



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
LABORATÓRIO DE BIOQUÍMICA NUTRICIONAL E
BIOLOGIA MOLECULAR



ANA ROSA DE JESUS DOS SANTOS FONSECA

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E DO POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE UM SUCO CONCENTRADO DE BETERRABA DE ORIGEM
COMERCIAL

OURO PRETO
Fevereiro 2026

ANA ROSA DE JESUS DOS SANTOS FONSECA

**AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E DO POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE UM SUCO CONCENTRADO DE BETERRABA DE ORIGEM
COMERCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Ouro Preto como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Nutrição.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Melina Oliveira de
Souza.

Coorientadora: Mestre Clécia Dias
Teixeira.

OURO PRETO

2026



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ana Rosa de Jesus dos Santos Fonseca

Avaliação da composição nutricional e do potencial antioxidante de um suco concentrado de beterraba de origem comercial

Monografia apresentada ao Curso de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Nutrição

Aprovada em 13 de Fevereiro de 2026

Membros da banca

Dr^a. Melina Oliveira de Souza - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
M.Sc. Clécia Dias Teixeira - Coorientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Raphael Antônio Borges Gomes - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr^a. Sônia Maria de Figueiredo - Universidade Federal de Ouro Preto

Melina Oliveira de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Melina Oliveira de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/03/2026, às 14:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1067830** e o código CRC **B179064D**.

Dedico este trabalho aos meus pais, que abriram os caminhos para que eu pudesse chegar até aqui. Aos meus irmãos, que seguraram minhas mãos e caminharam ao meu lado. E a Deus, que me abençoou, sendo guia nos momentos de incerteza e minha força durante toda a jornada.

AGRADECIMENTOS

Muito se fala da felicidade de sair de casa e entrar na faculdade, mas pouco se fala dos desafios e percalços enfrentados. Abrir mão de estar perto daqueles que amamos todos os dias, para construir uma vida, é um ônus a se passar...momentaneamente, porque o bônus chega. Pelo caminho, mais do que conhecimento, consolidam-se princípios, laços e novas formas de ser. Este trabalho é a materialização dessa jornada; ele carrega o peso dos dias longe de casa e de cada renúncia feita, mas celebra, acima de tudo, a vida que construí. É o ponto culminante de uma trajetória trilhada com responsabilidade, mas também preenchida por momentos de profunda alegria e felicidade.

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui, guiando-me com sabedoria e força, e fazendo-se alicerce em todos os momentos.

Agradeço aos meus pais, Selma e Celson, por todo apoio incondicional. Mãe, obrigada por ter sido a minha coragem no momento da escolha entre ficar ou ir; por me incentivar a voar e a trilhar o meu próprio caminho; por acreditar em mim e no que eu seria capaz de fazer com o meu futuro... bem, ele chegou. Pai, obrigada por ter sido apoio nos dias de tristeza, por ter sido a calma em momentos turbulentos e por nunca ter deixado de acreditar em mim, o seu apoio e incentivo foram fundamentais para a construção do meu caminho. Vocês são a minha vida!

Agradeço aos meus irmãos, Luiz e Gabriel, por terem sido compreensíveis nos momentos de confusão, por terem sido ouvidos nos momentos de gritaria e, principalmente, por terem sido companhia nos momentos de solidão.

Agradeço aos meus primos, Fabiano e Rafael, por terem sido exemplos de persistência e perseverança nos estudos; com dedicação e conhecimento, alcançamos o extraordinário. Vocês foram exemplo durante esse caminho. Aos demais familiares que estiveram presentes a longa distância, mas sempre rezando e torcendo junto, vocês foram essenciais nessa caminhada de força.

Agradeço à minha amiga Aline, que se tornou meu porto seguro e a personificação da alegria nesta e em tantas outras trajetórias. Mais do que uma amiga, você provou que nenhuma distância ou obstáculo é grande demais quando se tem alguém excepcional ao lado segurando o fôlego com a gente.

Irmã é aquela que segura a sua mão quando o mundo parece grande demais, mas nos impulsiona quando sabe que estamos prontas para voar. Com esse sentimento, agradeço à minha amiga Júlia, que conheci nesse caminho, e compartilhou

e enfrentou comigo cada desafio desta jornada, tanto no âmbito acadêmico quanto pessoal. Desde o primeiro dia, você deixou de ser apenas uma companheira de casa para se tornar uma aliada de vida.

Agradeço às amizades conquistadas pelo caminho: às amigas de todos os momentos, Brenda, Thaís e Yasmin — sem vocês, chegar até aqui seria impossível, cada risada, momento leve e feliz, foi graças a vocês, que fizeram da graduação um momento especial e lugar de acolhimento. Aos colegas da turma 22.1, ao panelinha do RU, e principalmente Camila, Eugênia, Inês, Larissinha, Lucas e Maria Hubner, agradeço por terem tornado os dias em sala de aula muito mais alegres. Aos colegas de corredor e de moradia, Felipe, Richard, Mariana, Wallisson e 100juju, encontrar vocês em momentos de refúgio, deixou de ser apenas um encontro, mas passou a ser conforto e alegria.

Agradeço ao PET-Nutrição, que me ensinou a encarar meus medos de frente, proporcionando o conhecimento e a confiança necessária para o meu crescimento.

Agradeço também aos Laboratórios de Bromatologia, Multiusuário de Pesquisa em Análise de Alimentos e Multiusuário de Pesquisa em Bioquímica Nutricional e Biologia Molecular pelo suporte técnico. Um agradecimento especial ao técnico Raphael, por toda a paciência e ajuda durante a realização deste trabalho.

À Escola de Nutrição e à todos os professores envolvidos na minha formação, excepcionalmente Sônia e Maria Tereza, meu muito obrigada. Levo comigo cada ensinamento como base para construir, com êxito, o meu futuro.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) por proporcionar o ensino de qualidade que todo estudante deveria ter.

Por fim, agradeço às duas pessoas que foram pilares de suporte, confiança e credibilidade na minha trajetória: minha orientadora, Melina Oliveira de Souza, obrigada por me guiar com carinho e acolhimento; seu conhecimento e experiência são exemplares e guardarei seus ensinamentos para sempre; minha coorientadora, Clécia Dias Teixeira, agradeço por ter acreditado em mim quando eu mesma duvidei, por me ouvir e transmitir todo o seu saber nesses momentos. O esforço de vocês não será em vão.

*"É justo que muito valha o que muito
custa."* — Santa Teresa d'Ávila

RESUMO

A beterraba (*Beta vulgaris*) destaca-se pela composição nutricional e fitoquímica, sendo rica em minerais, polifenóis, nitrato dietético e betalaínas, compostos esses que impactam diretamente na saúde cardiovascular. Diante do aumento no consumo de produtos derivados do processamento desta hortaliça de raiz e da escassez de estudos detalhados sobre suas matrizes processadas, este estudo objetivou analisar a composição nutricional e a capacidade antioxidante *in vitro* de um suco de beterraba concentrado comercializado. A metodologia baseia-se nas diretrizes do Instituto Adolfo Lutz para a caracterização da composição centesimal. Para a avaliação da capacidade antioxidante, foram utilizados os métodos de *Folin-Ciocalteu*, captura do radical DPPH, captura do radical ABTS e Poder de Redução do Íon Ferro (FRAP). Os resultados revelaram que o suco de beterraba concentrado analisado apresenta teores de 79,40% de umidade, 2,43% de cinzas, 1,42% de proteínas, 1,45% de lipídios e 4,98% de fibras totais (sendo 1,12% de fração insolúvel e 3,86% de fração solúvel). Apresenta ainda 10,90% de carboidratos e um valor energético de 62,39 kcal/100g. Foi encontrado um resultado de 3,73 mg EAG/mL de suco para a quantificação de polifenóis totais. Para a capacidade antioxidante foram encontrados valores de 175,40 mL de suco de beterraba/g DPPH•, 364,90µM de ET/mL de suco de beterraba de ABTS+•, 111,92µM de ET/mL de suco de beterraba de FRAP. Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o suco de beterraba concentrado analisado possui um perfil de alegação de funcionalidade relevante dada a expressiva quantidade de polifenóis totais, a uma atividade antioxidante efetiva e a elevada quantidade de fibras alimentares, principalmente a fração solúvel. Cabe ressaltar, que todos os achados da caracterização química do suco avaliado justificam seu uso para a proteção e modulação da saúde cardiovascular, sendo necessário estudos clínicos para comprovar o efeito fisiológico.

Palavras-chave: beterraba; alimento funcional; polifenóis; saúde cardiovascular; suco concentrado.

ABSTRACT

Beets (*Beta vulgaris*) stand out for their nutritional and phytochemical composition, being rich in minerals, polyphenols, dietary nitrate, and betalains, compounds that directly impact cardiovascular health. Given the increase in consumption of products derived from the processing of this root vegetable and the scarcity of detailed studies on its processed matrices, this study aimed to analyze the nutritional composition and in vitro antioxidant capacity of a commercially available concentrated beet juice. The methodology is based on the guidelines of the Adolfo Lutz Institute for the characterization of centesimal composition. To evaluate antioxidant capacity, the Folin-Ciocalteu, DPPH radical scavenging, ABTS radical scavenging, and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) methods were used. The results reveal that the concentrated beet juice analyzed has a moisture content of 79.40%, ash content of 2.43%, 1.42% protein, 1.45% lipids, and 4.98% total fiber (1.12% insoluble fraction and 3.86% soluble fraction). It also has 10.90% carbohydrates and an energy value of 62.39 kcal/100g. A result of 3.73 mg EAG/mL of juice was found for the quantification of total polyphenols. For antioxidant capacity, values of 175.40 mL of beet juice/g DPPH•, 364.90µM of ET/mL of beet juice of ABTS+•, and 111.92µM of ET/mL of beet juice of FRAP were found. The results obtained in this study demonstrate that the concentrated beet juice analyzed has a relevant functionality profile given the significant amount of total polyphenols, effective antioxidant activity, and high amount of dietary fiber, especially the soluble fraction. It should be noted that all the findings of the chemical characterization of the evaluated juice justify its use for the protection and modulation of cardiovascular health, with clinical studies being necessary to prove the physiological effect.

Keywords: beetroot; functional food; polyphenols; cardiovascular health; concentrated juice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Grupos dos compostos fenólicos encontrados nos alimentos.....	27
Figura 2 – Mecanismo de ação dos compostos bioativos na ativação do NRF2 para o núcleo e indução da expressão gênica das enzimas antioxidantes e redução do estresse oxidativo.....	28
Figura 3 - Via de produção de óxido nítrico a partir de nitrato e nitrito in vivo.....	30
Figura 4 - Raiz e folhas de beterraba (Beta vulgaris).....	33
Figura 5 - Formas de comercialização da beterraba.....	34
Figura 6 - Embalagem suco de beterraba concentrado comercializado.....	37
Figura 7 - Curva Padrão referente ao ácido gálico para determinação de polifenóis totais do suco concentrado de beterraba.....	46
Figura 8 - Curva Padrão de solução DPPH• feita para análise do suco concentrado de beterraba comercializado.....	48
Figura 9 - Curva Padrão de análise do antioxidante Trolox, pelo método ABTS+•, para determinação da atividade antioxidante no suco concentrado de beterraba.....	50
Figura 10 - Curva Padrão de análise do antioxidante Trolox, pelo método FRAP, para determinação da atividade antioxidante no suco concentrado de beterraba.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais grupos de compostos bioativos encontrados nos alimentos... 22

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de diferentes vegetais e frutas de acordo com o teor de nitrato.....	31
Tabela 2 - Composição centesimal (g/100g) e características físico-químicas do suco da beterraba crua in natura.....	34
Tabela 3 - Tempo de secagem, na estufa simples, das amostras.....	39
Tabela 4 - Composição centesimal (g/100g) do suco da beterraba concentrado comercializado.....	53
Tabela 5 - Comparação da Composição Centesimal de um suco de beterraba por diferentes autores.....	58
Tabela 6 - Polifenóis Totais do suco da beterraba concentrado comercializado.....	59
Tabela 7 - Comparação da concentração de polifenóis totais de suco de beterraba por diferentes autores.....	61
Tabela 8 - Capacidade antioxidante do suco da beterraba concentrado comercializado.....	61
Tabela 9 - Comparação da concentração de DPPH• de variados sucos por diferentes autores.....	63
Tabela 10 - Comparação da concentração de ABTS+• de variados sucos por diferentes autores.....	65
Tabela 11 - Comparação da concentração de FRAP de variados sucos por diferentes autores.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAT	Atividade Antioxidante Total
ABTS	Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)
AMG	Amiloglucosidase
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARE	Elemento de Resposta Antioxidante
BIONUT	Laboratório de Bioquímica Nutricional
CAT (ensaio)	Capacidade Antioxidante Total
CAT (enzima)	Catalase
CLA	Ácido Linoleico Conjugado
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DHA	Ácido Docosa-hexaenoico
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazila
EAG	Equivalentes de Ácido Gálico
EPA	Ácido Eicosapentaenoico
EROS	Espécies Reativas de Oxigênio
ET	Equivalentes de Trolox
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FRAP	Ferric Reducing Ability of Plasma
GPX	Glutathione Peroxidase
IDA	Ingestão Diária Aceitável
IL-6	Interleucina 6
IMC	Índice de Massa Corporal
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NNP	Nitrogênio Não Protéico

NOS	Óxido Nítrico Sintase
NRF2	Fator Nuclear Eritróide 2 relacionado ao fator 2
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCR-us	Proteína C-Reativa ultrassensível
PIQ	Padrão de Identidade e Qualidade
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SOD	Superóxido Dismutase
TNF	Fator de Necrose Tumoral
TPTZ	2,4,6-Tripiridil-s-triazina
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

Fe^{2+}	Íon ferroso
Fe^{3+}	Íon férrico
FeCl_3	Cloreto férrico
g	Gramma
HCl	Ácido clorídrico
Kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mM	Milimolar
mol	Mol
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanômetro
NO	Óxido nítrico
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
pH	Potencial hidrogeniônico
μl	Microlitro
μmol	Micromol

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 ALIMENTOS: IMPORTÂNCIA DA SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARA SAÚDE.....	21
2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS NA SAÚDE CARDIOVASCULAR.....	25
2.3 POLIFENÓIS NA SAÚDE CARDIOVASCULAR.....	26
2.4 NITRATO NA SAÚDE CARDIOVASCULAR.....	29
2.5 SUCO DE BETERRABA.....	33
3 OBJETIVO.....	37
3.1 OBJETIVO GERAL.....	37
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1 AQUISIÇÃO DO MATERIAL DE ESTUDO.....	38
4.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	38
4.2.1 Preparo da amostra.....	38
4.2.2 Determinação de umidade.....	39
4.2.3 Determinação das cinzas.....	40
4.2.4 Determinação de lipídeos.....	40
4.2.5 Determinação de fibras.....	41
4.2.6 Determinação de proteínas.....	43
4.2.7 Determinação de carboidrato.....	44
4.2.8 Determinação do valor energético.....	44
4.3 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	45
4.3.1 Preparo da amostra.....	45
4.3.2 Quantificação polifenóis totais.....	45
4.3.3 Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH•.....	47
4.3.4 Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS+•.....	49

4.3.5 Determinação da atividade antioxidante total pela método de poder de redução do íon de ferro (FRAP).....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	53
5.2 POLIFENÓIS TOTAIS.....	59
5.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	61
6 CONCLUSÃO.....	69
7 REFERÊNCIAS.....	70
ANEXO A - CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO ENCONTRO DE SABERES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - 2025.....	81
ANEXO B - TERMO DE COMPROMISSO INICIAÇÃO CIENTÍFICA.....	82

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2021, cerca de 19 milhões de pessoas faleceram, nesse mesmo ano, por motivos associados à saúde cardiovascular no mundo, sendo que destas, 375 mil mortes ocorreram no território brasileiro (WHO, 2023). Analisando a proporção da população brasileira, que equivale a cerca de 2,7% da população mundial, estes dados tornam-se extremamente expressivos, uma vez que a carga de mortalidade por doenças cardiovasculares no país acompanha a tendência global, representando um desafio de saúde pública proporcionalmente tão grave quanto o observado em termos mundiais (Oliveira *et al.*, 2023).

Neste contexto, a alimentação desempenha um papel central na promoção da saúde e na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como as doenças cardiovasculares (Brasil, 2014). A recomendação do aumento no consumo de frutas, hortaliças e leguminosas têm recebido destaque pelo seu elevado valor nutricional e pela presença de nutrientes e outros compostos bioativos capazes de exercer importantes efeitos nutricionais e funcionais no organismo (Brasil, 2024). Nessa temática, a demanda por alimentos com alegação de funcionalidade reflete não apenas a busca por qualidade de vida, mas também a necessidade de através da alimentação buscar alternativas e estratégias dietéticas para redução do risco de agravos à saúde (Brasil, 2024).

O Brasil apresenta uma ampla diversidade de produtos de origem vegetal. Dentre estes, um alimento que tem ganhado destaque no meio científico é a beterraba - *Beta vulgaris*, pertencente à família Chenopodiaceae (Beta vulgaris, 2024). Sua relevância científica está associada não apenas à contribuição de nutrientes como vitaminas, minerais e fibras, mas, sobretudo, da presença de compostos bioativos, entre os quais se destacam os nitratos inorgânicos (NO_3^-), os polifenóis e as betalaínas (Dos Santos Baião *et al.*, 2017). Esses constituintes conferem à beterraba propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e vasodilatadoras, que se relacionam diretamente com benefícios clínicos, especialmente aqueles voltados à proteção cardiovascular (Zamani *et al.*, 2020).

O consumo da beterraba pode ocorrer de diferentes formas: *in natura*, cozida, assada, em conservas ou processada em sucos e em pó, o que favorece sua inserção tanto na alimentação cotidiana quanto em produtos industrializados

(Morgado *et al.*, 2016; Punia Bangar *et al.*, 2022). Nesse cenário, o suco de beterraba tem ganhado destaque como principal veículo de entrega desses compostos bioativos, uma vez que consegue concentrar essas substâncias químicas. Os NO_3^- da beterraba podem ser convertidos em óxido nítrico (NO) no organismo, associando-se à redução da pressão arterial e à melhora da função endotelial (Kapil *et al.*, 2020). Os polifenóis, devido ao seu efeito antioxidante, contribuem para a neutralização de espécies reativas de oxigênio (EROS) e, consequentemente, para a promoção da proteção contra danos oxidativos às células (Bastos *et al.*, 2009). As betalainas, por sua vez, atuam na redução da pressão arterial, reduzindo a concentração sérica de colesterol, prevenindo a formação de placas ateroscleróticas, ambas funções associadas a neutralização das EROS (Faloye *et al.*, 2021).

Apesar dos avanços no entendimento dos benefícios associados ao consumo de beterraba, ainda há lacunas na literatura quanto à caracterização dos sucos concentrados comercializados (Chen *et al.*, 2021). Diante desse cenário, torna-se relevante avaliar a composição nutricional e o potencial antioxidante de um suco comercial concentrado à base de beterraba, uma vez que esta hortaliça de raiz apresenta elevados teores de NO_3^- dietéticos e outros compostos bioativos, que não são encontrados em concentrações comparáveis em outras frutas e hortaliças *in natura* (Dos S. Baião; Da Silva; Paschoalin, 2020). Além disso, o consumo desse produto comercializado tem ganhado crescente visibilidade no cenário mundial devido às evidências científicas relacionadas aos benefícios cardiovasculares e antioxidantes (Chen *et al.*, 2021), reforçando a pertinência de estudos de caracterização química para posteriores estudos clínicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ALIMENTOS: IMPORTÂNCIA DA SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARA SAÚDE

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão responsável pela regulamentação de alimentos no Brasil, define alimento por meio da Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) de nº 259, de 20 de setembro de 2002 como:

Alimento é toda substância que se ingere no estado natural, semi-elaborada ou elaborada, destinada ao consumo humano, incluídas as bebidas e qualquer outra substância utilizada em sua elaboração, preparo ou tratamento, excluídos os cosméticos, o tabaco e as substâncias utilizadas unicamente como medicamentos (Brasil, 2002).

