	Página :
TÍTULO			
Título	1	Identifique o artigo como uma revisão sistemática, meta-análise ou ambas	
RESUMO			
Resumo estruturado	2	Apresente um resumo estruturado incluindo, se aplicável: referencial teórico; objetivos; fonte de dados; critérios de elegibilidade; participantes e intervenções; avaliação do estudo e síntese dos métodos; resultados; limitações; conclusões e implicações dos achados principais; número de registro da revisão sistemática.	
INTRODUÇÃO			
Racional	3	Descreva a justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido.	
Objetivos	4	Apresente uma afirmação explícita sobre as questões abordadas com referência a participantes, intervenções, comparações, resultados e desenho de estudos (PICOS).	
MÉTODOS			
Protocolo e registro	5	Indique se existe um protocolo de revisão, e onde pode ser acessado (ex.: endereço eletrônico), e, se disponíveis, forneça informações sobre o registro da revisão, incluindo o número de registro.	
Critérios de elegibilidade	6	Especifique características do estudo (ex.: PICOS, extensão do seguimento) e características dos relatos (ex.: anos considerados, idioma, se é publicado) usadas como critérios de elegibilidade, apresentando justificativa.	
Fontes de informação	7	Descreva todas as fontes de informação na busca (ex.: base de dados com datas de cobertura, contato com autores para identificação de estudos adicionais) e data da última busca.	
Busca	8	Apresente a estratégia completa de busca eletrônica para, pelo menos, uma base de dados, incluindo os limites utilizados, de forma que possa ser repetida.	
Seleção dos estudos	9	Apresente o processo de seleção dos estudos (isto é, busca, elegibilidade, os incluídos na revisão sistemática, e, se aplicável, os incluídos na meta-análise).	
Processo de coleta de dados	10	Descreva o método de extração de dados dos artigos (ex.: formas para piloto, independente, em duplicata) e todos os processos para obtenção e confirmação de dados dos pesquisadores.	
Lista de dados	11	Liste e defina todas as variáveis obtidas dos dados (ex.: PICOS, fontes de financiamento) e quaisquer suposições ou simplificações realizadas.	
Risco de viés em cada estudo	12	Descreva os métodos usados para avaliar o risco de viés em cada estudo (incluindo a especificação, se foi feita durante o estudo ou no nível de resultados), e como essa informação foi usada na análise de dados.	
Medidas de sumarização	13	Defina as principais medidas de sumarização dos resultados (ex.: risco relativo, diferença média).	

Síntese dos resultados	14	Descreva os métodos de análise dos dados e combinação de resultados dos estudos, se realizados, incluindo medidas de consistência (por exemplo, I ²) para cada meta-análise.	
Risco de viés entre estudos	15	Especifique qualquer avaliação do risco de viés que possa influenciar a evidência cumulativa (ex.: viés de publicação, relato seletivo nos estudos).	
Análises adicionais	16	Descreva métodos de análise adicional (ex.: análise de sensibilidade ou análise de subgrupos, metarregressão), se realizados, indicando quais foram pré-especificados.	
RESULTADOS			
Seleção de estudos	17	Apresente números dos estudos rastreados, avaliados para elegibilidade e incluídos na revisão, razões para exclusão em cada estágio, preferencialmente por meio de gráfico de fluxo.	
Características de estudos	18	Para cada estudo, apresente características para extração dos dados (ex.: tamanho do estudo, PICOS, período de acompanhamento) e apresente as citações.	
Risco de viés em cada estudo	19	Apresente dados sobre o risco de viés em cada estudo e, se disponível, alguma avaliação em resultados (ver item 12).	
Resultados de estudos individuais	20	Para todos os desfechos considerados (benefícios ou riscos), apresente, para cada estudo: (a) sumário simples de dados para cada grupo de intervenção; e (b) efeitos estimados e intervalos de confiança, preferencialmente por meio de gráficos de floresta.	
Síntese dos resultados	21	Apresente resultados para cada meta-análise feita, incluindo intervalos de confiança e medidas de consistência.	
Risco de viés entre os estudos	22	Apresente resultados da avaliação de risco de viés entre os estudos (ver item 15).	
Análises adicionais	23	Apresente resultados de análises adicionais, se realizadas (ex.: análise de sensibilidade ou subgrupos, metarregressão [ver item 16]).	
DISCUSSÃO			
Sumário de evidência	24	Sumarize os resultados principais, incluindo a força de evidência para cada resultado; considere sua relevância para grupos-chave (ex.: profissionais da saúde, usuários e formuladores de políticas).	
Limitações	25	Discuta limitações no nível dos estudos e dos desfechos (ex.: risco de viés) e no nível da revisão (ex.: obtenção incompleta de pesquisas identificadas, relato de viés).	
Conclusões	26	Apresente a interpretação geral dos resultados no contexto de outras evidências e implicações para futuras pesquisas.	
FINANCIAMENTO			
Financiamento	27	Descreva fontes de financiamento para revisão sistemática e outros suportes (ex.: suprimento de dados); papel dos financiadores na revisão sistemática.	

Fonte: Ministério da Saúde, 2021.

Anexo H – Fluxograma de estudos selecionados no modelo PRISMA



Fonte: Ministério da Saúde, 2021.