Os alimentos apresentam uma combinação complexa de componentes químicos, incluindo nutrientes e não nutrientes. Entre os nutrientes, distinguem-se os macronutrientes, sendo eles carboidratos, proteínas, lipídios, água e fibras, e os micronutrientes, que incluem vitaminas e minerais (Chen; Michalak; Agellon, 2018). Neste contexto, segundo o livro “Tratado de Fisiologia Médica” dos autores Guyton & Hall (2021), uma nutrição adequada deve suprir as necessidades do organismo por meio da ingestão equilibrada desses nutrientes, consumindo os macronutrientes importantes para as funções corporais, e micronutrientes, que serão os responsáveis pela manutenção fisiológica e metabólica do organismo (Guyton; Hall, 2021).

A manutenção da vida humana depende do fornecimento linear e constante desses nutrientes, obtidos por meio da ingestão de diferentes alimentos (Lima *et al.*, 2018). Neste sentido, uma dieta balanceada e equilibrada, segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira (Brasil, 2014), é aquela em que a combinação e seleção de alimentos para compor a dieta, são harmonizados em nutrientes e grupos alimentares, sendo ligada à composição variada de nutrientes e outras substâncias bioativas, provenientes da diversidade alimentar (D’agostino *et al.*, 2013).

Os carboidratos, proteínas e lipídios têm função energética para o corpo, e para realização das funções e manutenção fisiológica, temos as vitaminas, minerais, água e fibras, entretanto, além dos nutrientes mencionados acima, os alimentos possuem outros componentes químicos, chamados de não nutrientes, que são aqueles que não podem ser denominados como macro ou micronutrientes, mas que exercem efeitos benéficos à saúde e na prevenção de doenças (Chen; Michalak; Agellon, 2018). Esses compostos presentes nos alimentos, sejam nutrientes ou não

nutrientes, são comumente denominados como compostos bioativos (Chen; Michalak; Agellon, 2018) e, sua presença em determinados alimentos também possibilita a atribuição de alegação de funcionalidade, uma vez que podem exercer efeitos metabólicos benéficos no organismo (Brasil, 2014).

Um tipo de composto bioativo presente nos alimentos são os chamados fitoquímicos, que são um grupo diverso de compostos químicos naturais produzidos por plantas, que embora não essenciais à saúde humana, esses compostos processam uma variedade de propriedades fisiológicas no organismo (Eze; Odoh; Apeh, 2023). Eles podem influenciar positivamente o metabolismo, oferecer proteção celular e promover bem estar, atuando diretamente nos sistemas antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano e imunológico (Eze; Odoh; Apeh, 2023). Uma infinidade de alimentos, principalmente de origem vegetal, apresentam em sua composição química esses compostos, como é o caso das nozes, cereais integrais, frutas, legumes e plantas botânicas (Eze; Odoh; Apeh, 2023). Na alimentação diária, pequenas quantidades desses compostos são naturalmente ingeridas pela população, contudo, sua ação no organismo é limitada em razão de fatores relacionados à absorção e à biodisponibilidade, que reduzem a fração efetivamente aproveitada (Bastos; Rogero; Arêas, 2009).

Atualmente, já foram identificados mais de mil compostos bioativos em alimentos, classificados de acordo com suas estruturas físicas (Milton-Laskibari; Martínez; Portillo, 2021). Os principais compostos bioativos encontrados nos alimentos estão apresentados no quadro abaixo (Quadro 1), diferenciados por suas estruturas químicas, bem como suas fontes, e principais efeitos relacionados ao metabolismo humano.

Quadro 1 - Principais grupos de compostos bioativos encontrados nos alimentos

Grupo de compostos bioativos	Principais Subgrupos	Alimentos-fonte	Efeitos potenciais à saúde
Compostos fenólicos (polifenóis)	Flavonoides (quercetina, catequinas, antocianinas), Ácidos fenólicos (cafeico, ferúlico),	Frutas vermelhas, chá verde, uvas, vinho tinto, sementes de linhaça, cacau	Ação antioxidante, anti-inflamatória, cardioprotetora, neuroprotetora e anticâncer

Grupo de compostos bioativos	Principais Subgrupos	Alimentos-fonte	Efeitos potenciais à saúde
	Estilbenos (resveratrol), Lignanas		
Carotenóides	β -caroteno, licopeno, luteína, zeaxantina	Cenoura, tomate, abóbora, milho, vegetais verde-escuros	Prevenção de doenças oculares, câncer, doenças cardiovasculares e modulação da imunidade
Compostos organossulfurados	Alicina, sulforafano, indóis	Alho, cebola, brócolis, couve, couve-flor	Ação antioxidante, quimioprotetora, moduladora enzimática e cardioprotetora
Fitoesteróis e estanois	β -sitosterol, campesterol, estigmasterol	Óleos vegetais, nozes, sementes, leguminosas	Redução da absorção intestinal de colesterol e prevenção de aterosclerose
Ácidos graxos bioativos	Ômega-3 (EPA, DHA), CLA (ácido linoleico conjugado)	Peixes de águas frias, linhaça, chia, óleos vegetais	Ação anti-inflamatória, cardioprotetora e melhora do perfil lipídico
Peptídeos bioativos	Derivados da caseína, da soja e de proteínas vegetais	Leite e derivados, soja, leguminosas	Ação antihipertensiva, antioxidante e imunomoduladora
Polissacarídeos funcionais	β -glucanas, quitosana	Aveia, cevada, cogumelos, frutos do mar (quitosana)	Redução do colesterol, melhora da glicemia e efeito prebiótico
Compostos Nitrogenados	Cafeína, Betalainas, teobromina, teofilina	Café, chá, cacau, erva-mate, beterraba	Estímulo ao sistema nervoso central, melhora da atenção e desempenho físico, efeito antioxidante

Grupo de compostos bioativos	Principais Subgrupos	Alimentos-fonte	Efeitos potenciais à saúde
Capsaicinoides	Capsaicina	Pimentas vermelhas	Efeito termogênico, analgésico e anti-inflamatório
Curcuminoides	Curcumina	Cúrcuma (açafrão-da-terra)	Ação antioxidante, anti-inflamatória e quimioprotetora
Saponinas	Diversos tipos	Leguminosas, quinoa, ervas medicinais	Redução do colesterol, modulação imunológica e potencial anticâncer
Compostos inorgânicos bioativos	Nitrato (NO_3^-)	Beterraba, rúcula, espinafre, alface	Precursor de NO: vasodilatação, melhora do fluxo sanguíneo, redução da pressão arterial, potencial ergogênico

Fonte: Elaborado pela autora (2026), adaptado de Manach *et al.* (2004), Li *et al.* (2014) e WHO (2003).

Os compostos bioativos se diferem dos nutrientes, como vitaminas e minerais, pois enquanto a falta de um nutriente pode ocasionar em deficiências que geram doenças carenciais, a falta de compostos bioativos não causam deficiências imediatas, mas pode aumentar o risco do aparecimento e/ou agravamento de muitas doenças, principalmente as DCNT (Bastos *et al.*, 2009). Isso ocorre porque esses compostos, quando isolados, apresentam pouco ou nenhum efeito metabólico ou fisiológico significativo, porém quando consumidos em uma alimentação equilibrada e balanceada, podem contribuir de forma significativa na manutenção e regulação do metabolismo (Brasil, 2024).

Estudos clínicos reforçam essa ideia ao demonstrarem que a suplementação isolada de compostos, como β -caroteno, vitamina C ou vitamina E, não foi eficaz na redução do risco de desenvolvimento das DCNT quando administrada fora da matriz alimentar (Liu, 2004). Esses achados indicam que fatores como a biodisponibilidade e a interação metabólica exercem papel fundamental na atividade desses compostos, evidenciando que o efeito protetor sobre as DCNT se concretiza de

forma mais consistente quando eles estão inseridos em uma alimentação variada e equilibrada, e não isoladamente (Bastos *et al.*, 2009).

A exemplo desses mecanismos de ação, podemos citar a ação antioxidante, frequentemente associada aos compostos bioativos da classe dos polifenóis (Bastos *et al.*, 2009). Ela está relacionada ao potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, à capacidade dessas moléculas em competir por sítios ativos e receptores nas diversas estruturas celulares ou à modulação da expressão de genes, que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra processos oxidativos degenerativos de estruturas celulares (Bastos *et al.*, 2009).

Diante desses efeitos, a curiosidade e interesse científico pelos alimentos ricos em compostos bioativos tem crescido de forma significativa, especialmente como forma de tratamento adjuntivo para as DCNT (Bastos *et al.*, 2009).

2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS NA SAÚDE CARDIOVASCULAR

De acordo com a OMS, as DCNT estão entre os principais problemas de saúde pública do Brasil e do mundo, sendo responsáveis por cerca de 75% das mortes ocorridas no ano de 2021 no mundo (WHO, 2024). Já no Brasil, as DCNT foram responsáveis, em 2021, por 72% do total de mortes ocorridas prematuramente, ou seja, entre 30 e 69 anos de idade (WHO, 2024; Oliveira *et al.*, 2022).

Entre as DCNT, destacam-se as doenças cardiovasculares como a principal causa de mortalidade global (WHO, 2023). Um estudo publicado pelo *Journal of the American College of Cardiology*, em 2023, denominado “Carga global de doenças e fatores de risco cardiovasculares”, mostrou que os fatores como pressão arterial sistólica alta, colesterol e lipoproteína de baixa densidade (LDL) alto, índice de massa corporal (IMC) alto, glicemia de jejum alta, disfunção renal, riscos alimentares, tabagismo, fumo passivo, alto consumo de álcool e baixa atividade física, são os fatores de risco à saúde associados a alta prevalência dessas doenças (Vaduganathan *et al.*, 2022).

O tratamento convencional dessas doenças é majoritariamente medicamentoso, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS, 2019), mais de 90% dos adultos diagnosticados com hipertensão ou diabetes relataram uso de medicamentos, 91,5% e 95,2%, respectivamente, para controle da doença (Brasil,

2021). Entretanto, cresce o reconhecimento de que estratégias nutricionais representam uma abordagem promissora tanto na prevenção quanto no tratamento adjuntivo das doenças cardiovasculares (Martirosyan, 2025; Jin *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a terapia nutricional baseada em alimentos ricos em compostos bioativos evidencia a importância da dieta não apenas como fonte de energia e nutrientes essenciais, mas também como instrumento de promoção da saúde e prevenção de agravos (Rudrapal *et al.*, 2024). Essa perspectiva reforça o conceito de alimentos funcionais, definidos como aqueles que, além de fornecerem nutrientes básicos, contêm componentes bioativos capazes de exercer efeitos benéficos específicos sobre funções fisiológicas, contribuindo para a redução do risco de patologias e a manutenção do bem-estar (Brasil, 1999; Granato *et al.*, 2010).

A literatura têm demonstrado que determinados compostos bioativos, especialmente polifenóis, NO_3^- dietético e a betalaína presente na beterraba, especialmente, apresentam efeitos protetores relevantes sobre o sistema cardiovascular (Rudrapal *et al.*, 2024). Esses compostos atuam em mecanismos como redução do estresse oxidativo, melhora da função endotelial, modulação da pressão arterial e diminuição da inflamação sistêmica (Rudrapal *et al.*, 2024). Dessa forma, compreender a composição nutricional e o perfil de compostos bioativos dos alimentos constituem como etapas fundamentais, uma vez que essas análises permitem identificar e quantificar os componentes responsáveis pelos potenciais efeitos fisiológicos observados, conferindo maior robustez e confiabilidade às evidências científicas (Rudrapal *et al.*, 2024).

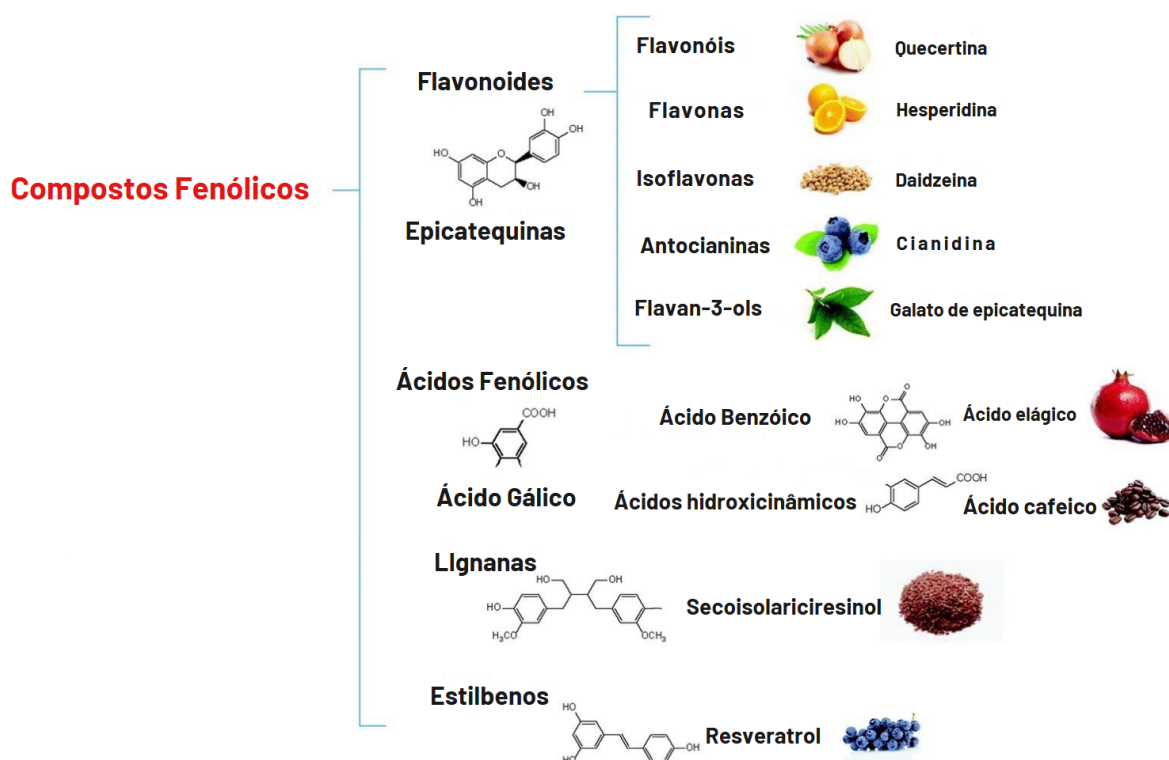
2.3 POLIFENÓIS NA SAÚDE CARDIOVASCULAR

Os polifenóis são compostos bioativos de origem vegetal caracterizados pela presença de dois ou mais grupos fenólicos em sua estrutura química, e embora não sejam nutrientes essenciais, apresentam uma ampla gama de efeitos biológicos que contribuem para a manutenção da saúde humana, especialmente devido às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Manach *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2014).

Esses compostos constituem um grupo diversificado de substâncias, cuja classificação baseia-se em suas estruturas químicas e funções biológicas, essas variações estruturais determinam diretamente sua atividade biológica, solubilidade e biodisponibilidade (Scalbert, A.; Williamson, G., 2000). Entre os principais grupos de

polifenóis, destacam-se os compostos fenólicos, que possuem como representantes os flavonóides (quercetina, catequinas, antocianinas), os ácidos fenólicos (cafeico, ferúlico), os estilbenos (resveratrol) e as lignanas (Scalbert, A.; Williamson, G., 2000), como destacado na figura abaixo (Figura 1).

Figura 1 - Grupos dos compostos fenólicos encontrados nos alimentos



Fonte: Fraga *et al.* (2019) apud Teixeira (2021).

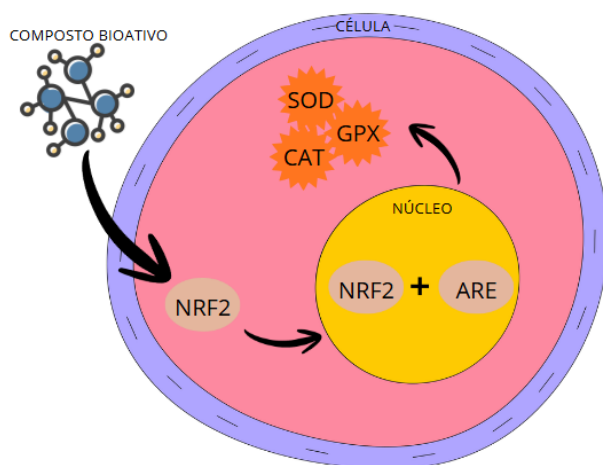
Os polifenóis são comumente encontrados nos alimentos de origem vegetal, principalmente em frutas vermelhas, chá verde, uvas, vinho tinto, sementes de linhaça, soja, cacau e derivados (Scalbert; Johnson; Saltmarsh, 2005; Dos Santos Baião *et al.*, 2017). Embora os polifenóis estejam amplamente presentes nos produtos de origem vegetal, seu impacto na saúde humana só começou a despertar o interesse dos pesquisadores e profissionais da saúde a partir dos anos 90, já que até essa década, os principais antioxidantes investigados eram as vitaminas, carotenóides e minerais (Scalbert *et al.*, 2005). A partir de 1995, os flavonoides e outros polifenóis passaram a ganhar destaque na literatura científica, devido às evidências de seus efeitos antioxidantes e de seu papel na prevenção das DCNT, incluindo as cardiovasculares (Scalbert *et al.*, 2005).

O mecanismo antioxidante que associa os polifenóis à proteção cardiovascular baseia-se em sua capacidade de neutralizar as EROS, reduzindo o

estresse oxidativo e, consequentemente, atenuando processos oxidativos, inflamatórios e lesões endoteliais (Gugliandolo; Bramanti; Mazzon, 2020). Com isso, há uma desaceleração da progressão da aterosclerose e uma redução do agravamento das doenças cardiovasculares (Gugliandolo; Bramanti; Mazzon, 2020). As EROS, quando em excesso no organismo, podem danificar membranas lipídicas por peroxidação lipídica, proteínas por S-nitrosilação e o DNA por oxidação de nucleotídeos, por conseguinte, os antioxidantes atuam inibindo esses danos oxidativos ao doarem elétrons que estabilizam as EROS, sem se tornarem reativos (Ngo; Duennwald, 2022).

Adicionalmente, os polifenóis modulam a expressão de enzimas antioxidantes endógenas, como a catalase (CAT) e a glutathiona peroxidase (GPX), a superóxido dismutase (SOD), principalmente por meio da ativação do Fator Nuclear Eritróide 2 relacionado ao fator 2 (NRF2), um fator de transcrição (Gugliandolo; Bramanti; Mazzon, 2020). Esse fator ao ser ativado no núcleo da célula, a partir de sua combinação com Elementos de Resposta Antioxidante (ARE), estimula a expressão gênica dessas enzimas, que contribuem para controlar o quadro de estresse oxidativo e consequentemente, os processos oxidativos danosos, como demonstrado na Figura 2, abaixo (Ngo; Duennwald, 2022; Gugliandolo; Bramanti; Mazzon, 2020).

Figura 2 – Mecanismo de ação dos compostos bioativos na ativação do NRF2 para o núcleo e indução da expressão gênica das enzimas antioxidantes e redução do estresse oxidativo.



Fonte: Elaborada pela autora própria, adaptado de Rudrapal *et al.* (2024). NOTA: ARE, Elementos de Resposta Antioxidante; CAT, catalase; GPx, glutathiona peroxidase; SOD, superóxido dismutase; NRF2, Fator Nuclear Eritróide 2 relacionado ao fator 2.

No cenário inflamatório endotelial, o acúmulo e a oxidação das LDL nas camadas da parede vascular desencadeia uma resposta inflamatória caracterizada pela liberação de citocinas pró-inflamatórias, como interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral (TNF), além do aumento da concentração sérica de proteína C-reativa ultrasensível (PCR-us) (Henein *et al.*, 2022). Esse processo promove o recrutamento de células do sistema imune e estimula a proliferação de células musculares lisas, contribuindo para a formação de placas ateroscleróticas, sendo que a progressão dessa inflamação crônica pode culminar em desfechos clínicos graves, como infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral (Henein *et al.*, 2022). Ademais, mediadores inflamatórios e enzimas degradativas fragilizam a capa fibrosa da placa, tornando-a suscetível à ruptura, o que favorece a formação de trombos e a consequente obstrução do fluxo sanguíneo, configurando a base fisiopatológica das doenças cardiovasculares (Henein *et al.*, 2022).

Nesse contexto, compostos bioativos como os polifenóis têm despertado interesse por sua ação moduladora da inflamação, uma vez que ensaios clínicos randomizados têm fornecido evidências de que dietas ricas em polifenóis promovem efeitos sobre a redução de marcadores inflamatórios, como IL-6, TNF e PCR-us, e a melhora de parâmetros cardiometabólicos, como pressão arterial, perfil lipídico e glicemia (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010). Entre os padrões alimentares destacados, a dieta mediterrânea se sobressai como um exemplo prático de um padrão alimentar naturalmente rico em polifenóis, devido ao elevado consumo de vegetais, frutas, leguminosas, azeite de oliva, nozes e vinho tinto (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

Além dos polifenóis, outros compostos bioativos presentes nos alimentos de origem vegetal, como os NO_3^- , também têm despertado interesse por suas propriedades vasodilatadoras e cardioprotetoras, reforçando a importância de padrões alimentares ricos em alimentos de origem vegetal para a promoção da saúde e prevenção das doenças cardiovasculares (Clara *et al.*, 2024).

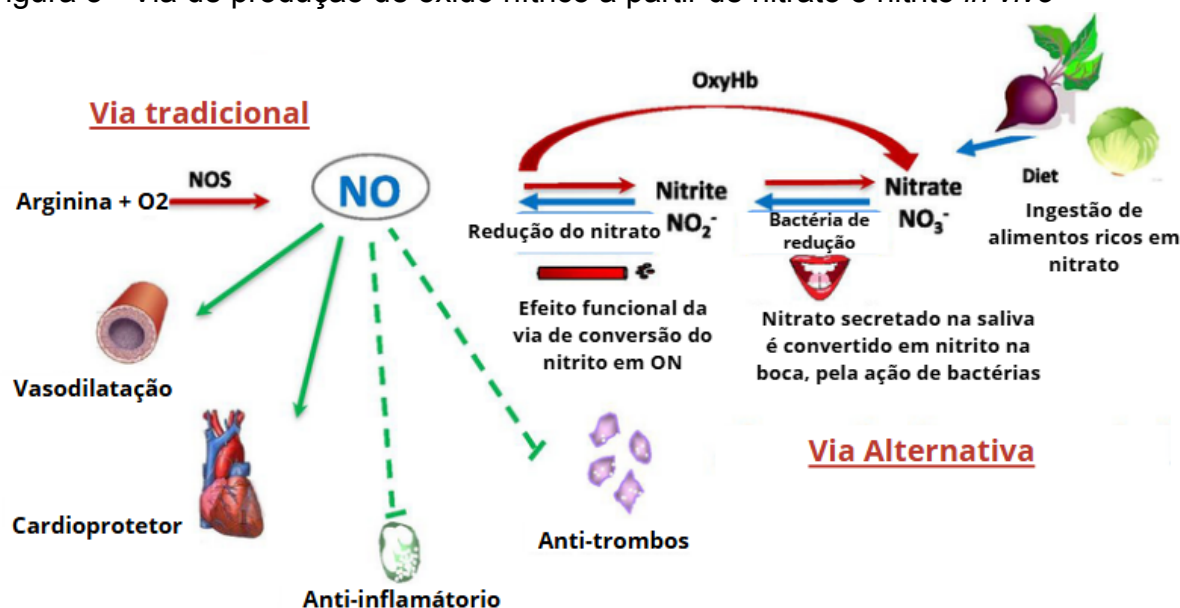
2.4 NITRATO NA SAÚDE CARDIOVASCULAR

O nitrato (NO_3^-) é um composto inorgânico natural, amplamente presente em plantas, água e solo, além disso, no organismo ele pode ser convertido em óxido nítrico (NO), um importante sinalizador biológico envolvido na vasodilatação e na regulação cardiovascular (Bondonno *et al.*, 2018).

A metabolização do NO_3^- no organismo humano ocorre por meio de vias enzimáticas e não enzimáticas, sendo fundamental para a manutenção da homeostase vascular e muscular (Chirinos; Zamani, 2016). O NO_3^- , obtido principalmente pela alimentação, pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-) e posteriormente convertido em NO (Kapil *et al*, 2020). Em condições fisiológicas normais, a síntese de NO depende principalmente da ação da enzima óxido nítrico sintase (NOS), no entanto, em situações de hipóxia (baixa disponibilidade de oxigênio) ou acidose (diminuição do pH sanguíneo), a atividade da NOS é comprometida, e mecanismos alternativos são ativados para garantir a produção de NO (Chirinos; Zamani, 2016).

Nesse contexto, destaca-se a via nitrato–nitrito–NO, na qual a enzima desoxi-hemoglobina e outras enzimas redutoras assumem o papel de catalisadores da conversão do NO_3^- em NO_2^- e, posteriormente, em NO (Ivy, 2019). Essa via, independente da NOS, apresenta relevância clínica e fisiológica, pois assegura a disponibilidade de NO mesmo em situações adversas ao metabolismo tradicional, além disso, o NO gerado atua diretamente na regulação do fluxo sanguíneo e da função muscular, promovendo benefícios como a redução da pressão arterial, a dilatação dos vasos sanguíneos, a proteção do endotélio, o retardo de processos relacionados à aterosclerose e o fortalecimento do miocárdio, como exemplificado pelo esquema abaixo (Figura 3) (Ivy, 2019).

Figura 3 - Via de produção de óxido nítrico a partir de nitrato e nitrito *in vivo*



Fonte: Elaborado pela autora (2025), adaptado de Kapil *et al*. (2020). NOTA: O_2 , Oxigênio; NOS, enzima óxido nítrico sintase; NO, óxido nítrico; OxyHb, oxiemoglobina.

Estudos destacam que a via metabólica do NO_3^- dietético, com sua conversão sequencial em NO_2^- e posteriormente em NO , desempenha papel essencial na regulação da pressão arterial e na proteção vascular (Mattos *et al.*, 2023). Dois estudos clínicos realizados com pacientes hipertensos e atletas, suplementados com o suco de beterraba rico em NO_3^- , resultaram na melhora da pressão arterial e resistência cardiovascular, respectivamente, demonstrando que a suplementação, especialmente por meio de vegetais como a beterraba, promove vasodilatação, melhora da função endotelial, aumenta a perfusão miocárdica e reduz a pressão arterial, com impacto significativo na prevenção de eventos cardiovasculares (Mattos *et al.*, 2023; Domínguez *et al.*, 2017).

Os NO_3^- podem ser classificados de acordo com sua origem, o que influencia diretamente seus efeitos no organismo, sendo que quando provenientes de fontes vegetais naturais, como espinafre, rúcula, alface e beterraba, estão associados a benefícios à saúde, principalmente a cardiovascular (Bondonno *et al.*, 2018). Já os NO_3^- de fontes industrializadas ou contaminadas, usados pelas indústrias para conservação dos alimentos como salsichas, carnes frias e carnes curadas, ou presentes na água poluída e outros produtos, oferecem riscos, pois podem levar à formação de nitrosaminas, compostos potencialmente carcinogênicos (Archer, 2002).

A concentração de NO_3^- nos diferentes alimentos apresenta ampla variação, podendo oscilar de níveis muito baixos (<200 mg/kg) até valores bastante elevados (>2500 mg/kg) (Milton-Laskibar *et al.*, 2021). Essa variação depende, sobretudo, do tipo de alimento, do solo e das condições de cultivo (Bescós *et al.*, 2015). Na Tabela 1, a seguir, é possível visualizar exemplos dessa distribuição em ordem crescente de concentração.

Tabela 1 - Classificação de diferentes vegetais e frutas de acordo com o teor de nitrato

Muito Baixo(< 150 mg/kg)	Baixa(200-500 mg/kg)	Médio(500-1000 mg/kg)	Alto(1000-2500 mg/kg)	Muito Alto(>2500 mg/kg)
Alho, Alcachofra, cebola, Melão, Pera, Batata, Tomate	Chicória, Brócolis, Couve-Flor, Cenoura, Pepino	Repolho, Nabo	Escarola, Alho-poró, Salsa, Raiz de Aipo	Beterraba, Espinafre, Alface, Rabanete, Aipo, Acelga

Fonte: Milton-Laskibar *et al.* (2021).

Segundo Milton-Laskibar *et al.* (2021), a ingestão média de NO_3^- pode variar de país para país, devido às suas condições de plantio, biodisponibilidade, latitude e composição alimentar, estimando-se que a ingestão média de NO_3^- nos Estados Unidos seja de 40–100 mg/dia, enquanto na Europa é de 50–180 mg/dia. De acordo com dados relatados neste estudo de Milton-Laskibar *et al.* (2021), a ingestão de NO_3^- tende a ser menor em países europeus de latitudes do norte, como Noruega (31 mg/dia), Suécia (48 mg/dia) ou Dinamarca (50 mg/dia), enquanto é maior em países mais ao sul, como França (121 mg/dia).

Em contrapartida, a ingestão de NO_3^- dietético, proveniente de fontes vegetais ou em forma de aditivo alimentar, pela população brasileira encontra-se abaixo do valor de Ingestão Diária Aceitável (IDA) estabelecido pela FAO/OMS, que é de 3,7 mg/kg de peso corporal/dia (WHO, 2003). Em estudo conduzido no Rio Grande do Sul com 1.970 participantes, a ingestão média estimada foi de 0,12 mg/kg/dia, representando apenas 2,31% da IDA; entre os consumidores de produtos contendo aditivos com NO_3^- , esse valor chegou a 0,13 mg/kg/dia (2,55% da IDA) (Pereira *et al.*, 2024).

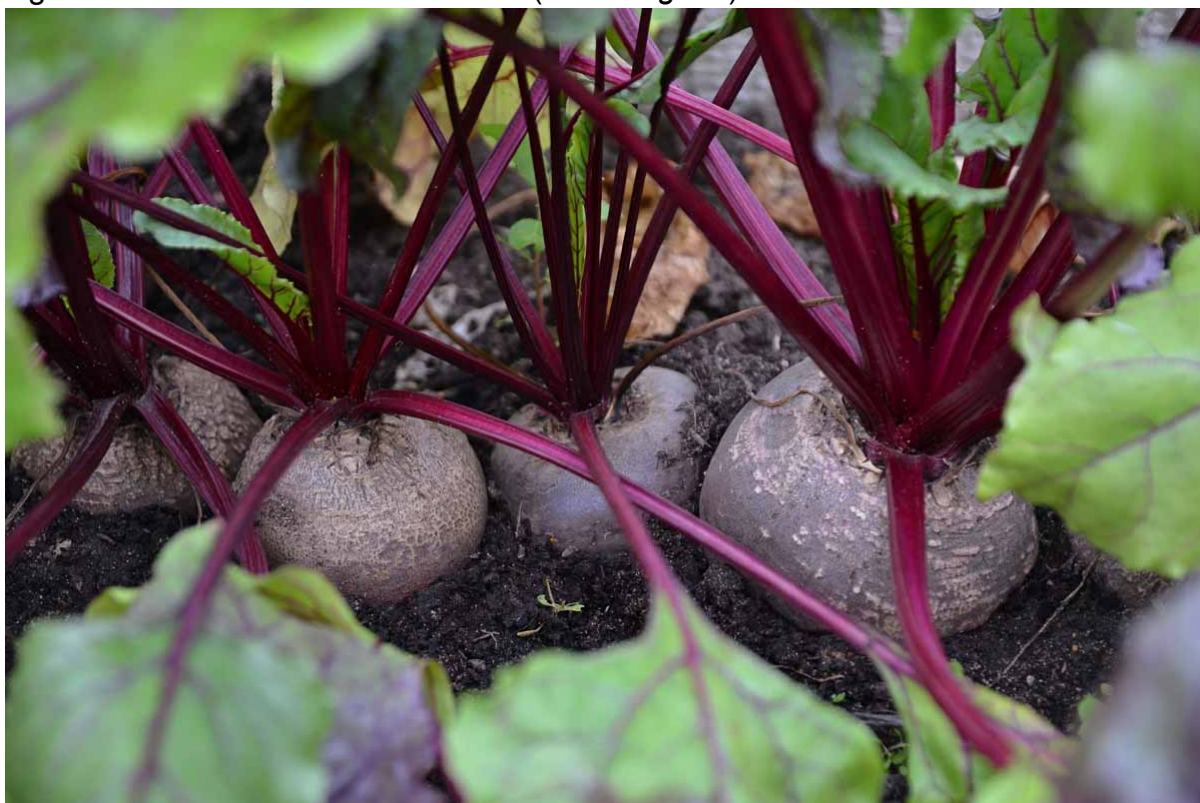
De forma complementar, estimativas nacionais baseadas em dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) mostraram que a ingestão teórica média de NO_3^- na dieta brasileira varia entre 0,4 e 0,9 vezes a IDA, ou seja, de 40% a 90% do limite aceitável (Souza *et al.*, 2023). Esses achados indicam que a ingestão de NO_3^- , tanto proveniente de aditivos alimentares quanto de alimentos naturalmente ricos neste composto, permanece dentro de níveis considerados seguros para a população brasileira (Souza *et al.*, 2023).

Cabe ressaltar que a ingestão de NO_3^- proveniente de vegetais pode ser considerada uma estratégia nutricional segura e eficaz para a promoção da saúde cardiovascular, tanto pela melhora da função endotelial e da regulação da pressão arterial, quanto pela proteção contra desfechos ateroscleróticos, desde que dentro dos limites de ingestão estabelecidos por organismos internacionais (WHO, 2003; Bondonno *et al.*, 2018; Benjamim *et al.*, 2022).

2.5 SUCO DE BETERRABA

A *Beta vulgaris*, popularmente conhecida como beterraba, como apresentado na figura abaixo (Figura 4), pertence à família Chenopodiaceae e é amplamente cultivada e consumida em diferentes regiões do mundo, além de que sua relevância alimentar destaca-se pela presença de compostos bioativos, como betalaínas (betacianinas e betaxantinas), polifenóis e nitrato (Dos Santos Baião *et al.*, 2017). Também apresenta minerais, como potássio, sódio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês (Chhikara *et al.*, 2019).

Figura 4 - Raiz e folhas de beterraba (*Beta vulgaris*)

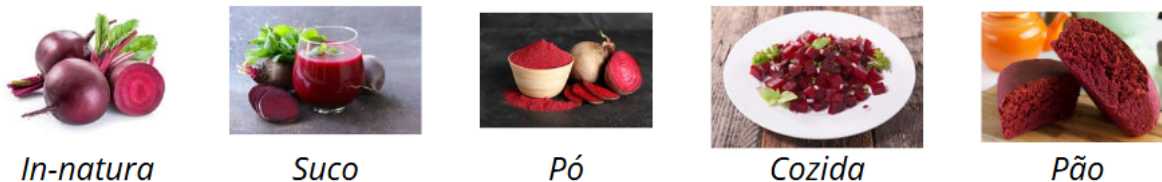


Fonte: Gardeners Path (2020).

O consumo da beterraba ocorre em variadas formas: *in-natura*, suco, pó, pão, gel, cozida, assada, em conserva, purê ou processada em geleia (Figura 5), o que contribui para sua inserção como ingrediente em diversos produtos alimentícios (Morgado *et al.*, 2016; Punia Bangar *et al.*, 2022). Culturalmente, a beterraba é incorporada de maneiras distintas nas dietas regionais, como no Sul, que é comum em saladas e pratos cozidos, enquanto no Nordeste, seu uso é mais limitado, refletindo diferenças nos hábitos alimentares e na disponibilidade de produtos (Verified Market Reports, 2024). Essa diversidade no consumo destaca a

importância de estratégias regionais para promover o consumo de beterraba, considerando as preferências locais (Verified Market Reports, 2024).

Figura 5 - Formas de comercialização da beterraba



Fonte: Elaborada pela autora (2025), com base em Morgado *et al.* (2016), Punia Bangar *et al.* (2022) e Verified Market Reports (2024).

A variedade mais comum (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*, grupo Conditiva) é cultivada principalmente por suas raízes tuberosas vermelhas ou roxas, embora existam variedades amarelas ou listradas, trata-se de uma planta bianual cultivada como anual, podendo atingir até 1,2 m de altura em condições ideais (Tivelli, 2007).

As beterrabas estão disponíveis ao longo do ano, sendo um vegetal de clima frio, mas resistente a temperaturas elevadas, com faixa ótima de cultivo entre 15 °C e 19 °C, temperaturas mais baixas favorecem a produção de betalaínas, responsáveis pela coloração vermelho-escuro característica do vegetal, além de apresentar função antioxidante (Chhikara *et al.*, 2019). O tempo de colheita varia de 75 a 90 dias no verão e de 100 a 120 dias no inverno, com rendimento influenciado por fatores como fertilização, clima, doenças e variedade cultivada (Chhikara *et al.*, 2019).

No Brasil, estudos têm caracterizado sua composição físico-química, Muniz (2023), por exemplo, descreveu a composição centesimal do suco de beterraba crua *in natura*, destacando seu perfil nutricional relevante.

Tabela 2 - Composição centesimal (g/100g) e características físico-químicas do suco da beterraba crua *in natura*

Quantidade por porção	Valores (%)
Resíduo mineral fixo	0,60%
Umidade	88,78%
Acidez total	1,18%
Acidez em ácido cítrico	0,08%
pH	6,24%

Quantidade por porção	Valores (%)
Proteínas totais	0,76 g/100g
Lipídeos totais	0,54%
Açúcares totais em alimentos	7,9%

Fonte: Muniz (2023).

Pesquisas também têm avaliado o teor de NO_3^- e NO_2^- no suco de beterraba, exemplificado por Bescós *et al.* (2015), que observou variações significativas de acordo com a espécie, o tipo de cultivo, o processamento e as condições ambientais: em amostras comerciais não concentradas, o teor de NO_3^- foi, em média, $34 \pm 20\%$ menor no inverno em comparação ao verão, enquanto o NO_2^- apresentou concentrações médias de $0,097 \pm 0,01$ mg/mL em sucos artesanais, valores geralmente $< 0,1$ mg/mL nos comerciais.

As betalaínas são pigmentos hidrossolúveis localizados nos vacúolos das células vegetais e classificam-se em duas subclasses principais: betacianinas, responsáveis pela coloração vermelho-violeta, e betaxantinas, que conferem tonalidades amarelas a alaranjadas (Sadowska-Bartosz; Bartosz, 2021). Na beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.), a concentração total desses pigmentos pode variar entre 200 e 2100 mg/kg de peso fresco, sendo mais elevada na camada externa da raiz (casca) e diminuindo progressivamente em direção ao seu interior, destacando ainda que a beterraba apresenta elevada viabilidade como fonte natural desses compostos, podendo produzir, de forma economicamente acessível, até cerca de 0,5 g de betanina por kg de raiz (Sadowska-Bartosz; Bartosz, 2021).

Do ponto de vista funcional, as betalaínas possuem acentuadas propriedades antioxidantes, uma vez que seus componentes estruturais: um grupo fenólico e uma amina cíclica, atuam como bons doadores de elétrons (Sadowska-Bartosz; Bartosz, 2021). Nesse contexto, o ácido betalâmico, presente na estrutura das betalaínas, apresenta valor de Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC) estimado de $2,7 \pm 0,2$ no ensaio com ABTS• em pH 7,0, além disso, estudos demonstram que, no ensaio de sequestro do radical ABTS•, tanto as betacianinas quanto as betaxantinas exibem maior atividade anti radical em pH neutro e básico, quando comparadas ao pH ácido, indicando que as formas desprotonadas são as principais

responsáveis pelas propriedades antioxidantes das betalaínas (Sadowska-Bartosz; Bartosz, 2021).

O mercado de suco de beterraba funcional no Brasil apresenta um potencial de crescimento significativo, impulsionado pela crescente conscientização dos consumidores sobre os benefícios à saúde, como a melhoria da saúde cardiovascular e o desempenho atlético aprimorado, como é o caso da empresa brasileira “Do Bem”, que têm investido na produção de sucos naturais e funcionais, ampliando a oferta e a acessibilidade desse produto no mercado nacional (Verified Market Reports, 2025).

Devido às suas propriedades funcionais e benefícios à saúde, especialmente no sistema cardiovascular, a popularidade do suco de beterraba tem aumentado globalmente, com crescimento anual estimado de 5% no consumo em diferentes mercados (Zamani *et al.*, 2020), como é o caso do mercado global na Europa, Rússia, Estados Unidos, China, entre outros. Esse mercado, embora diversificado, engloba o consumo da beterraba, seja como fonte de produção da sacarose ou no consumo como produto vegetal de mesa (Zamani *et al.*, 2020). Embora existam evidências de que uma parcela significativa da população consome beterraba semanalmente (saladas ou cozida) e que a produção e comercialização sejam expressivas em estados como São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e Goiás, não há até o momento dados nacionais recentes que quantifiquem a frequência ou distribuição do consumo de beterraba ou suco de beterraba por regiões, faixa etária ou renda (Zamani *et al.*, 2020).

Esses achados reforçam que o suco de beterraba é uma fonte rica de NO_3^- dietético (podendo atingir até 1.400 mg/L), o qual é convertido em NO_2^- e posteriormente em NO no organismo (Bescós *et al.*, 2015). Associados a compostos bioativos como betalaínas, polifenóis e minerais, conferindo ao suco de beterraba um papel de destaque como alimento funcional no manejo da hipertensão e de outras doenças cardiovasculares (Chen *et al.*, 2021). Cabe destacar que a ampla diversidade de formas de consumo, aliada ao crescente interesse do mercado por produtos funcionais, reforça a importância da beterraba tanto do ponto de vista nutricional quanto socioeconômico (Chen *et al.*, 2021).

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a caracterização da composição nutricional e avaliar a capacidade antioxidante do suco de beterraba (*Beta vulgaris*) concentrado comercializado, cuja a produção é realizada por *James White Drinks Ltd*, Ipswich, Reino Unido, como demonstrado na figura 6 abaixo.

Figura 6 - Embalagem suco de beterraba concentrado comercializado



Fonte: Beet It sport, 2025.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a composição centesimal do suco de beterraba concentrado;
- Determinar a quantidade de polifenóis totais do suco de beterraba concentrado;
- Avaliar a capacidade antioxidante do suco de beterraba concentrado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO DO MATERIAL DE ESTUDO

O suco concentrado de beterraba utilizado no presente trabalho comercializado sob o nome de *Beet It Sport* foi uma doação obtida do distribuidor exclusivo no Brasil, a empresa Nutrimex, localizada na Rua General Mário Tourinho, 1746 – 16º andar – Bigorrrilho – Curitiba – PR 80740-000.

As análises da composição centesimal e capacidade antioxidante do suco de beterraba concentrado foram realizadas nos Laboratórios da Escola de Nutrição, sendo eles o Laboratório de Bromatologia, Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Análise de Alimento e Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Bioquímica Nutricional e Biologia Molecular (BIONUT), utilizando 5 amostras comerciais do suco concentrado de beterraba “*Beet It Sport*”, produzido no Reino Unido e distribuído no Brasil pela empresa Nutrimex. Após o recebimento, as amostras, todas do mesmo lote, foram armazenadas em embalagens escuras e em temperatura refrigerada, de acordo com a metodologia a ser aplicada: as 3 amostras destinadas a composição centesimal foram armazenadas à temperatura ambiente, e as 2 amostras destinadas à análise da capacidade antioxidante foram armazenadas à -20 °C.

4.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Determinação da composição centesimal de um alimento é a forma básica de expressar o valor nutritivo e/ou calórico de uma amostra, sendo neste trabalho, a amostra em estudo um suco concentrado de beterraba, e as análises foram conduzidas de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolf Lutz (2008), sendo realizadas em triplicata para a determinação dos teores de umidade, lipídios, proteínas, cinzas, fibras alimentares e carboidratos.

4.2.1 Preparo da amostra

Inicialmente, 3 amostras do suco concentrado de beterraba foram colocadas em um balão volumétrico, para retirada majoritária da água pelo uso do Rotavapor (BUCHI, R210/215). A análise foi iniciada com rotação em 220 °C, diminuindo 15 graus a cada 5 minutos, até atingir 70 °C e estabilizar a amostra. Após 1 hora, observou-se a extração majoritária da água, até que a amostra inicial assumisse uma textura viscosa.

4.2.2 Determinação de umidade

A determinação de umidade consiste na quantificação de água total presente em uma amostra. Para determinação de umidade da amostra foi aplicado o método gravimétrico de secagem em estufa simples.

Para início da secagem em estufa, 3 conjuntos de Placas de Petri foram lavadas e secas em estufa simples à 105 °C (TE39312, Tecnal, Brasil) por 1 hora, e deixadas no dessecador por 30 minutos. Após esse tempo, cada conjunto foi pesado em balança analítica calibrada (AY220, Shimadzu, São Paulo, Brasil) e reservados.

A amostra concentrada viscosa foi distribuída nas placas de Petri, em aproximadamente 5 g. As placas foram colocadas tampadas dentro da estufa simples (Tecnal) e, com auxílio de papel toalha, as tampas foram retiradas ainda dentro da estufa, evitando perda de umidade ao ambiente. O processo de secagem foi conduzido por rampas de temperatura, iniciando-se a 90 °C, com aumento de 5 °C a cada 30 minutos, até atingir 105 °C, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de secagem, na estufa simples, das amostras

Secagem	Tempo (Horas)
1º	3h
2º	2h
3º	3h
4º	3h

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Após cada etapa, as placas foram fechadas ainda no interior da estufa e dispostas em um dessecador por 30 minutos, até atingirem temperatura ambiente, para que pudessem ser pesadas. O aquecimento e resfriamento das amostras foi realizado até a obtenção de peso constante, totalizando 13 horas de aquecimento, sendo assim obtido o peso final da análise, com o auxílio da balança analítica calibrada (Shimadzu).

O peso da umidade (quantidade total de água) consiste no peso perdido durante a análise, ou seja, a diferença entre a amostra e o peso restante, que representa os sólidos totais. Para isso a obtenção do percentual de umidade do suco de beterraba, o cálculo foi realizado por meio da equação abaixo:

$$\%Umidade = \frac{[(\text{Peso da vidraria} + \text{Peso Amostra Concentrada (g)}) - \text{Peso Final (g)}]}{\text{Peso Amostra Concentrada}} \times 100$$

4.2.3 Determinação das cinzas

A determinação de cinzas, também denominada resíduo mineral fixo, tem por objetivo quantificar a fração inorgânica remanescente após incineração completa da matéria orgânica. Esse parâmetro indica o teor total de minerais no alimento. A determinação de cinzas totais, ou determinação de resíduo fixo por incineração, foi realizada em triplicata, por meio do aquecimento da amostra seca a 550-570 °C em forno do tipo mufla (206, Fornitec, São Paulo, Brasil).

Primeiramente, 3 cadinhos de porcelana, previamente enumerados e calcinados à 550 °C em forno tipo mufla (Fornitec) e resfriados em dessecador até atingir a temperatura ambiente, foram pesados em balança analítica calibrada (Shimadzu).

Em seguida, pesou-se cerca de 2 g da amostra seca, em uma balança analítica calibrada (Shimadzu). Assim, o conjunto composto por cadinho e amostra seca foi colocado no forno tipo mufla (Fornitec), realizando-se uma rampa de temperatura até a obtenção de 550 °C. Ao final da análise, as amostras apresentaram coloração acinzentada, indicando incineração de toda matéria orgânica.

Os cadinhos contendo as cinzas foram levadas ao dessecador até que atingissem a temperatura ambiente e, novamente, pesados em balança analítica calibrada (Shimadzu). O cálculo para a obtenção do percentual de cinzas totais do suco de beterraba foi realizado por meio da equação abaixo:

$$\%Cinzas Totais = \frac{[(\text{Peso dos cadinhos} + \text{Peso Amostra Seca(g)}) - \text{Peso Final (g)}]}{\text{Peso Amostra Seca(g)}} \times 100$$

4.2.4 Determinação de lipídeos

A determinação de lipídeos é baseada no método de extração com solvente orgânico, que remove compostos lipofílicos da amostra. O objetivo é quantificar o extrato etéreo.

A análise foi realizada em triplicata com a amostra seca, sendo pesados 4 g em cada um dos três cartuchos de celulose apropriados, forrados e cobertos por uma camada de algodão. Os cartuchos foram colocados no extrator tipo Soxhlet,

acoplado a balões, contendo 5 pérolas de vidro, previamente limpos, secos em estufa simples à 105 °C (Tecnal), e pesados em balança analítica calibrada (Shimadzu).

Com a adição de 150 ml de solvente orgânico éter de petróleo, o conjunto foi ligado ao extrator. Ao ser aquecido o solvente éter de petróleo passa pelo cartucho e extrai os lipídeos presentes na amostra, que se depositam no balão volumétrico. Após essa etapa, que durou 9 horas, foi realizada a evaporação do solvente orgânico na estufa simples à 105 °C (Tecnal) e obteve-se como produto os lipídeos totais presentes na amostra.

O teor de lipídeos presentes no suco de beterraba foi obtido a partir da fórmula abaixo:

$$\% \text{Lipídeos} = \frac{\text{Peso Final da análise} - \text{Peso inicial dos balões com pérolas de vidro}}{\text{Peso da Amostra}} \times 100$$

4.2.5 Determinação de fibras

A determinação de fibra alimentar total engloba a fração de polissacarídeos não digeríveis e lignina, constituindo a fração indigerível do alimento. O método enzimático-gravimétrico permite quantificar fibras solúveis, insolúveis e totais, sendo amplamente aceito para fins de análise nutricional.

No dia anterior ao início da análise, 12 cadinhos porosos de porcelana, possuindo 1 g de celite (Dinâmica, São Paulo, Brasil), foram identificados, levados a estufa simples à 105 °C (Tecnal), por 15 horas, e pesados em balança analítica calibrada (Shimadzu), após atingirem temperatura ambiente em um dessecador.

Para esta análise foram utilizadas amostras secas e desengorduradas, para o preparo foram utilizados 6 béqueres de 500 mL, previamente higienizados e identificados, sendo que, em 4 deles pesou-se cerca de 1 g da amostra e os outros 2 representaram os brancos da análise, sem a presença de amostra. Após, adicionou-se, em todos os béqueres, tampão fosfato 80 mM para obter pH de 6, e 0,1 mL de enzima amilase. Todos foram tampados com papel alumínio e colocados em banho maria (Solab) por 15 minutos à 90 °C.

Após esse tempo, os béqueres foram resfriados em água à temperatura ambiente e, com o auxílio do pHmetro calibrado (Mod: WB3, Bel engineering) e da solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, o pH foi ajustado para a faixa de 7,3 a 7,7. Logo, adicionou-se 0,1 mL de enzima protease nos béqueres, os quais

foram mantidos em banho maria por 30 minutos à 60 °C, agitando-os no intervalo de 5 minutos cada.

Ao final do tempo, resfriou-se novamente os béqueres a temperatura ambiente e ajustou-se o pH, com o auxílio do pHmetro e solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/L FC, para a faixa de 3,5 a 4,5. Assim, foi acrescentado aos béqueres 0,2 mL da amilase do tipo amiloglucosidade (AMG), o qual foram aquecidos à 60 °C por 30 minutos, agitando a cada 5 minutos cada, sendo resfriados até a temperatura ambiente logo em sequência. Após a ação das enzimas, iniciou-se a filtração a vácuo.

Frascos de kitassatos de 500 mL foram acoplados a bomba a vácuo (Mod: 40 AMP, Air Med, Brasil) juntamente com os cadinhos porosos de porcelana. Com o auxílio de etanol 78% (Proquimios, Rio de Janeiro, Brasil), o celite presente nos cadinhos foi distribuído de maneira uniforme e essa etapa foi iniciada, realizando a filtração do conteúdo presente em cada béquer, obtendo as fibras insolúveis, minerais e proteínas. O produto retido no kitassato foi reservado em béqueres de 500 mL. O material retido no cadinho foi destinado para a estufa simples à 105 °C (Tecnal) por 1 hora. Após a secagem, os cadinhos foram destinados ao dessecador, para atingirem a temperatura ambiente e, posteriormente, foram pesados em balança analítica calibrada (Shimadzu).

Metade do material, ou seja, dois cadinhos contendo a amostra do suco de beterraba e um branco, foi destinado para a análise de proteína por meio do método de Kjeldahl e, na outra metade, foi realizada a análise de cinzas por incineração.

Após a obtenção dos resultados de cinzas, proteína, branco e fibras insolúveis, referentes a primeira filtração, o percentual de fibras insolúveis presente na amostra do suco concentrado de beterraba seca e desengordurada foi calculada por meio do seguinte cálculo:

$$\text{Fibras Insolúveis} = \text{Fibras insolúvel retida} - (\text{cinzas} + \text{proteína} + \text{branco})$$

No produto restante da filtração, retido no kitassato e vertido em outros 6 béqueres de 500 mL, foram acrescentados 350 mL de etanol 95% e foram tampados com papel alumínio. O conteúdo foi deixado em overnight em temperatura ambiente para obter a formação de um precipitado, as fibras solúveis. No dia seguinte, realizou-se a última etapa da filtração, com o auxílio da bomba a vácuo, kitassato e cadinho contendo uma camada de celite, conforme a primeira filtração. Ao final da

filtração, cada béquer foi lavado com 60 mL de etanol 78%, 20 mL de etanol 95% e, por último, 30 mL de acetona (Alphatec, São Paulo, Brasil). O material retido foi destinado para secagem em estufa simples a 105 °C (Tecnal) por 1 horas, e após a secagem foram levados ao dessecador para atingirem a temperatura ambiente para posterior pesagem.

Continuando, metade dos cadinhos, sendo 2 contendo a amostra do suco de beterraba e 1 branco, foram destinados à análise de proteína e a outra metade para a análise de cinzas. Após as análises e a obtenção dos resultados, foi calculado a presença de fibras solúveis em cerca de 4 g da amostra seca e desengordurada, conforme a equação abaixo:

$$\text{Fibras Solúveis} = \text{Fibras solúvel retida} - (\text{cinzas} + \text{proteína} + \text{branco})$$

Os resultados das fibras insolúveis e solúveis referem-se à amostra de suco concentrado de beterraba seca e desengordurada. A partir do percentual obtido nesta amostra, foi possível determinar o teor correspondente em 100 mL do suco. Por fim, para obter as fibras totais, é realizada a somatória das fibras insolúveis e solúveis.

4.2.6 Determinação de proteínas

O método de Kjeldahl é utilizado para determinar o teor de nitrogênio total presente no alimento. A técnica consiste em três etapas: digestão, destilação e titulação, convertendo o nitrogênio orgânico em amônia. O teor de nitrogênio obtido é convertido em proteína bruta por meio de um fator de conversão 6,25, utilizado para alimentos de origem vegetal.

Para iniciar a etapa da digestão, pesou-se 0,5 g de amostra do suco de beterraba viscosa em tubos digestores, previamente preparados, em balança analítica calibrada (Shimadzu). Em seguida, foram adicionados 2,5 g de mistura catalítica, sulfato de cobre (Reagen, Paraná, Brasil) e sulfato de sódio (Alphatec, São Paulo, Brasil) e 10 mL de ácido sulfúrico (Synth, São Paulo, Brasil). O conjunto foi aquecido em bloco digestor (Gerhardt), elevando a temperatura gradativamente até atingir 350 °C. O final dessa etapa ocorre quando o conjunto obtém um líquido límpido e transparente, indicando digestão total da matéria orgânica e formação de sulfato de amônio.

A segunda etapa consiste na destilação, quando o tubo contendo a amostra digerida, obtido na etapa anterior, é acoplado ao destilador (Mod:TE0364,Tecnal, Brasil) que, aos poucos, adiciona hidróxido de sódio (NaOH) (Alphatec, São Paulo, Brasil) a 50% até que a mistura fique escurecida. Ao final, o destilado é recuperado no erlenmeyer receptor, acoplado ao equipamento, contendo 50 mL de ácido bórico (Dinâmica, São Paulo, Brasil) a 4% juntamente com 5 gotas do indicador misto de Tashiro.

Por fim, a última etapa consistiu na titulação, no qual o borato de amônio obtido na etapa anterior foi titulado com ácido clorídrico (HCl) (Isafor, Rio de Janeiro, Brasil) a 0,1 mol/L (fator de correção = 0,947), até o ponto de viragem, isto é, a alteração da coloração inicial amarelada para a coloração lilás/roxa. O percentual de proteína na amostra foi calculado por meio da sequência das equações descritas abaixo:

$$\text{Mol de Nitrogênio} = \text{Concentração de HCL}(\text{mol/L}) \times \text{Volume gasto de HCL}(\text{L})$$

$$\text{Massa de Nitrogênio} = \text{mol de Nitrogênio} \times \text{Massa Molar de Nitrogênio} (\text{g/mol})$$

$$\% \text{Nitrogênio} = \frac{\text{Massa de Nitrogênio} (\text{g})}{\text{Amostra de Guaraná}} \times 100$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrogênio} \times 6,25$$

4.2.7 Determinação de carboidrato

O percentual de carboidratos foi obtido por meio do método da diferença. Assim, a partir dos percentuais de umidade, cinzas totais, lipídeos, proteína e fibras totais, conforme as respectivas metodologias descritas anteriormente, subtraiu-se a somatória desses nutrientes do total, correspondente a 100% do suco de beterraba, conforme a equação abaixo:

$$\% \text{Carboidrato} = 100\% - \Sigma \text{CFLPU}$$

Sendo CFLPU: cinzas, fibras alimentares, lipídeos, proteína e umidade.

4.2.8 Determinação do valor energético

O valor energético do suco de beterraba, em 100 g da amostra, foi obtido por meio do Método de Atwater. Esse método baseia-se no uso de fatores de conversão

calóricos específicos para cada macronutriente: carboidrato, proteína e lipídios. A multiplicação foi feita pelos seus respectivos valores energéticos, sendo 4 kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 kcal/g para lipídios.

4.3 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para a análise da atividade antioxidante do suco de beterraba concentrado foi realizada a quantificação de polifenóis totais presente na amostra, pelo método *Folin-Ciocalteu*, captura do radical DPPH•, captura do radical ABTS•+ e Poder de Redução do Íon Ferro (FRAP), como descrito pela EMBRAPA (2007).

4.3.1 Preparo da amostra

Para o preparo da amostra para as análises da atividade antioxidante, 2 amostras do suco concentrado de beterraba passaram pelo processo de filtração à vácuo. Com o auxílio de um Funil de Buchner, forrado com um papel de filtro 6mm, as amostras foram filtradas em um Kitassato de 500 mL e, posteriormente, reservadas para utilização das análises antioxidantes.

4.3.2 Quantificação polifenóis totais

A quantificação dos polifenóis totais presentes no suco de beterraba foi realizada segundo a metodologia colorimétrica de Folin-Ciocalteu. Esse método baseia-se na reação entre compostos fenólicos e o reagente *Folin-Ciocalteu*, sendo ele uma mistura dos ácidos fosfotúngstico ($H_3PW_{12}O_{40}$) e fosfomolibdico ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Na presença desses compostos, ocorre a oxidação, enquanto os componentes do reagente são reduzidos, formando os óxidos azulados de tungstênio (W_8O_{23}) e molibdênio (Mo_8O_{23}), responsáveis pela coloração característica da reação.

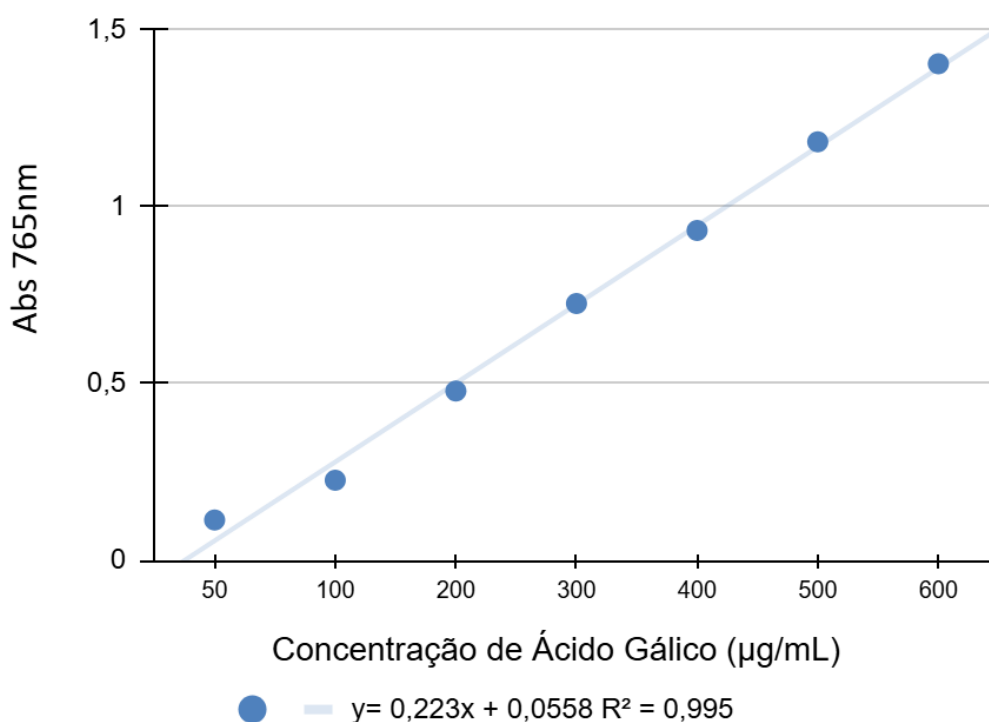
Para a construção da curva padrão, inicialmente preparou-se a solução-mãe de ácido gálico por meio da dissolução de 100 mg do padrão (Sigma) em água destilada, completando-se o volume para 100 mL em balão volumétrico, seguido de homogeneização. A partir dessa solução, obteve-se uma segunda solução-mãe, diluindo-se 5 mL da primeira em balão de 50 mL com água destilada. A partir dessas soluções foram preparadas as concentrações padrão de ácido gálico (50, 100, 200, 300, 400, 500 e 600 µg/mL) utilizadas na construção da curva.

Em seguida, preparou-se a solução de carbonato de cálcio (CaCO_3) a 7%, diluindo-se 7 g do reagente (Amresco) em água destilada até completar 100 mL, com posterior homogeneização e identificação. Para as análises, em microtubos de 1,5 mL foram adicionados: 50 μL de água destilada ou da solução padrão (ácido gálico) ou da amostra do suco de beterraba diluído a 100x, 150x e 200x; e em todos os tubos adicionou-se 450 de água destilada e 50 μL do reagente *Folin-Ciocalteu* (Sigma Aldrich).

Após agitação em vórtex, os tubos permaneceram em repouso por 5 minutos. Posteriormente, adicionaram-se 500 μL da solução de carbonato de sódio 7% e mais 200 μL de água destilada, deixando-se a mistura reagir por 90 minutos, em ambiente escuro. Finalizado o tempo de incubação, as amostras foram transferidas para microplacas, e as leituras das absorbâncias foram realizadas a 765 nm em leitor de placas (Epoch; BioTeck Instruments, São Paulo, Brasil).

Para o cálculo da concentração de polifenóis totais, elaborou-se um gráfico no Microsoft Excel utilizando as absorbâncias obtidas e as concentrações da curva padrão. A regressão linear permitiu determinar a equação da reta e o coeficiente de determinação R.

Figura 7 - Curva Padrão referente ao ácido gálico para determinação de polifenóis totais do suco concentrado de beterraba



Por fim, por meio da equação da reta, o cálculo da quantidade de polifenóis totais presentes no suco de beterraba foi realizado, sendo, posteriormente, expresso em mg de Equivalentes de ácido gálico por 1 mL de amostra (mg EAG/mL).

4.3.3 Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH•

A determinação da atividade antioxidante total do suco de beterraba foi realizada pelo método DPPH, conforme descrito no Comunicado Técnico n.º 127 da Embrapa (2007). Esse método baseia-se na capacidade dos antioxidantes presentes na amostra de capturar o radical estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH•). Trata-se de um radical orgânico livre com elevada estabilidade na ausência de luz, amplamente utilizado devido à simplicidade, aplicabilidade e boa reprodutibilidade do procedimento. O princípio do ensaio envolve a transferência de elétrons: o radical DPPH• é reduzido a difenil-picril-hidrazina, ocasionando a mudança de coloração de violeta intenso para violeta claro. Embora a técnica tenha recebido várias adaptações ao longo dos anos, o procedimento adotado baseou-se na metodologia de Sánchez-Moreno *et al.* (1998), incorporando as modificações propostas pela Embrapa.

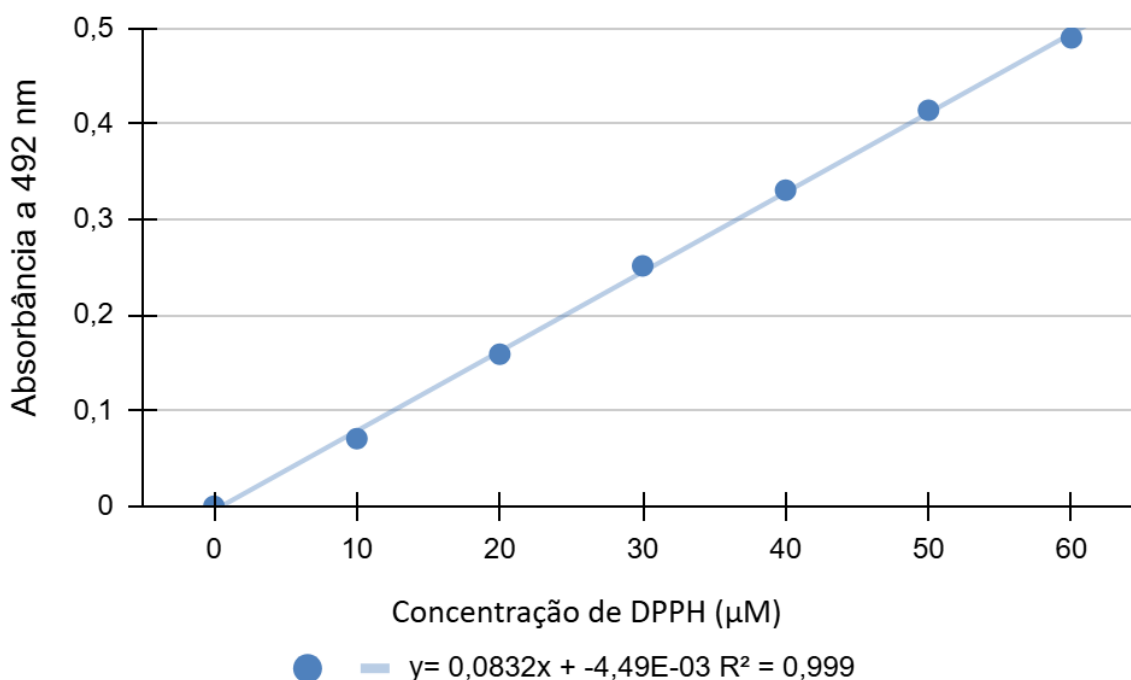
Inicialmente, prepararam-se as soluções necessárias. A solução controle foi obtida pela mistura de 100 mL de álcool metílico (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) a 50% com 40 mL de acetona (Neon) a 70% em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. Após homogeneização, a solução foi armazenada e devidamente identificada. A solução de DPPH (0,06 mM) foi preparada pela dissolução de 2,4 mg de DPPH• (Sigma) em álcool metílico, sendo gradualmente transferida para um balão volumétrico de 100 mL e completada com o mesmo solvente. A solução foi então homogeneizada, acondicionada em frasco âmbar e identificada. A solução de DPPH• deve ser sempre preparada no dia da análise. Foram também realizadas diluições do extrato aquoso do suco de beterraba nas proporções 1, 4, 6, 10, 12 e 15 vezes, em triplicata, utilizando água destilada.

Para obtenção da curva padrão, a solução inicial de DPPH• a 60 µM foi diluída em álcool metílico para preparar soluções de 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 µM. De cada diluição, retirou-se uma alíquota de 4 mL, que foi transferida para microplaca para leitura espectrofotométrica a 515 nm. O álcool metílico

correspondente à diluição de 0 μM DPPH• foi utilizado como branco para calibração do equipamento. Em seguida, em tubos de ensaio e em triplicata, foram adicionados 0,1 mL de cada diluição do extrato aquoso do suco de beterraba juntamente com 3,9 mL da solução de DPPH•, seguida de homogeneização em agitador de tubos. Além disso, utilizou-se uma solução controle contendo 0,1 mL de álcool metílico e 3,9 mL de DPPH• como branco da análise. Ambos foram submetidos à leitura de absorbância no espectrofotômetro a 515 nm, em intervalos de 15 minutos, até completar 75 minutos.

Os cálculos foram realizados no Microsoft Excel, utilizando os valores de absorbância e as concentrações da curva padrão para construir o gráfico correspondente. A regressão linear permitiu determinar a equação da reta e o coeficiente de determinação R.

Figura 8 - Curva Padrão de solução DPPH• feita para análise do suco concentrado de beterraba comercializado



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Finalizando, utilizando a equação linear obtida a partir da curva padrão, determinou-se a atividade antioxidante total da amostra de suco de beterraba, expressa em gramas de suco de beterraba por grama de DPPH•.

$$\frac{\text{g de suco de beterraba}}{\text{g de DPPH}\bullet} = \frac{(\text{IC50 (mg/L)} / 1000 \times 1)}{\text{g de DPPH}\bullet}$$

4.3.4 Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS+•

A determinação da atividade antioxidante no suco de beterraba foi realizada por meio do método do ABTS, que se baseia na captura do radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS+•), conforme descrito no comunicado técnico n° 128 da Embrapa (2007). O método consiste na captura da molécula de ABTS+• por antioxidantes, o que promove a diminuição da absorbância, ou seja, da coloração, passando de verde escura para verde clara.

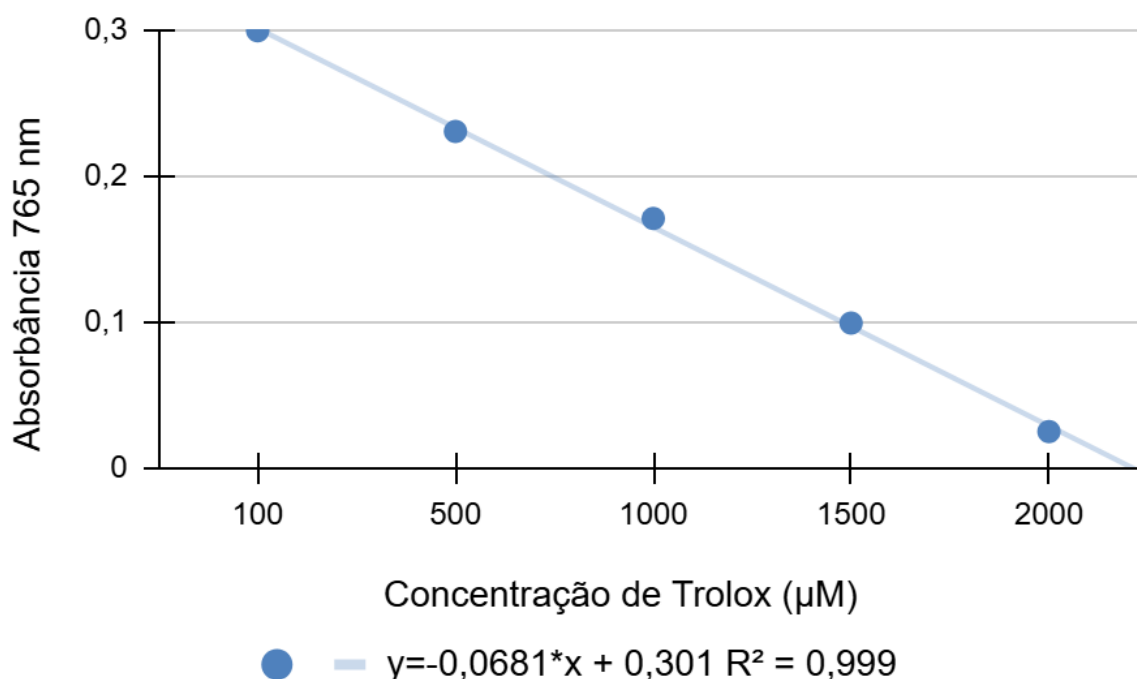
Inicialmente, foi preparada a solução de persulfato de potássio (Alphatec) com concentração de 140 mM, a partir da diluição de 378,4 mg de persulfato de potássio em água destilada, completando o volume até 10 mL em balão volumétrico. A solução foi homogeneizada, armazenada em frasco de vidro âmbar à temperatura ambiente e devidamente identificada. Posteriormente, a solução do radical ABTS+• foi obtida combinando 5 mL da solução estoque de ABTS+• (7 mM) com 88 µL da solução de persulfato de potássio. Essa solução também foi homogeneizada, identificada e armazenada em frasco âmbar, em ambiente escuro, por 16 horas.

No dia da análise, 1 mL da solução de ABTS+• preparada previamente foi diluída em álcool etílico até atingir absorbância de $0,70 \text{ nm} \pm 0,05 \text{ nm}$ a 734 nm. A solução de Trolox com concentração de 2 mM foi preparada no dia da análise, a partir da diluição de 25 mg de Trolox em álcool etílico (Neon, São Paulo, Brasil) até completar 50 mL em balão volumétrico, sendo homogeneizada, armazenada e identificada. Soluções de Trolox com concentrações de 100, 500, 1000, 1500 e 2000 µM foram preparadas em balões volumétricos de 10 mL. O suco de beterraba foi analisado tanto *in natura* quanto diluído 6, 10, 12, 15 e 20 vezes, em triplicata.

Para a análise das amostras, em tubos tipo Falcon, foram transferidos 30 µL de cada diluição do suco de beterraba e 3 mL do radical ABTS+•, sendo homogeneizados em agitador de tubos. O álcool etílico foi utilizado como branco para calibrar o espectrômetro. A leitura foi realizada 6 minutos após a mistura, no comprimento de onda de 734 nm.

Para os cálculos, foi construído um gráfico no Microsoft Excel utilizando os valores de absorbância e concentração da curva padrão. A regressão linear foi realizada, obtendo-se a equação da reta e o coeficiente de correlação (R) correspondente.

Figura 9 - Curva Padrão de análise do antioxidante Trolox, pelo método ABTS+, para determinação da atividade antioxidante no suco concentrado de beterraba



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Posteriormente, para determinar a atividade antioxidante total (AAT), seguiu-se a metodologia da Embrapa (2006), obtendo-se como resultado a quantidade de suco de beterraba necessária para reagir com uma quantidade conhecida de Trolox, sendo expressa em µM de Trolox por grama de suco de beterraba (porção analisada).

4.3.5 Determinação da atividade antioxidante total pela método de poder de redução do íon de ferro (FRAP)

A determinação da atividade antioxidante total pelo método de poder de redução do íon de ferro (FRAP), baseia-se no fato de que os compostos antioxidantes presentes na amostra são capazes de reduzir o complexo Fe^{3+} /tripiridiltriazina (TPTZ), em meio ácido, formando, consequentemente, Fe^{2+} , o qual apresenta coloração azul intenso, conforme descrito pelo Comunicado Técnico nº 125 da EMBRAPA (2006).

Desse modo, primeiramente realizou-se o preparo das soluções de acetato de sódio (Sigma, Aldrich), solução de TPTZ (Acros Organics, Nova Jersey, U.S.A) e de cloreto férrico (Alphatec), as quais poderiam ser armazenadas. Assim, a solução

tampão de acetato de sódio a 0,3 M (pH 3) foi preparada por meio da diluição de 1,55 g de acetato de sódio (Synth, São Paulo, Brasil) em 8 mL de ácido acético glacial (Neon, São Paulo, Brasil), em capela, tendo o volume completado para 500 mL com água destilada. Para a solução de ácido clorídrico (HCl), realizou-se a diluição de 1,67 mL da solução de HCl a 40 mM, ajustando o volume com água destilada para 500 mL. Para a solução de cloreto férrico a 20 mM (FeCl_3), diluiu-se 270 mg de FeCl_3 em água destilada até obter 50 mL, em balão volumétrico.

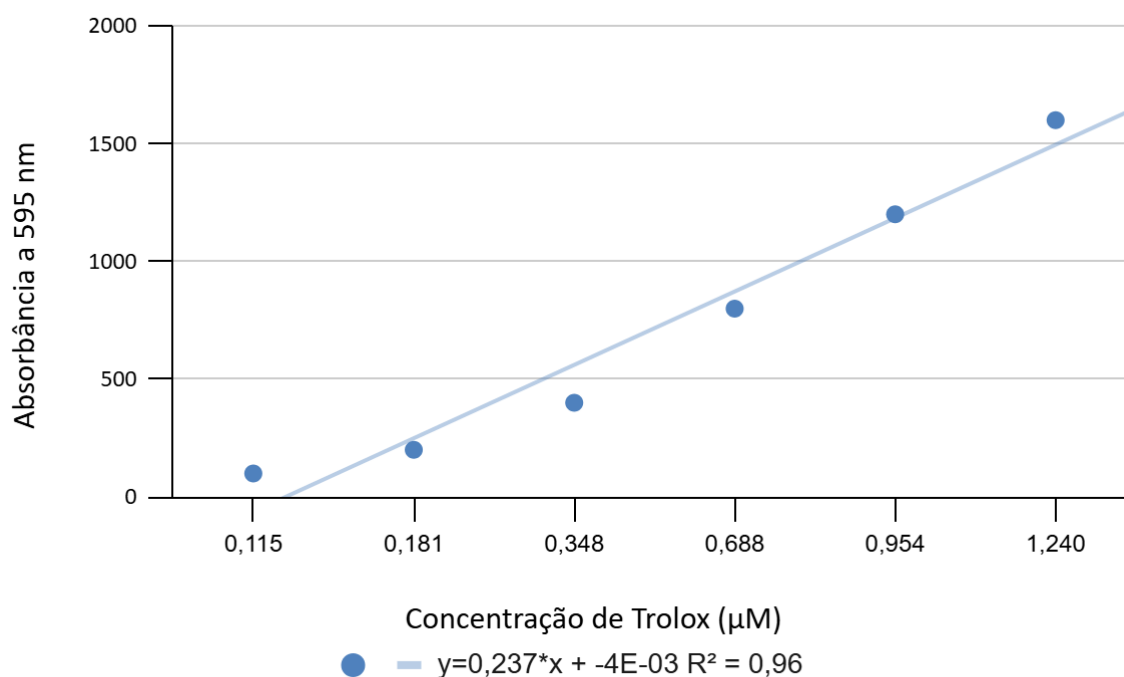
No dia do procedimento, foram preparadas as demais soluções necessárias. Para a solução de TPTZ, diluiu-se 78 mg de TPTZ em solução de HCl previamente preparada, até obter 25 mL em balão volumétrico. O reagente FRAP foi preparado misturando 2,5 mL da solução de FeCl_3 , 2,5 mL da solução de TPTZ e 25 mL da solução tampão de acetato de sódio, completando 30 mL.

Para a realização da curva padrão, a solução de Trolox 2 mM foi preparada a partir da diluição de 0,005 g de Trolox (Sigma Aldrich) em álcool etílico (Neon, São Paulo, Brasil) até completar 20 mL em balão volumétrico. As concentrações da curva padrão de Trolox foram: 100 mM, 200 mM, 400 mM, 800 mM, 1200 mM e 1600 mM.

Em seguida, utilizaram-se diferentes diluições do extrato aquoso do suco de beterraba: sem diluição (1x), diluído 2x, 4x e 10x. As diluições foram realizadas com água destilada, em triplicata. O procedimento final ocorreu em microtubos de 1,5 mL, adicionando-se 30 μL de cada diluição do extrato ou da curva padrão, 90 μL de água destilada e 900 μL do reagente FRAP, os quais foram homogeneizados em vórtex. Os microtubos contendo as soluções foram mantidos em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. Após esse tempo, as soluções foram transferidas para a microplaca (Epoch) e realizada a leitura da absorbância a 595 nm.

Para os cálculos, foi construído um gráfico no Microsoft Excel com os valores de absorbância e concentração da curva padrão de Trolox, realizando-se regressão linear para obter a equação da reta e o valor de R.

Figura 10 - Curva Padrão de análise do antioxidante Trolox, pelo método FRAP, para determinação da atividade antioxidante no suco concentrado de beterraba



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A partir da equação da reta, o cálculo da Atividade Antioxidante Total (AAT) foi realizado, sendo o resultado expresso em μmol de Equivalentes de Trolox por grama da amostra de suco de beterraba ($\mu\text{mol ET/g}$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Após a realização de todas as análises, como descrito acima, a seguinte tabela (Tabela 4) foi elaborada com os resultados obtidos.

Tabela 4 - Composição centesimal (g/100g) do suco da beterraba concentrado comercializado

Componentes	Composição centesimal (g/100g)*
Umidade(%)	79,4016 $\pm$ 4,4191
Cinzas(g)	2,4380 $\pm$ 0,0614
Proteína(g)	1,4258 $\pm$ 0,8188
Lipídios(g)	1,4526 $\pm$ 0,4973
Fibras Totais(g)	4,9865 $\pm$ 0,6163***
Fibras Insolúveis(g)	1,1222 $\pm$ 0,2994
Fibras Solúveis(g)	3,8642 $\pm$ 0,9332
Carboidrato(g)	10,9058**
Valor Energético(Kcal)	62,3999

*Dados expressos em média $\pm$ desvio padrão

** Dado realizado por meio da diferença

*** Somatória das fibras insolúveis e solúveis

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

O Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para sucos no Brasil estabelece os requisitos legais para a classificação e comercialização de bebidas de origem vegetal, conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Esses padrões têm respaldo na Lei nº 8.918/1994 e no Decreto nº 12.709/2025, que definem critérios gerais de identidade, qualidade, segurança e rotulagem para produtos vegetais. No entanto, até o momento, não existe um PIQ específico para o suco de beterraba, sendo este enquadrado como suco vegetal e submetido às exigências gerais aplicáveis a essa categoria (Brasil, 2018). Dessa forma, a avaliação da composição centesimal torna-se fundamental para caracterizar nutricionalmente o produto e verificar sua conformidade com a literatura científica.

No presente estudo, o teor de umidade do suco de beterraba concentrado foi de 79,40 $\pm$ 4,42%, correspondendo a aproximadamente 20,59 g de sólidos totais por

100 mL de suco. O valor de umidade encontrado é inferior aos observados em sucos *in natura* descritos na literatura, o que mostra que é um suco mais concentrado de nutrientes e compostos bioativos. Ansari *et al.* (2017), ao analisarem um suco obtido por trituração e prensagem da beterraba e suas raízes, relatou 96,5% de umidade, evidenciando maior diluição do produto. Resultados semelhantes foram observados por Baião, Silva e Paschoalin (2020), que encontraram $85,50 \pm 0,50\%$, em um suco de beterraba extraído por centrifugação sem adição de água, e por Abdo *et al.* (2020), que reportaram $92,9 \pm 0,1\%$ para o suco da beterraba, quando comparado com as demais partes do vegetal. Muniz (2023), ao avaliar um suco de beterraba crua *in natura*, observou 88,78% de umidade no produto avaliado. Diante do exposto, a menor umidade observada no presente estudo, pode ser atribuída às condições de processamento como maior concentração do produto, menor adição de água durante o processamento e maior retenção de sólidos após prensagem e filtração (Silva *et al.*, 2016). Ressalta-se que a legislação brasileira não estabelece valores mínimos de umidade para sucos vegetais, sendo o teor encontrado compatível com um produto concentrado, com maior densidade nutricional e elevado conteúdo de sólidos totais.

Quanto ao teor de cinzas, o valor encontrado no presente estudo foi de $2,44 \pm 0,06\%$, o que indica elevada concentração de minerais totais, refletindo a preservação de nutrientes inorgânicos naturalmente presentes na beterraba, como potássio, cálcio, magnésio e ferro, minerais relacionados ao equilíbrio eletrolítico, à função neuromuscular e à regulação da pressão arterial (Tivelli *et al.*, 2011). Esse valor foi superior aos relatados por Ansari *et al.* (2017), que encontraram 0,54%, por Baião, Silva e Paschoalin (2020), com $0,80 \pm 0,06\%$, por Abdo *et al.* (2020), que observaram 0,93%, e por Muniz (2023), que reportou 0,60%. As diferenças observadas podem ser explicadas por variações na matéria-prima, condições de plantio, estágio de maturação da raiz, método de extração, concentração do suco e perdas de minerais durante o processamento (Bescós *et al.*, 2015). No estudo conduzido por Tivelli *et al.* (2011), os autores analisaram a quantidade de diversos elementos presentes na beterraba, dentre eles, os diferentes minerais presentes. No seu estudo foi evidenciado maiores concentrações de potássio, sódio, cálcio e fósforo, que ao ser processado e concentrado, aumenta as quantidades disponíveis desse minerais, em menores porções, reforçando que o suco vegetal concentrado é rico em elementos fundamentais no manejo das DCNT (Tivelli *et al.*, 2011).

Ainda assim, os resultados obtidos neste estudo confirmam que o suco analisado constitui uma fonte relevante de minerais, preservando suas propriedades nutricionais, diante do valor encontrado. Sob a ótica cardiovascular, esse resultado se mostra de grande relevância, pois as cinzas englobam minerais como potássio e magnésio, fundamentais para a regulação do tônus vascular e o controle da hipertensão arterial (Abdo *et al.*, 2020). Este achado é corroborado pela via nitrato-nitrito-NO discutida, que sugere que o suco concentrado comercializado analisado possui um alto potencial vasodilatador (Mattos *et al.*, 2023; Domínguez *et al.*, 2017). Mas cabe ressaltar que uma limitação do nosso estudo foi a não caracterização e quantificação dos minerais específicos presentes nas cinzas obtidas.

O teor de proteínas determinado no presente estudo foi de $1,43 \pm 0,82\%$, destacando-se como um dos mais elevados entre os trabalhos comparados, embora compatível com a composição típica de sucos de beterraba, caracterizados por baixo conteúdo proteico e predominância de carboidratos, fibras e minerais (Tivelli *et al.*, 2011). Ansari *et al.* (2017) relataram 0,10%, Baião, Silva e Paschoalin (2020) encontraram $0,70 \pm 0,07\%$, Abdo *et al.* (2020) apresentaram $1,21 \pm 0,14\%$, e Muniz (2023) observou 0,76% de percentual protéico. Essas variações evidenciam que processos de concentração e menor teor de umidade podem favorecer maior retenção relativa de proteínas, que apesar de quantitativamente modestas, as proteínas contribuem para a densidade nutricional do suco (Silva *et al.*, 2016). O teor de proteínas observado neste estudo apresentou um desvio padrão expressivo para a análise, o que sugere uma variabilidade decorrente da natureza bioquímica da beterraba (Bescós *et al.*, 2015). É importante destacar que a determinação de proteínas pelo método de Kjeldahl quantifica o nitrogênio total, incluindo frações de nitrogênio não protéico (NNP) (Instituto Adolf Lutz, 2008). No caso da beterraba, essa fração é composta, majoritariamente, por nitratos e betalaínas (pigmentos nitrogenados), além de aminoácidos livres, como a glutamina e asparagina, logo o valor encontrado reflete não apenas proteínas estruturais, mas também o rico perfil de compostos nitrogenados bioativos do vegetal, os quais exercem papel central no potencial funcional do suco, especialmente na via do óxido nítrico (Dos Santos Baião *et al.*, 2017).

O teor de lipídios totais no suco analisado foi de $1,45 \pm 0,50\%$, valor considerado baixo de acordo com a IN nº 75/2020 da ANVISA, que estabelece que

alimentos com até 3 g de gorduras por 100 g podem ser classificados como de baixo teor lipídico. Ansari *et al.* (2017) reportaram 0,27%, Baião, Silva e Paschoalin (2020) $0,16 \pm 0,01\%$, Abdo *et al.* (2020) $0,16 \pm 0,03\%$, e Muniz (2023) 0,54%. O valor relativamente mais elevado no presente estudo pode ser atribuído ao menor teor de umidade e maior concentração de sólidos totais (Chhikara *et al.*, 2019). Como os lipídios em raízes tuberosas, como a *Beta vulgaris*, estão na forma de constituintes das membranas celulares (fosfolipídios e glicolipídios), a maior retenção de sólidos totais no produto concentrado resulta, conseqüentemente, em uma maior detecção desses lipídios estruturais (Ribeiro, 2007). Sob a ótica da saúde cardiovascular, a baixa presença de gorduras, aliada à ausência de colesterol, uma característica de matrizes vegetais, é um atributo essencial para a recomendação do suco a indivíduos com dislipidemias e hipertensão (Ngo; Duennwald, 2022). Além disso, a manutenção dessa fração lipídica mínima pode ser favorável à estabilidade do suco, uma vez que teores elevados de gorduras insaturadas poderiam sofrer processos de peroxidação lipídica durante o armazenamento, gerando sabor e odor indesejado, comprometendo a aceitabilidade sensorial do produto (Ngo; Duennwald, 2022).

O teor de fibras alimentares totais encontrado foi de $4,98 \pm 0,61$ g/100 g, atendendo à definição de “fonte de fibras” da IN nº 75/2020 da ANVISA, que estabelece mínimo de 2,5 g por porção de 100 g. A fração insolúvel foi de $1,12 \pm 0,30$ g/100 g, e a fração solúvel de $3,86 \pm 0,93$ g/100 g. Ansari *et al.* (2017) reportaram 0,81% de fibras brutas, Baião, Silva e Paschoalin (2020) $0,91 \pm 0,31\%$. Abdo *et al.* (2020) e Muniz (2023) não detectaram fibras no suco, ressaltando que isso ocorre porque sucos clarificados ou muito filtrados perdem a polpa, enquanto o suco concentrado retém parte da matriz celular da beterraba. Analisando a composição de fibras individualmente, nota-se um maior teor da fração solúvel do estudo, representando cerca de 77,5% das fibras totais. Sob o ponto de vista cardiovascular, a presença majoritária de fibras solúveis, como as pectinas presentes na beterraba, desempenham papel fundamental na redução da absorção intestinal de colesterol e na modulação da resposta glicêmica, mecanismos que potencializam o mecanismo funcional do suco, na formação de géis no trato digestivo, que reduzem o risco de doenças ateroscleróticas, complementando a ação vasodilatadora do nitrato discutida anteriormente (Bondonno *et al.*, 2018). Diante do exposto, vale ressaltar a importância desse estudo quanto à caracterização dos diferentes tipos de fibras presentes na matriz alimentar do suco

de beterraba concentrado, uma vez que cada tipo de fibra possui uma ação no organismo, e não foi relatado na literatura estudos que quantifiquem separadamente cada uma.

O teor de carboidratos totais encontrado no suco de beterraba concentrado foi de 10,90 g/100 g, valor significativo, refletindo a elevada concentração de sólidos totais na amostra. A beterraba é uma raiz armazenadora de carboidratos, principalmente sacarose, glicose e frutose, que constituem a principal fração energética do vegetal (Baião; Silva; Paschoalin, 2020; Abdo *et al.*, 2020). Nos sucos vegetais, os carboidratos representam o macronutriente predominante, sendo diretamente influenciados pelo teor de umidade, grau de diluição e métodos de extração. Comparativamente, Ansari *et al.* (2017) reportaram apenas 1,78% de carboidratos no suco de beterraba *in natura*, valor inferior ao do presente estudo, provavelmente devido à alta umidade (96,5%) da amostra, que dilui a concentração desse macronutriente. Baião, Silva e Paschoalin (2020) encontraram $22,67 \pm 0,40$ g/100 g, superior ao presente estudo, possivelmente em função da ausência de diluição adicional e da técnica de centrifugação utilizada, que pode favorecer a extração de açúcares solúveis. Abdo *et al.*, 2020 reportaram $4,8 \pm 1,11\%$ de açúcares totais, enquanto Muniz (2023) encontrou 7,9%, valores intermediários que refletem diferenças na matéria-prima, maturação da raiz e eficiência do processamento.

A elevada concentração de carboidratos observada no presente estudo não apenas evidencia a preservação da composição natural da beterraba, mas também confere ao suco valor energético relevante, estimado em 62,39 kcal/100 g. Este valor está em consonância com o teor de carboidratos e fibras, sendo inferior aos $94,90 \pm 1,70$ kcal/100 g reportados por Baião, Silva e Paschoalin (2020), mas superior aos valores encontrados em sucos diluídos ou *in natura*, como descrito por Ansari *et al.* (2017). O valor energético do suco é, portanto, considerado moderado, o que pode torná-lo adequado para dietas com controle calórico, ao mesmo tempo em que fornece energia de fonte natural e minimamente processada.

Em síntese, o teor de carboidratos e o valor energético observados demonstram que o suco de beterraba concentrado possui densidade calórica moderada, predominância de açúcares naturais e fibras funcionais, preservando as características nutricionais da raiz e contribuindo para a oferta de energia de

qualidade em dietas saudáveis, em conformidade com os parâmetros do PIQ de sucos vegetais.

De acordo com a IN nº 75/2020 da ANVISA, apenas lipídios, proteínas e fibras possuem critérios definidos para alegações nutricionais. O suco analisado se enquadra como baixo teor lipídico, não atinge o mínimo para alegação de “fonte de proteínas” e pode ser considerado “fonte de fibras”. Não há parâmetros legais para umidade, cinzas e carboidratos totais, sendo estes avaliados por comparação com a literatura. Em síntese, a análise integrada demonstra que o suco de beterraba concentrado apresenta composição centesimal compatível e, em alguns parâmetros, superior à literatura, preservando os constituintes naturais, atendendo ao PIQ do MAPA e reforçando seu potencial nutricional e funcional para consumo humano.

A Tabela 5 abaixo, apresenta de forma comparativa os resultados obtidos para a composição centesimal do suco de beterraba concentrado neste estudo e os valores encontrados em diferentes trabalhos científicos, facilitando a análise crítica do perfil nutricional.

Tabela 5 - Comparação da Composição Centesimal de um suco de beterraba por diferentes autores

Componentes	Valores* encontrados pela autora	Ansari <i>et al.</i> (2017)	Baião, Silva e Paschoalin (2020)*	Abdo <i>et al.</i> (2020)*	Muniz (2023)
Umidade	79,4016 ± 4,4191	96,5	85,50 ± 0,50	92,9 ± 0,1	88,78
Cinzas	2,43803 ± 0,0614	0,54	0,80 ± 0,06	0,93 ± 0,01	0,60
Proteína	1,42581 ± 0,8188	0,10	0,70 ± 0,07	1,21 ± 0,14	0,76
Lipídios	1,45262 ± 0,4973	0,27	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,03	0,54
Fibras Totais	4,9865 ± 0,6163***	0,81	0,91 ± 0,31	ND	ND
Fibras Insolúveis	1,12223 ± 0,2994	ND	ND	ND	ND
Fibras Solúveis	3,8642 ± 0,9332	ND	ND	ND	ND

Componentes	Valores* encontrados pela autora	Ansari <i>et al.</i> (2017)	Baião, Silva e Paschoalin (2020)*	Abdo <i>et al.</i> (2020)*	Muniz (2023)
Carboidrato	10,9058**	1,78	12,11	4,8	7,9
Valor Energético	62,3999	ND	94,90	ND	ND

*Dados expressos em média $\pm$ desvio padrão

** Dado realizado por meio da diferença

*** Somatória das fibras insolúveis e solúveis

Fonte: Elaborada pela autora (2025). NOTA: ND, Não Determinado.

5.2 POLIFENÓIS TOTAIS

A Tabela 6 abaixo, apresenta o resultado da análise de quantificação de polifenóis totais do suco de beterraba concentrado comercializado.

Tabela 6 - Polifenóis Totais do suco da beterraba concentrado comercializado

Componente	Polifenóis Totais mg EAG*/mL de suco
Suco de beterraba concentrado	3,73 $\pm$ 0,39**

*Equivalente de Ácido Gálico

** Desvio Padrão

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

No presente estudo, o teor de polifenóis totais do suco de beterraba concentrado foi de 3,73 $\pm$ 0,39 mg EAG/mL. Ao estabelecer limites de comparação para polifenóis em vegetais frescos liofilizados, Almeida *et al.* (2009) definiram que teores de polifenóis totais acima de 3 mg EAG/g são considerados altos. Apesar da inexistência de padrões de classificação legal específicos para sucos na literatura, nota-se que o valor encontrado para o suco de beterraba avaliado supera o limiar estabelecido para produtos frescos, destacando o potencial nutricional do produto obtido. Cabe ressaltar que, o método de liofilização de matrizes de origem vegetal é classificado como o padrão ouro para a preservação de compostos antioxidantes (Enwave, 2024), observa-se que o processo de concentração utilizado no suco analisado foi eficaz em manter níveis elevados destes compostos comparado à amostras frescas liofilizadas.

A superioridade do suco concentrado, quando comparado a outras formas de processamento, é corroborada por Vasconcellos *et al.* (2016). Em sua análise, Vasconcellos *et al.* (2016) compararam diferentes teores de polifenóis, encontrados em distintas formas de processamento da beterraba, observando que o suco de beterraba apresentou $3,67 \pm 0,61$ mg EAG/mL, valor esse semelhante ao encontrado no presente estudo, contudo notavelmente superior ao encontrado nas diferentes formas de processamento da beterraba analisada, como no pó (2,85 mg EAG/g), no chips (2,14 mg EAG/g) e na beterraba cozida (1,92 mg EAG/g). Essa discrepância ocorre porque processos de desidratação extrema ou cozimento prolongado expõem a matriz fenólica ao calor e à oxidação por períodos estendidos, resultando na degradação térmica desses compostos, assim, os dados sugerem que a forma líquida concentrada é mais eficiente na preservação da integridade química dos polifenóis da matriz original (Vasconcellos *et al.*, 2016).

A influência dos fatores combinados tempo x temperatura é um fator determinante na estabilidade desses compostos, evidenciado no estudo de Ramírez-Melo *et al.* (2022), observando que enquanto um suco controle apresentou 0,810 mg EAG/mL, amostras submetidas a tratamentos térmicos termossônicos sofreram reduções significativas, variando entre 0,67 a 0,73 mg EAG/mL. Do ponto de vista bioquímico, o aquecimento controlado pode, inicialmente, favorecer a extração desses compostos por meio da ruptura das membranas celulares e inativação de enzimas oxidativas, todavia, quando o tratamento é intenso ou prolongado, como ocorre na produção de pós ou chips, a degradação oxidativa ultrapassa a taxa de liberação, levando à diminuição do conteúdo fenólico total (Ramírez-Melo *et al.*, 2022).

Comparativamente, os valores obtidos neste estudo mostram-se superiores aos reportados por Porto *et al.* (2017) para o suco produzido a partir da beterraba crua (0,521 mg EAG/mL) e por Wootton-Beard e Ryan (2011), que após simulação de digestão *in vitro*, relatou 0,977 mg EAG/mL. Essa diferença acentuada decorre da natureza do produto analisado: o processo de concentração industrial, ao reduzir significativamente a umidade e elevar a proporção de sólidos totais, o processamento tecnológico promove um efeito de enriquecimento, condensando os polifenóis em um menor volume (Silva *et al.*, 2016).

Portanto, os dados sugerem que o suco de beterraba concentrado comercializado não apenas preserva os compostos bioativos da raiz, mas os

disponibiliza em uma densidade superior à do suco *in natura* e de outros derivados sólidos. Tais resultados reforçam o potencial do produto como uma fonte estratégica de antioxidantes, com implicações diretas na proteção contra o estresse oxidativo e na manutenção da saúde cardiovascular (Ngo; Duennwald, 2022).

A Tabela 7 apresenta de forma comparativa os resultados obtidos para a concentração de polifenóis totais do suco de beterraba concentrado neste estudo e os valores encontrados em diferentes trabalhos científicos, facilitando a análise crítica do perfil da presença de compostos antioxidantes.

Tabela 7 - Comparação da concentração de polifenóis totais de suco de beterraba por diferentes autores

Autores	Polifenóis Totais mg EAG*/mL de suco
Valores encontrados pela autora	3,73 ± 0,39**
Vasconcellos <i>et al.</i> (2016)	3,67 ± 0,61**
Ramírez-Melo <i>et al.</i> (2022)	0,810
Porto <i>et al.</i> (2017)	0,521
Wootton-Beard e Ryan (2011)	0,977

*Equivalente de Ácido Gálico

** Desvio Padrão

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A Tabela 8, abaixo, apresenta o resultado das análises da capacidade antioxidante do suco de beterraba concentrado comercializado, como DPPH•, ABTS+• e FRAP, determinado no suco de beterraba.

Tabela 8 - Capacidade antioxidante do suco da beterraba concentrado comercializado

Componente	Suco de Beterraba	Unidade de Expressão
DPPH•	IC ₅₀ = 175,40 ± 0,22*	mL de suco de beterraba/g DPPH•

Componente	Suco de Beterraba	Unidade de Expressão
ABTS+•	364,90	µM de ET**/mL de suco de beterraba
FRAP	111,92 ± 2,11*	µM de ET**/mL de suco de beterraba

* Desvio Padrão

** Equivalente de Trolox

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

No presente estudo, a determinação da capacidade antioxidante do suco de beterraba concentrado por meio do método DPPH• obteve como resultado o IC₅₀ no valor de 175,40 ± 0,22 mL de suco de beterraba/g DPPH•. Esse valor representa quantos ml de suco seriam necessários para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH•, relação essa inversamente proporcional entre o valor numérico do IC₅₀ e o potencial antioxidante da amostra.

Porto *et al.* (2017) ao processar beterrabas frescas e cruas em um processador de frutas, obteve o extrato vegetal utilizado para as análises de atividade antioxidante via DPPH•, encontrando um valor de 366 mL de suco/g DPPH•. Observa-se que o suco concentrado comercializado estudado apresentou uma eficácia antioxidante significativamente superior, aproximadamente o dobro da potência quando comparado ao resultado obtido por Porto *et al.* (2017). Essa discrepância reforça o impacto do processamento industrial de concentração: ao reduzir o teor de umidade, elevam-se as concentrações relativas de betalaínas e compostos fenólicos e outros nutrientes antioxidantes por mililitro, otimizando a capacidade de sequestro de radicais livres em comparação ao extrato *in natura* (Silva *et al.*, 2016).

A relevância desse potencial é evidenciada quando contrastada com outras matrizes vegetais. Vieira *et al.* (2011) avaliou sucos de polpas de frutas tropicais, encontrando valores de IC₅₀ de 154,95 mL/g DPPH• para o caju e 24,42 mL/g DPPH• para a acerola. Embora o suco de acerola apresenta uma densidade antioxidante alta, amplamente atribuída ao seu alto teor de ácido ascórbico, o suco de beterraba concentrado aproxima-se da capacidade antioxidante do caju. Tal comparação sugere que a beterraba, embora possua um perfil químico distinto, com predominância de betalaínas e compostos fenólicos em vez de vitamina C, exerce uma proteção contra o estresse oxidativo comparável a frutas tradicionalmente

reconhecidas como funcionais e mais comumente encontradas no mercado para comercialização em forma de sucos (Vieira *et al.*, 2011).

Wootton-Beard e Ryan (2011), ao analisarem sucos comerciais de beterraba, encontraram resultados semelhantes ao apresentados neste estudo, em termos comparativos, valores na faixa de 120 a 190 mL de suco/g DPPH•, reforçando que produtos submetidos à concentração industrial mantêm uma robusta estabilidade de seus compostos bioativos. Além disso, Georgiev *et al.* (2010), também estudaram a capacidade antioxidante de um suco de beterraba por meio do DPPH•, e em seu estudo os autores demonstraram que o suco fresco possui um IC₅₀ dependente da concentração de betanina, em termos comparativos, o suco apresentou valores próximos a 250-300 mL de suco/g DPPH• (Georgiev *et al.*, 2010; Slavov *et al.*, 2013). Comparativamente, o suco apresentado neste estudo, por ser mais concentrado em pigmentos ativos do que o extrato simples analisado por Georgiev *et al.*, 2010, demonstra que menores volumes do suco concentrado comercializado são necessários para atingir o efeito antioxidante desejado.

A Tabela 9 apresenta de forma comparativa os resultados obtidos para a concentração de DPPH• de variados sucos de beterraba, apresentando um resumo do valor obtido neste estudo e os valores encontrados em diferentes trabalhos científicos na literatura.

Tabela 9 - Comparação da concentração de DPPH• de variados sucos por diferentes autores

Autores	mL de suco/g DPPH•
Valores encontrados pela autora	175,40 ± 0,22*
Porto <i>et al.</i> (2017)	366
Vieira <i>et al.</i> (2011) - acerola	24,42
Vieira <i>et al.</i> (2011) - caju	154,95
Wootton-Beard e Ryan (2011)	120-190
Georgiev <i>et al.</i> (2010)	250-300

* Desvio Padrão

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A determinação da atividade antioxidante pelo método do radical ABTS+• é baseado na capacidade de sequestro de um radical cátion estável pelos compostos bioativos. Diferente de outros ensaios, o ABTS+• é aplicável tanto a sistemas hidrofílicos quanto lipofílicos, o que o torna uma ferramenta mais abrangente para avaliar a Capacidade Antioxidante Total (CAT) do suco de beterraba, uma matriz rica em pigmentos hidrossolúveis, como as betalaínas e polifenóis (Re *et al.*, 2011).

A atividade antioxidante obtida no presente estudo foi de 364,90 µM de ET/mL de suco, esse resultado demonstra que o suco concentrado reflete uma densidade de agentes redutores superior à de muitos sucos de vegetais convencionais (Pellegrini *et al.*, 2003). De acordo com o levantamento de Pellegrini *et al.* (2003), sucos derivados de hortaliças tradicionalmente reconhecidas por seu potencial funcional apresentam valores significativamente inferiores ao verificado nesta pesquisa; o suco de espinafre, por exemplo, reporta uma atividade de aproximadamente 145 µM de ET/mL, enquanto o suco de tomate atinge valores próximos a 58 µM de ET/mL.

Porto *et al.* (2017) estudou um suco de beterraba cru, e encontrou valores de 871 µM de ET/mL de suco foram encontrados para a análise antioxidante ABTS+•. Embora o valor achado seja mais elevado que o do presente estudo, a literatura vem demonstrando que o processamento industrial traz um novo patamar para estabilidade dos compostos bioativos (Wootton-Beard; Ryan, 2011). Guldiken *et al.* (2016) avaliaram o impacto de diferentes métodos de processamento doméstico e industrial aplicados na beterraba. No estudo foi observado que sucos obtidos por prensagem a frio apresentaram valores elevados, mas que sofriam reduções de até 60% quando submetidos à pasteurização e armazenamento, aproximando-se de valores na faixa de 280 a 350 µM de ET/mL de suco. Este dado fundamenta o resultado do presente estudo, sugerindo que a tecnologia de concentração empregada conseguiu preservar uma fração significativa da capacidade antioxidante, mesmo após o tratamento térmico industrial.

Outro comparativo relevante é o trabalho de Moo-Huchin *et al.* (2014), que investigou a capacidade antioxidante de diversos sucos tropicais e vegetais. Para o suco de beterraba comercial, os autores reportaram valores médios de $312,4 \pm 15,2$ µM de ET/mL de suco. O fato do presente estudo apresentar um valor superior, sugere que o grau de concentração e a integridade da matéria-prima utilizada no

produto analisado conferem-lhe uma performance antioxidante de destaque no mercado.

A manutenção dessa capacidade antioxidante no suco concentrado é vital para o seu propósito coadjuvante na terapia cardiovascular, sendo que de acordo com Lee *et al.* (2017), a estabilidade das betalaínas durante o armazenamento é influenciada pela atividade de água e pelo conteúdo de sólidos totais. Em sucos concentrados, a maior densidade de solutos pode exercer um efeito protetor sobre os pigmentos nitrogenados, retardando a oxidação, e no ambiente vascular, essa ação é essencial para reduzir a oxidação da LDL-colesterol e mitigar a formação das EROs, processos que, se não controlados, levam à redução da biodisponibilidade de óxido nítrico e ao desenvolvimento de disfunção endotelial (Kazimierczak *et al.*, 2014).

A Tabela 10 apresenta de forma comparativa os resultados obtidos para a concentração de ABTS+• de variados sucos de beterraba, apresentando um resumo do valor obtido neste estudo e os valores encontrados em diferentes trabalhos científicos na literatura.

Tabela 10 - Comparação da concentração de ABTS+• de variados sucos por diferentes autores

Autores	μM de ET*/mL de suco
Valores encontrados pela autora	364,90
Pellegrini <i>et al.</i> (2003) - espinafre	145,00
Pellegrini <i>et al.</i> (2003) - tomate	58
Porto <i>et al.</i> (2017)	871
Guldiken <i>et al.</i> (2016)	280-350
Moo-Huchin <i>et al.</i> (2014)	$312,4 \pm 15,2^{**}$

* Equivalente de Trolox

** Desvio Padrão

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Diferente dos ensaios de sequestro de radicais livres, a metodologia FRAP avalia a capacidade antioxidante através do potencial da amostra em reduzir o complexo férrico (Fe^{3+}) ao ferroso (Fe^{2+}). Este ensaio fundamenta-se na

transferência de elétrons, sendo um indicador direto da capacidade de doação de elétrons dos fitoquímicos presentes na matriz alimentar, especialmente das betalaínas e polifenóis (Benzie e Strain, 1996).

No presente estudo, o suco de beterraba concentrado apresentou um poder redutor pela metodologia FRAP de $111,92 \pm 2,11 \mu\text{M}$ de ET/mL de suco de beterraba. Os resultados, expressos em equivalência ao Trolox, indicam que o suco comercial possui uma expressiva densidade de agentes redutores. Essa propriedade é de suma importância para a estabilidade vascular, uma vez que o poder redutor está associado à capacidade de prevenir a oxidação de metais de transição, que podem catalisar a formação de EROS no endotélio (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

Ao comparar com a literatura, observa-se que o valor de $111,92 \mu\text{M}$ de ET/mL de suco de beterraba reflete a eficiência do processo de concentração do produto. Porto *et al.* (2017), ao analisarem o suco de beterraba crua, obtiveram valores de $258 \mu\text{M}$ de ET/mL de suco de beterraba. Assim como observado nos ensaios de ABTS, a redução numérica em comparação ao suco *in natura* é um efeito esperado decorrente do processamento tecnológico, pasteurização e envase, mas os níveis remanescentes no suco comercial ainda superam outras fontes vegetais convencionais (Wootton-Beard; Ryan, 2011).

Estudos conduzidos por Wootton-Beard e Ryan (2011) com sucos de beterraba em formato de *shot* (altamente concentrados) revelaram valores de FRAP entre 85 e $130 \mu\text{M}$ de ET/mL, o que corrobora os achados desta pesquisa, e valida o suco concentrado comercial como uma fonte de alta performance redutora. Já Kazimierczak *et al.* (2014) encontraram valores inferiores, $74,20 \mu\text{M}$ de ET/mL, para sucos convencionais não concentrados, sugerindo que a remoção parcial da umidade no produto comercializado é o fator diferencial para elevar a concentração de betalaínas e sua respectiva capacidade de doação de elétrons.

A Tabela 11 apresenta de forma comparativa os resultados obtidos para a concentração de FRAP de variados sucos de beterraba, apresentando um resumo do valor obtido neste estudo e os valores encontrados em diferentes trabalhos científicos na literatura.

Tabela 11 - Comparação da concentração de FRAP de variados sucos por diferentes autores

Autores	μM de ET*/mL de suco
---------	---------------------------------

Valores encontrados pela autora	111,92 ± 2,11**
Porto <i>et al.</i> (2017)	258
Wootton-Beard e Ryan (2011)	85-130
Kazimierczak <i>et al.</i> (2014)	74,20

* Equivalente de Trolox

** Desvio Padrão

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Em conclusão, a convergência dos resultados de DPPH, ABTS e FRAP reforça que o suco de beterraba concentrado avaliado preserva um perfil antioxidante multifuncional. A expressiva capacidade de redução e sequestro de radicais sugere que o consumo regular deste suco pode auxiliar na mitigação do estresse oxidativo sistêmico, protegendo o óxido nítrico da degradação oxidativa e favorecendo a homeostase vascular, essencial para a manutenção da saúde cardiovascular.

Em síntese, os resultados obtidos para o suco de beterraba concentrado evidenciam uma matriz química complexa e potente, cuja conformidade entre betalaínas, polifenóis, minerais e precursores de óxido nítrico desempenha um papel fundamental no manejo da hipertensão e de diversas doenças cardiovasculares. A elevada capacidade antioxidante observada nos ensaios de DPPH•, ABTS+• e FRAP sugerem que o consumo deste suco promove uma robusta modulação oxidativa, protegendo o endotélio vascular contra a ação de radicais livres. Esta proteção é o mecanismo para preservar a biodisponibilidade de óxido nítrico, garantindo a sua função vasodilatadora, o que reflete no controle dos níveis de pressão arterial e na melhoria da performance física por meio de uma oxigenação muscular mais eficiente.

Adicionalmente, a relevância da utilização de produtos comerciais concentrados, como o objeto deste estudo, deve ser destacada sob as perspectivas de estabilidade e praticidade. Embora a composição de vegetais *in natura* sofra alta variabilidade devido a fatores sazonais e de cultivo, o processo de concentração industrial permite uma maior padronização do conteúdo de compostos bioativos por volume de suco. A redução da atividade de água e a alta densidade de sólidos solúveis observadas nestes produtos contribuem para a estabilidade térmica e

oxidativa dos pigmentos nitrogenados, garantindo que o potencial terapêutico seja mantido durante a vida de prateleira.

Portanto, a densidade nutricional encontrada e capacidade antioxidante, valida o suco concentrado comercializado como uma estratégia dietética funcional altamente eficaz. Sua conveniência de consumo, aliada aos altos valores de concentração de nutrientes e compostos bioativos em baixos volumes, favorece a adesão de pacientes a protocolos nutricionais voltados à cardioproteção, consolidando-se como uma ferramenta coadjuvante indispensável na prevenção primária e secundária de agravos cardiovasculares. Contudo, vale ressaltar a importância de um estudo de caracterização química mais profundo quanto à caracterização dos polifenóis do suco concentrado avaliado. O objetivo é consolidar sua composição nutricional e fitoquímica, para além da composição centesimal, mas também com a quantificação das betalainas e nitratos, fornecendo dados futuros para estudos clínicos e um uso terapêutico dietético fundamentado.

6 CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas, este estudo conseguiu atingir o objetivo traçado e demonstrou que o suco de beterraba concentrado comercializado apresenta um interessante perfil nutricional, além de ser caracterizado pela presença dos compostos bioativos que demonstram efetiva atividade antioxidante, destacando-se como uma fonte alimentar de elevada densidade nutricional.

A caracterização da composição centesimal revelou que, apesar do processamento industrial, o produto mantém teores significativos de cinzas e fibras, com destaque para a fração de fibra solúvel, sendo responsável por 77,5% das fibras presentes. Este resultado, além de conferir ao suco alegação de fonte de fibras, este achado é de suma importância para a saúde cardiovascular, uma vez que tais componentes atuam de forma conjunta na regulação da pressão arterial e da função vascular, principalmente por sua atuação na via regulatória do NO.

A avaliação da capacidade antioxidante, por meio dos métodos DPPH, ABTS e FRAP, ratificou a eficácia do suco no sequestro de radicais livres e no potencial redutor de óxido-redução. Essa performance antioxidante sugere que o suco concentrado atua como uma barreira protetora contra o estresse oxidativo, mecanismo fundamental para preservar a biodisponibilidade do óxido nítrico e evitar a disfunção endotelial.

Assim, os dados indicam que o processamento de concentração, ao reduzir a umidade, potencializou a presença de fibras e polifenóis por porção, tornando o produto uma fonte concentrada de compostos bioativos. Diante dos dados encontrados, podemos sugerir que a viabilidade comercial deste produto representa um avanço estratégico para o manejo clínico nutricional de doenças cardiovasculares. A conveniência do consumo de uma bebida pronta, com teor de compostos bioativos padronizado, favorece a adesão do paciente a protocolos nutricionais voltados à cardioproteção. Diferente das variações sazonais encontradas no vegetal *in natura*, o suco concentrado oferece uma entrega mais previsível de nutrientes, essencial para a manutenção de efeitos fisiológicos a longo prazo.

7 REFERÊNCIAS

ABDO, E. *et al.* **Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage**. Plants, Basel, v. 9, n. 12, p. 1752, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/12/1752>. Acesso em: 03 jan. 2026.

ALMEIDA, Maria Mozarina Beserra *et al.* **Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil**. Food Chemistry, v. 112, n. 1, p. 207-213, jan. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.050>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608005062>. Acesso em: 05 jan. 2026.

ANSARI, R. *et al.* **Proximate and sensory analysis of beetroot (*Beta vulgaris*) and Jamun (*Syzygium cumini*) juice blended drink**. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 2271-2276, 2017. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue6/PartR/6-6-156-390.pdf>. Acesso em 03 jan. 2026.

ARCHER, D. L. **Evidence that Ingested Nitrate and Nitrite Are Beneficial to Health**. Journal of Food Protection, v. 65, n. 5, p. 872–875, 1 maio 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22049262?via%3Dihub>. Acesso em: 11 set. 2025.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. **Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade**. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, v. 53, n. 5, p. 646–656, jul. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/cSRtQcqJygrLCFgTC5ct5Dr/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BEET IT SPORT. **Beet It Nitrate 400 Shot**. Disponível em: <https://www.beet-it.com/products/beet-it-sport-nitrate-400-high-nitrate-shots-concentrated-beetroot-juice-15-x-70ml-boost-nitric-oxide-and-athletic-endurance-performance>. Acesso em: 25 fev. 2025.

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, 15 mar. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2022.823039/full>. Acesso em: 11 set. 2025.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. **The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay**. Analytical Biochemistry, [s. l.], v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>. Acesso em: 04 jan. 2026.

BESCÓS, R. *et al.* **Content of nitrate and nitrite in commercial and self-made beetroot juices and the effect of storage temperature.** Food Analytical Methods, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 1144-1155, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-015-0283-3>. Acesso em: 29 jul. 2025.

BETA vulgaris. In: **ENCYCLOPAEDIA Britannica**. [S. l.]: Encyclopaedia Britannica, inc., 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Beta-vulgaris>. Acesso em: 29 jul. 2026.

BONDONNO, C. P. *et al.* **Vegetable-derived bioactive nitrate and cardiovascular health.** Molecular Aspects of Medicine, v. 61, p. 83–91, jun. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098299717300614?via%3DiHub>. Acesso em: 11 set. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999.** Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde em rótulos de alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 1999. Disponível em: https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&num_ato=00000018&sgl_tipo=RES&sgl_orgao=ANVISA/MS&vlr_ano=1999. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n.º 259, de 20 de setembro de 2002.** Regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados. Brasília: ANVISA, 2002. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259_20_09_2002.html. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 12.109, de 16 de julho de 2024.** Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF: Presidência da República, [2024]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D12109.htm. Acesso em: 03 jan. 2026.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saúde 2019: ciclos de vida: Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. 139 p. Disponível em: <https://www.pns.icict.fiocruz.br/wp-content/uploads/2021/12/liv101846.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994.** Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF: Presidência da República, [1994]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8918.htm. Acesso em: 03 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 14, de 8 de fevereiro de 2018.** Estabelece os Complementos dos Padrões de Identidade e Qualidade de suco e de polpa de fruta e de polpa de vegetal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 30, p. 3-4, 9 fev. 2018. Disponível em:

https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/3581179/d01-2018-02-09-instrucao-normativa-n-14-de-8-de-fevereiro-de-2018-3581136. Acesso em: 03 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - IN nº 75, de 8 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 195, p. 113-124, 9 out. 2020. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>. Acesso em: 03 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Alimentos funcionais**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/alimento-funcionais>. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira. 2. ed.** Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 29 maio. 2025.

CHEN, L. *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, p. 6406–6420, 9 set. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354472260_Beetroot_as_a_functional_food_with_huge_health_benefits_Antioxidant_antitumor_physical_function_and_chronic_metabolomics_activity. Acesso em: 29 jul. 2025.

CHEN, Y.; MICHALAK, M.; AGELLON, L. B. **Importance of Nutrients and Nutrient Metabolism on Human Health**. The Yale Journal of Biology and Medicine, v. 91, n. 2, p. 95–103, 1 jun. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29955217/>. Acesso em: 21 out. 2025.

CHHIKARA, N.; KUSHWAHA, K.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. **Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: a critical review**. Food Chemistry, v. 272, p. 192–200, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.08.022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>. Acesso em: 29 jul. 2025.

CHIRINOS, J. A.; ZAMANI, P. **The Nitrate-Nitrite-NO Pathway and Its Implications for Heart Failure and Preserved Ejection Fraction**. Current Heart Failure Reports, v. 13, n. 1, p. 47–59, 20 jan. 2016. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4755323/?utm_source. Acesso em: 29 jul. 2025.

CLARA, A. *et al.* **Dietary Nitrate from Plant Foods: A Conditionally Essential Nutrient for Cardiovascular Health**. Advances in Nutrition, v. 15, n. 1, p. 100158–100158, 1 jan. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10776916/>. Acesso em: 18 ago. 2025.

D'AGOSTINO, R. B. *et al.* **Cardiovascular Disease Risk Assessment: Insights from Framingham**. *Global Heart*, v. 8, n. 1, p. 11–23, mar. 2013. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3673738/> . Acesso em: 29 mai. 2025.

DOMÍNGUEZ, R. *et al.* **Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes**. A Systematic Review. *Nutrients*, v. 9, n. 1, p. 43, 6 jan. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/1/43>. Acesso em: 11 set. 2025.

DOS S. BAIÃO, D.; DA SILVA, D. V. T.; 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, n. 10, 8 out. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/10/960>. Acesso em: 18 set. 2025.

DOS SANTOS BAIÃO, D. *et al.* **Polyphenols from Root, Tubercles and Grains Cropped in Brazil: Chemical and Nutritional Characterization and Their Effects on Human Health and Diseases**. *Nutrients*, v. 9, n. 9, p. 1044, 20 set. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622804/>. Acesso em: 03 jul. 2025.

ENWAVE. **Does Freeze Drying Remove Nutrients?** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.enwave.net/does-freeze-drying-remove-nutrients/>. Acesso em: 26 jan. 2026.

EZE, M. N.; ODOH, H. E.; APEH, M. C. **Assessment of phytochemicals and antioxidant potential of the stem bark of *Albizia chevalieri***. *The Bioscientist Journal*, v. 11, n. 1, p. 43-56, 8 jan. 2023. Disponível em: https://bioscientistjournal.com/index.php/The_Bioscientist/article/view/137/143. Acesso em: 20 jun. 2025.

FALOYE, K. O. *et al.* **Elucidating the Glucokinase Activating Potentials of Naturally Occurring Prenylated Flavonoids: An Explicit Computational Approach**. *Molecules*, v. 26, n. 23, p. 7211, 28 nov. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/23/7211>. Acesso em: 19 dez. 2025.

FRAGA, C. G. *et al.* **The effects of polyphenols and other bioactives on human health**. *Food & function*, v. 10, n. 2, p. 514-528, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30746536/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

GARDENERS PATH. **Beet Roots Ready to Harvest**. 2020. 1 fotografia. Disponível em: <https://gardenerspath.com/wp-content/uploads/2020/02/Beet-Roots-Ready-to-Harvest-Featured.jpg>. Acesso em: 29 jul. 2025.

GEORGIEV, V. G. *et al.* **Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit dark red**. *Plant Foods for Human Nutrition*, [s. l.], v. 65, n. 2, p. 105-111, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6>. Acesso em: 04 jan. 2026.

GRANATO, D. *et al.* **Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, n. 3, p. 292–302, maio 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33467814/>. Acesso em: 19 jun. 2025.

GUGLIANDOLO, A.; BRAMANTI, P.; MAZZON, E. **Activation of Nrf2 by Natural Bioactive Compounds: A Promising Approach for Stroke?** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 14, p. E4875, 10 jul. 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7402299/>. Acesso em: 17 set. 2025.

GULDIKEN, B. *et al.* **Home-Processed Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in Antioxidant Properties and Bioaccessibility.** *International Journal of Molecular Sciences*, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 858, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms17060858>. Acesso em: 04 jan. 2026.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Guyton & Hall - Tratado de Fisiologia Médica.** 14. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021. E-book. p.785. ISBN 9788595158696. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595158696>. Acesso em: 19 jun. 2025.

HENEIN, M. Y. *et al.* **The Role of Inflammation in Cardiovascular Disease.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 21, p. 12906, 26 out. 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9658900/>. Acesso em: 18 set. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4. ed. [s. l.]: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

IVY, J. L. **Inorganic Nitrate Supplementation for Cardiovascular Health.** *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, v. 15, n. 3, p. 200–206, 2019. Disponível em: <https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/articles/PMC6822652/>. Acesso em: 29 mai. 2025.

JIN, Y. *et al.* **Effects of beetroot juice supplementation on vascular function and blood pressure in older adults: a systematic review and meta-analysis.** *Nutrients*, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 550-568, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16040550>. Acesso em: 18 ago. 2025.

KAPIL, V. *et al.* **The Noncanonical Pathway for In Vivo Nitric Oxide Generation: The Nitrate-Nitrite-Nitric Oxide Pathway.** *Pharmacological Reviews*, v. 72, n. 3, p. 692–766, 1 jul. 2020. Disponível em: [https://pharmrev.aspetjournals.org/article/S0031-6997\(24\)00970-0/fulltext](https://pharmrev.aspetjournals.org/article/S0031-6997(24)00970-0/fulltext). Acesso em: 29 jul. 2025.

KAZIMIERCZAK, R. *et al.* **The content of bioactive compounds and antioxidant capacity of raw and processed red beetroots (*Beta vulgaris* L.) from organic and conventional production.** Journal of the Science of Food and Agriculture, [s. l.], v. 94, n. 13, p. 2585-2592, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24445942/>. Acesso em: 04 jan. 2026.

LEE, S. *et al.* **Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables.** Food Science and Biotechnology, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 333-342, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2812-3>. Acesso em: 04 jan. 2026.

LI, A.-N. *et al.* **Resources and Biological Activities of Natural Polyphenols.** Nutrients, v. 6, n. 12, p. 6020–6047, 22 dez. 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4277013/>. Acesso em: 18 ago. 2025.

LIMA, Vanessa C O.; NETO, Paula G L.; BECK, Bianca D.; *et al.* **Nutrição Clínica.** Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. p.15. ISBN 9788595023277. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595023277>. Acesso em 19 jun. 2025.

LIU, R. H. **Potential Synergy of Phytochemicals in Cancer Prevention: Mechanism of Action.** The Journal of Nutrition, v. 134, n. 12, p. 3479S3485S, 1 dez. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316623031966?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MANACH, C. *et al.* **Polyphenols: food sources and bioavailability.** The American Journal of Clinical Nutrition, v. 79, n. 5, p. 727–747, 1 maio 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522039144?via%3Dihub>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MARTIROSYAN, D. **Functional food science and bioactive compounds.** Bioactive Compounds in Health and Disease, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 218-229, 2025. DOI: <https://doi.org/10.31989/bchd.v8i6.1667>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MATTOS, S. *et al.* **Efeitos Agudos do Nitrato Dietético na Pressão Central e Desempenho Cardíaco em Hipertensos: Estudo Cruzado, Randomizado e Placebo-Controlado.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 120, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/Kfmhk9kXVRs8yDbRnC6JVzF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 set. 2025.

MILTON-LASKIBAR, Iñaki; MARTÍNEZ, J. Alfredo; PORTILLO, María P. **Current Knowledge on Beetroot Bioactive Compounds: Role of Nitrate and Betalains in Health and Disease.** Foods, v. 10, n. 6, p. 1314, jun. 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8229785/>. Acesso em: 29 mai. 2025.

MOO-HUCHIN, V. M. *et al.* **Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits**

from Yucatan, Mexico. Food Chemistry, [s. l.], v. 152, p. 508-515, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.013>. Acesso em: 04 jan. 2026.

MORGADO, M. *et al.* **Development of a beetroot-based nutritional gel containing high content of bioaccessible dietary nitrate and antioxidants.** International Journal of Food Sciences and Nutrition, v. 67, n. 2, p. 153-160, fev. 2016. DOI: 10.3109/09637486.2016.1147531. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26887255>. Acesso em: 29 jul. 2025.

MUNIZ, M. S. F. **Efeito da ingestão do suco de beterraba na pressão arterial e níveis plasmáticos de nitrito.** 2023. 110 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/30516/2/MygeiveSheldonFerreiraMuniz_Dissert.pdf. Acesso em: 29 jul. 2025.

NGO, V.; DUENNWALD, M. L. **Nrf2 and oxidative stress: a general overview of mechanisms and implications in human disease.** Antioxidants, Basel, v. 11, n. 12, p. 2345, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11122345>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9774434/>. Acesso em: 08 set. 2025.

OLIVEIRA, G. L. S. **Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais *in vitro* pelo método DPPH: estudo de revisão.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, v. 17, n. 1, p. 36-44, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/S3S9v9S9v9S9v9S9v9S9v9S/>. Acesso em: 20 set. 2025.

OLIVEIRA, G. M. M. DE *et al.* **Estatística Cardiovascular – Brasil 2021.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 118, n. 1, p. 115–373, jan. 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8959063/?utm_source. Acesso em: 17 set. 2025.

OLIVEIRA, G. M. M. *et al.* **Estatística Cardiovascular – Brasil 2023.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 120, n. 10, e20230817, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20230817>. Acesso em: 29 maio. 2025.

PELLEGRINI, N. *et al.* **Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays.** The Journal of Nutrition, [s. l.], v. 133, n. 9, p. 2812-2819, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812>. Acesso em: 04 jan. 2026.

PEREIRA, A. *et al.* **Avaliação da ingestão de nitrato proveniente de aditivos alimentares em consumidores do Rio Grande do Sul.** In: CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE QUALIDADE EM ALIMENTOS, 3., 2024, [s. l.]. Anais [...]. [s. l.]: Softaliza, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.softaliza.com.br/csqa2024/article/view/7414>. Acesso em: 29 jul. 2025.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. *et al.* **Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database.** European Journal

of Clinical Nutrition, v. 64, n. S3, p. S112–S120, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>. Acesso em: 18 ago. 2025.

PORTO, M. R. A. *et al.* **Physicochemical Stability, Antioxidant Activity, and Acceptance of Beet and Orange Mixed Juice During Refrigerated Storage.** Beverages, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 36, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2306-5710/3/3/36>. Acesso em 04 jan. 2026.

PUNIA BANGAR, S. *et al.* **Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*).** Food Research International, v. 158, p. 111556, ago. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922006147?via%3Dihub#preview-section-references>. Acesso em: 29 jul. 2025.

RAMÍREZ-MELO, L. M. *et al.* **Optimization of antioxidant activity properties of a thermosonicated beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice and further *in vitro* bioaccessibility comparison with thermal treatments.** LWT, [s. l.], v. 154, p. 112780, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112780>. Acesso em 04 jan. 2026.

RE, R. *et al.* **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.** Free Radical Biology and Medicine, [s. l.], v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3). Acesso em: 04 jan. 2026.

RIBEIRO, Eliana P. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007. E-book. pág.1. ISBN 9788521215301. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521215301/>. Acesso em: 05 jan. 2026.

RUDRAPAL, M. *et al.* **Dietary Polyphenols: Review on Chemistry/Sources, Bioavailability/Metabolism, Antioxidant Effects, and Their Role in Disease Management.** Antioxidants, v. 13, n. 4, p. 429, 1 abr. 2024. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11047380/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/426953/metodologia-cientifica-determinacao-da-atividade-antioxidante-total-em-frutas-pela-captura-do-radical-livre-dpph>. Acesso em: 20 set. 2025.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Captura do Radical Livre ABTS•+.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 128). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426955/1/Cot128.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Sistema FRAP**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 125). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426952/1/Cot125.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação dos Fenólicos Totais em Frutas pelo Método Colorimétrico de Folin-Ciocalteu**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 126). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426954/1/Cot126.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

SADOWSKA-BARTOSZ, I.; BARTOSZ, G. **Biological Properties and Health-Promoting Effects of Betalains**. *Molecules*, [s. l.], v. 26, n. 23, p. 7200, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/9/2520>. Acesso em: 19 dez. 2025.

SCALBERT, A.; JOHNSON, I. T.; SALTMARSH, M. **Polyphenols: antioxidants and beyond**. *The American journal of clinical nutrition*, v. 81, n. 1 Suppl, p. 215S-217S, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15640483/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. **Dietary intake and bioavailability of polyphenols**. *The Journal of Nutrition*, v. 130, n. 8, p. 2073S-2085S, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10917926/>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SCHERER, R.; GODOY, H. T. **Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method**. *Food Chemistry*, [s. l.], v. 112, n. 3, p. 654-658, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>. Acesso em: 20 set. 2025.

SILVA, D. V. T. *et al.* **Physicochemical, nutritional, and sensory analyses of a nitrate-enriched beetroot gel and its effects on plasmatic nitric oxide and blood pressure**. *Food & Nutrition Research*, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 1-9, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.29909>. Disponível em: <https://foodandnutritionresearch.net/index.php/fnr/article/view/105>. Acesso em: 05 jan. 2026.

SLAVOV, A. *et al.* **Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments**. *Czech Journal of Food Sciences*, Praga, v. 31, n. 2, p. 139-147, 2013. Disponível em: <https://cjfs.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2013/02/06.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2026.

SOUZA, J. R. *et al.* **Assessment of dietary nitrate intake in Brazil based on household budget survey data**. *Food Additives & Contaminants: Part A*, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 615-628, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2198357>. Acesso em: 29 jul. 2025.

TEIXEIRA, C. D. **Efeito Do Consumo De Polpa De Açaí (Euterpe Oleracea Martius) Sobre A Concentração De Ácidos Graxos De Cadeia Curta Em Ratas Após Os Períodos De Gestação E Lactação**. 2021. 55 f. Monografia (Graduação em Nutrição) – Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3023/1/MONOGRAFIA_EfeitoConsumoPolpa.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

TIVELLI, S. W. *et al.* **Beterraba: Do Plantio À Comercialização cultura da beterraba**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 18 p. (Boletim Técnico IAC, 210). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48016/1/Andre-May-Boletim-Tec-IAC.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

VADUGANATHAN, M. *et al.* **The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk: A Compass for Future Health**. Journal of the American College of Cardiology, v. 80, n. 25, nov. 2022. Disponível em: <https://www.jacc.org/doi/10.1016/j.jacc.2022.11.005>. Acesso em: 29 mai. 2025.

VASCONCELLOS, J. *et al.* **Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot**. Food Science and Biotechnology, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 79-84, 2016. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6049374/>. Acesso em: 04 jan. 2026.

VAUZOUR, D. *et al.* **Polyphenols and Human Health: Prevention of Disease and Mechanisms of Action**. Nutrients, [s. l.], v. 2, n. 11, p. 1106-1131, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu2111106>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/2/11/1106>. Acesso em: 04 jan. 2026.

VERIFIED MARKET REPORTS. **Tamanho do mercado de suco de beterraba, potencial, tendências de mercado e previsão 2032**. [s. l.]: Verified Market Reports, 2024. Disponível em: <https://www.verifiedmarketreports.com/pt/product/beet-juice-market/>. Acesso em: 11 set. 2025.

VIEIRA, L. M. *et al.* **Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 866-873, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000099>. Acesso em 04 jan. 2026.

WIGLEY, E. N. **Atwater and USDA Nutrition Research and Service: A Prologue of the Past Century**. The Journal of Nutrition, [s. l.], v. 124, n. 9, p. 1718S–1722S, 1994. Disponível em: https://academic.oup.com/jn/article/124/suppl_9/1718S/4723932. Acesso em: 20 set. 2025.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. **A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants**. Journal of Functional Foods, [s.

I.], v. 3, n. 4, p. 329-334, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.05.007>. Acesso em 04 jan. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation**. Geneva: WHO, 2003. (WHO Technical Report Series, 916). Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and contaminants: fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)**. Geneva: WHO, 2003. (WHO Technical Report Series, 913). Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/42595>. Acesso em: 29 jul. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable diseases**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Acesso em: 17 set. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals**. Geneva: WHO, 2024. Disponível em: <https://iris.who.int/publications/i/item/9789240094703>. Acesso em: 17 set. 2025.

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, p. 788–804, 15 abr. 2020. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/10408398.2020.1746629?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed#abstract. Acesso em: 29 jul. 2025.

ANEXO A - CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO ENCONTRO DE SABERES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - 2025



República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Pró-Reitoria de Graduação
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura
Pró-Reitoria de Assuntos Comunitários e Estudantis
Diretoria de Relações Internacionais



CERTIFICADO

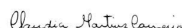
Certificamos que o trabalho **DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE UM SUCO CONCENTRADO DE BETERRABA COMERCIALIZADO**, de autoria de **ANA ROSA DE JESUS DOS SANTOS FONSECA, MELINA OLIVEIRA DE SOUZA e CLÉCIA DIAS TEIXEIRA**, foi apresentado no **XXXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA** do ENCONTRO DE SABERES – UFOP, realizado de 10 a 12 de Novembro de 2025.

Ouro Preto, 12 de Novembro de 2025.

Autenticidade



Código: 1764676332692ed2ec005c3


Cláudia Martins Carneiro
Pró-Reitora de Extensão e Cultura


Marlice de Oliveira e Nogueira
Pró-Reitora de Graduação


Paula Cristina Cardoso Mendonça
Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação


Anderson Gamarano
Diretor de Relações Internacionais


Heber Eustáquio de Paula
Pró-Reitor de Assuntos Comunitários e Estudantis

Este certificado foi gerado eletronicamente e sua autenticidade poderá ser atestada informando o código em www.encontrodesaberes.ufop.br/certificados

ANEXO B - TERMO DE COMPROMISSO INICIAÇÃO CIENTÍFICA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO



TERMO DE COMPROMISSO PROGRAMA INSTITUCIONAL DE VOLUNTARIOS DE INICIACAO CIENTIFICA DA UFOP

A Universidade Federal de Ouro Preto, através da PROPPI, representada pelo seu Pró-Reitor Adjunto de Pesquisa e Pós-Graduação, Prof. Dr. ARLEM DANIEL PENA DE CASTRO, observados os termos das Normas Gerais para os Programas de Iniciação Científica da UFOP para a seleção de projetos e concessão de bolsas de pesquisa, regidas pela Resolução CEPE Nº 7.795, concede a participação na categoria PIVIC/UFOP, a(o) aluno(a) ANA ROSA DE JESUS DOS SANTOS FONSECA, CPF: 147.404.306-22, matriculado no curso de NUTRICAÇÃO, para exercer atividades de pesquisa no projeto "Caracterização físico-química e da atividade antioxidante in vitro de um suco concentrado de beterraba comercializado.", sob a orientação do(a) Prof. (a) MELINA OLIVEIRA DE SOUZA, do DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS, da UFOP, de acordo com as condições abaixo

- 1º) O período de vigência da bolsa de pesquisa tem início em 01/03/2025 e término em 28/02/2026;
- 2º) O RELATÓRIO FINAL de atividades deverá ser encaminhado à PROPPI, via Sistema Minha UFOP, até 30 dias após o término do programa;
- 3º) O(a) aluno(a) poderá apresentar os resultados parciais do seu trabalho no Seminário de Iniciação Científica da UFOP, a realizar-se em 2025, e os resultados finais no Seminário, em 2026. A presença do(a) professor(a) orientador(a) é indispensável durante a apresentação do trabalho. Caso o(a) aluno(a) não possa participar desse Seminário, por motivo de força maior, o(a) professor(a) orientador(a) deverá designar um(a) aluno(a) substituto(a) para a apresentação do trabalho no citado evento.
- 4º) A presente concessão não estabelece, em hipótese alguma e para nenhum efeito, qualquer vínculo empregatício entre a UFOP e o(a) aluno(a) voluntário(a), ou entre este e terceiros, nem lhe dará direito a quaisquer vantagens além das expressamente previstas neste termo;
- 5º) Com base na legislação vigente e no edital (<https://propp.ufop.br/editais-proppi>) referente ao programa, a PROPPI poderá cancelar ou suspender o presente projeto, sem que daí ocorra a reclamação ou indenização por parte do(a) aluno(a) voluntário(a);
- 6º) O(a) professor(a) orientador(a) é responsável pelo cumprimento das obrigações mencionadas neste Termo e no edital, comprometendo-se a comunicar à PROPPI, qualquer espécie de inadimplência;
- 7º) Caso o(a) aluno(a) voluntário(a) conclua o curso de Graduação, o projeto será cancelado automaticamente, sendo obrigação do(a) professor(a) orientador(a) informar à PROPPI a colação de grau do(a) aluno(a) voluntário(a), solicitando o cancelamento do projeto ou a substituição do(a) bolsista;
- 8º) Em caso de cancelamento do projeto/bolsa é obrigatória a apresentação do Relatório Final das atividades desenvolvidas pelo(a) aluno(a) voluntário(a), até o mês em que ficou como voluntário(a). As normas para produção do relatório final encontram-se disponíveis em: <https://www.propp.ufop>.
- 9º) O(a) professor(a) orientador(a) deverá informar ao seu departamento, mensalmente, a frequência do(a) seu(ua) aluno(a) voluntário(a);
- 10º) O(a) aluno(a) voluntário(a), abaixo-assinado, declara que aceita a bolsa que lhe é concedida, sem restrição, em todos os seus termos e condições.

Ouro Preto, 01 de março de 2025.

MELINA OLIVEIRA DE SOUZA
Orientador

ANA ROSA DE JESUS DOS SANTOS FONSECA
Bolsista

ARLEM DANIEL PENA DE CASTRO
Pró-Reitor Adjunto de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação