

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TAINARA LARISSA VERGANI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, ANTOCIANINAS
TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PRESENTES EM MORANGOS (SAN
ANDREAS) E FRAMBOESAS (AUTUMN BLISS)**

CAXIAS DO SUL

2023

TAINARA LARISSA VERGANI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, ANTOCIANINAS
TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PRESENTES EM MORANGOS (SAN
ANDREAS) E FRAMBOESAS (AUTUMN BLISS)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como parte dos requisitos para obtenção da aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Química na Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Me. Luis Rafael Bonetto

CAXIAS DO SUL

2023

TAINARA LARISSA VERGANI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, ANTOCIANINAS
TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PRESENTES EM MORANGOS (SAN
ANDREAS) E FRAMBOESAS (AUTUMN BLISS)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como parte dos requisitos para obtenção da aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Química na Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em 12/12/2023.

Banca Examinadora

Prof. Me. Luis Rafael Bonetto
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dra. Luciani Tatsch Piemolini-Barreto
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Matheus Poletto
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as bênçãos que recebi e pelas lições que vivi. Sem elas não teria me tornado a pessoa que sou hoje e não teria conseguido alcançar este objetivo.

Agradeço imensamente aos meus pais, Roseli Schneider Vergani e Valdemir Luiz Vergani, que nunca mediram esforços para o meu sucesso. Em especial, agradeço ao meu pai, por sempre me auxiliar, me apoiar, me incentivar e por ser meu exemplo de força e dedicação.

À minha nona Deonilda Bridi Vergani, por sempre rezar e torcer pelo meu sucesso. Ao meu tio, Valdir Jose Vergani (*in memoriam*), por ter compartilhado comigo o seu amor pelos morangos e framboesas e por ter sido o melhor tio que tive.

Aos meus amigos, o meu profundo agradecimento por todo apoio e compreensão que tiveram durante estes anos da graduação, principalmente para aqueles que independente da distância sempre se fazem presentes. Aos meus colegas de graduação, agora amigos, que compartilharam as angústias, incertezas, felicidades e vitórias durante esses anos que se passaram.

Ao Prof. Me. Luis Rafael Bonetto, por toda dedicação, compreensão, paciência e disponibilidade que teve para a orientação deste projeto, por todo conhecimento que contribuiu, não só para elaboração deste trabalho, mas por toda a minha jornada acadêmica.

À Universidade de Caxias do Sul (UCS), e em especial aos professores da Engenharia Química, por todo o conhecimento e ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional e pessoal. Aos laboratórios, de Estudos do Sistema Solo, Planta, Atmosfera e Metabolismo Vegetal e Laboratório de Estresse Oxidativo e Antioxidantes da UCS, em especial Ma. Aline Fagundes Cerbaro e Dr. Wendel Paulo Silvestre pelo tempo dedicado e ensinamentos fornecidos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dra. Luciani Tatsch Piemolini-Barreto e Prof. Dr. Matheus Poletto, pelo aceite de colaborar com este trabalho e pela dedicação em sua avaliação.

Por fim, agradeço a todos que de alguma maneira torceram e contribuíram para a elaboração deste trabalho.

“Concentre todos seus pensamentos na tarefa que está realizando. Os raios de sol não queimam até que sejam colocados em foco.”

Alexander Graham Bell

RESUMO

As frutas vermelhas, em especial morango e framboesa, trazem inúmeros benefícios à saúde quando introduzidas na dieta regular, devido a presença de vitaminas, fibras, proteínas, água e compostos bioativos em sua composição. Dentre estes compostos bioativos, destacam-se os compostos fenólicos pela sua contribuição à saúde e aplicabilidade em produtos industriais. Objetivou-se no presente trabalho realizar a determinação dos parâmetros físico-químicos e dos teores de compostos bioativos presentes em morangos, da variedade San Andreas, e framboesas, da variedade Autumn Bliss, além da comparação dos resultados frente a diferentes soluções extratoras utilizadas. As análises realizadas foram pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*), compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante. Para as análises de parâmetros físico-químicos, as amostras foram inicialmente trituradas, enquanto que para a quantificação dos compostos de interesse os extratos foram preparados, através da maceração da fruta em contato com a solução extratora em avaliação: etanol 70 %, etanol 70 % acidificado e água. Os resultados obtidos foram de acordo com aqueles já disponíveis na literatura, tendo o enfoque na comparação com resultados de amostras da Região Sul do Brasil. Verificou-se que para o bom desempenho das quantificações, a avaliação dos parâmetros físico-químicos é de suma importância, uma vez que é possível avaliar o grau de maturação das frutas, fator que possui relação direta com a produção destes compostos pelo seu metabolismo. Em relação ao solvente extrator, evidenciou-se que cada análise apresenta uma maior afinidade com determinado solvente, onde para antocianinas totais e atividade antioxidante se faz necessário o uso de um solvente de maior polaridade. Por fim, a presente pesquisa traz mais dados referentes aos compostos bioativos presentes no morango e framboesa, de modo a embasar a avaliação da utilização destas frutas como fontes potenciais para novos produtos, como corantes e antioxidantes naturais.

Palavras-chave: morango; framboesa; solventes extratores; compostos bioativos; análises físico-químicas.

ABSTRACT

Red fruits, especially strawberries and raspberries, bring numerous health benefits when introduced into the regular diet, due to the presence of vitamins, fiber, proteins, water and bioactive compounds in their composition. Among these bioactive compounds, phenolic compounds stand out for their contribution to health and applicability in industrial products. The objective of this work was to determine the physicochemical parameters and the levels of bioactive compounds present in strawberries, of the San Andreas variety, and raspberries, of the Autumn Bliss variety, in addition to comparing the results against the different extracting solutions used. The analyzes carried out were pH, total soluble solids, total titratable acidity, total soluble solids and total titratable acidity ratio (ratio), total phenolic compounds, total anthocyanins and antioxidant activity. For the analysis of physicochemical parameters, the samples were initially crushed, while for the quantification of the compounds of interest, the extracts were prepared by macerating the fruit in contact with the extracting solution under evaluation: ethanol 70%, ethanol 70% acidified and water. The results obtained were in accordance with those available in the literature, focusing on comparison with results from samples from the Southern Region of Brazil. It was found that for the good performance of quantifications, the evaluation of physical-chemical parameters is of paramount importance, since it is possible to evaluate the degree of ripeness of the fruits, a factor that has a direct relationship with the production of these compounds through their metabolism. In relation to the extracting solvent, it was evident that each analysis presents a greater affinity with a given solvent, where for total anthocyanins and antioxidant activity it is necessary to use a solvent of greater polarity. Finally, this research provides more data regarding the bioactive compounds present in strawberries and raspberries, in order to support the evaluation of the use of these fruits as potential sources for new products, such as natural dyes and antioxidants.

Keywords: strawberry; raspberry; extracting solvents; bioactive compounds; physical-chemical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pseudofruto do morangueiro	16
Figura 2 – Reprodução do morangueiro e desenvolvimento do pseudofruto.....	17
Figura 3 – Pseudofruto do morangueiro	17
Figura 4 – Principal antocianina presente no morango – pelargonidina-3-glicosídeo	21
Figura 5 – Framboesa vermelha	22
Figura 6 – Framboeseira.....	23
Figura 7 – Receptáculo ligado à framboeseira após a colheia da framboesa	23
Figura 8 – Receptáculo e fruta oca da framboeseira	24
Figura 9 – Principal antocianina presente na framboesa – Cianidina-3-soforósifo.....	28
Figura 10 – Classificação dos compostos fenólicos em frutas	31
Figura 11 – Estrutura básica – Cátion flavílio.....	33
Figura 12 – Estrutura das antocianidinas mais abundantes na natureza.....	34
Figura 13 – Estruturas predominantes nas antocianinas em função do pH.....	35
Figura 14 – Fluxograma do procedimento experimental.....	40
Figura 15 – Morangos limpos.....	41
Figura 16 – Framboesas limpas	41
Figura 17 – Morangos congelados.....	42
Figura 18 – Framboesas congeladas	42
Figura 19 – Maceração do morango	44
Figura 20 – Maceração da framboesa.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição nutricional de morangos frescos	19
Tabela 2 – Composição nutricional de framboesas	26
Tabela 3 – pH das amostras de morango e de framboesa.....	47
Tabela 4 – Sólidos solúveis totais das amostras de morango e de framboesa.....	48
Tabela 5 – Acidez total titulável das amostras de morango e de framboesa.....	48
Tabela 6 – Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (<i>ratio</i>).....	49
Tabela 7 – Teor de compostos fenólicos totais nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores.....	50
Tabela 8 – Teor de compostos fenólicos totais nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores.....	51
Tabela 9 – Teor de antocianinas totais nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores	52
Tabela 10 – Teor de antocianinas totais nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores.....	53
Tabela 11 – Percentual de inibição do DPPH nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores.....	54
Tabela 12 – Percentual de inibição do DPPH nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	absorbância
ABTS	2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AMT	antocianinas monoméricas totais
ANOVA	Análise de variância
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Acidez total titulável
CFT	Compostos fenólicos totais
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
<i>et al.</i>	e outros
ϵ	coeficiente de absorvidade molar
F _D	fator de diluição
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
L	caminho óptico
m/v	massa/volume
mg EAG/g	miligrama de ácido gálico equivalente por grama
mg EP/100 g	miligrama de perlargonidina-3-glicosídeo por cem gramas
MM	massa molar
pH	Potencial hidrogeniônico
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SAD	Secretaria de Defesa Agropecuária
UCS	Universidade de Caxias do Sul
UV-VIS	ultravioleta e visível
v/v	volume/volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	MORANGO.....	16
2.1.1	Definições e características gerais	16
2.1.2	Ocorrência no Brasil e no Rio Grande do Sul.....	17
2.1.3	Classificação de cultivares	18
2.1.4	Composição química e nutricional	18
2.1.4.1	Propriedades nutricionais.....	19
2.1.4.2	Compostos fitoquímicos	20
2.2	FRAMBOESA.....	22
2.2.1	Definições e características gerais	22
2.2.2	Ocorrência no Brasil e no Rio Grande do Sul.....	24
2.2.3	Classificação de cultivares	25
2.2.4	Composição química e nutricional	25
2.2.4.1	Propriedades nutricionais.....	25
2.2.4.2	Compostos fitoquímicos	27
2.3	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	28
2.3.1	pH.....	28
2.3.2	Sólidos solúveis totais	29
2.3.3	Acidez total titulável	29
2.3.4	Relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (<i>ratio</i>).....	29
2.4	COMPOSTOS FENÓLICOS	29
2.4.1	Definições e características gerais	30
2.4.2	Efeitos na saúde humana e nos alimentos.....	30
2.4.3	Estrutura química.....	30
2.4.4	Utilização	31
2.4.5	Extração.....	32
2.5	ANTOCIANINAS	32
2.5.1	Definições e características gerais	32

2.5.2	Estrutura química.....	33
2.5.3	Estabilidade	34
2.5.4	Utilização	35
2.6	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	36
2.6.1	Definições e características gerais	36
2.6.2	Classificação	36
2.7	AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, ANTOCIANINAS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM DIFERENTES MATRIZES VEGETAIS.....	37
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	MATERIAIS.....	41
3.2	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS	42
3.2.1	Análise de pH	43
3.2.2	Análise de sólidos solúveis totais	43
3.2.3	Análise de acidez total titulável	43
3.2.4	Análise da relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (<i>ratio</i>)	43
3.3	PROCESSO DE EXTRAÇÃO	44
3.4	PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS DE INTERESSE	45
3.4.1	Determinação de compostos fenólicos totais	45
3.4.2	Determinação de antocianinas totais	45
3.4.3	Determinação da atividade antioxidante	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS	47
4.1.1	Análise de pH	47
4.1.2	Análise de sólidos solúveis totais	48
4.1.3	Análise de acidez total titulável	48
4.1.4	Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável ou <i>ratio</i>	49
4.2	PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO	50
4.2.1	Determinação de compostos fenólicos totais	50
4.2.2	Determinação de antocianinas totais	52
4.2.3	Determinação da atividade antioxidante	54

5	CONCLUSÃO.....	56
6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Na antiguidade, os escritos de Hipócrates, grego conhecido como pai da Medicina, já relacionavam o consumo de alimentos ao combate a doenças, a efeitos preventivos e terapêuticos da alimentação (FLANDRIN; MONTANARI, 1998). Dentre estes alimentos, as frutas apresentam diversas substâncias químicas em sua composição que trazem inúmeros benefícios à saúde quando introduzidas na dieta regular (VIZZOTO, 2012). Dentre elas, podem-se destacar vitaminas, fibras, proteínas, sais minerais, água e os chamados compostos bioativos, como os ricos em fenóis, por exemplo (BOMFIM *et al.*, 2017).

Os compostos fenólicos possuem destaque devido a sua contribuição para a saúde, evidenciada em diversos estudos, que comprovam essa relevância (ANGELO; JORGE, 2007; SOARES, 2002; RIBEIRO, 2012; PEIXOTO, 2021). Neste grupo, destacam-se as antocianinas, responsáveis pela coloração dos frutos (TEIXEIRA; STRINGHETA; OLIVEIRA, 2008) e que possuem propriedades antioxidantes (FALCÃO *et al.*, 2007).

Há muitas fontes potenciais para obtenção de antocianinas e extratos com poder antioxidante, porém, poucas delas possuem estudos aprofundados e de sucesso comercial. Para a produção de corantes, uva e repolho roxo têm se destacado (FRANCIS, 1999 apud CONSTANT, 2003), enquanto que para a obtenção de antioxidantes naturais, há o foco nos extratos de plantas como alecrim e sálvia (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

Outro ponto a ser levado em consideração é que o Brasil, em 2021, ocupou a terceira posição na lista de países com maior produção de frutas (EMBRAPA, 2022). No caso das frutas vermelhas, que são fontes excelentes de ácidos orgânicos, fibras e relevantes antioxidantes como as antocianinas, flavonoides, elagitaninos, catequinas e carotenoides (BEZERRA, 2021), somente em Caxias do Sul, em 2022, a produção do morango foi de 4175 toneladas e de framboesa, de 15 toneladas (SECRETARIA DA AGRICULTURA, 2023). Dessa forma, a região mostra que existe potencial para a biodisponibilidade dessas frutas para análise da viabilidade de aplicação em novos produtos e no aprimoramento de existentes, frente a quantificação dos compostos de interesse presentes em suas composições (SIQUEIRA *et al.*, 2013).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a composição fenólica total de morango da variedade San Andreas e de framboesa da variedade Autumn Bliss cultivadas no interior de Caxias do Sul, com a finalidade de verificar as potencialidades destas frutas.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a composição fenólica total de morango da variedade San Andreas e de framboesa da variedade Autumn Bliss cultivados no interior de Caxias do Sul.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- a) determinar os parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*) de morango da variedade San Andreas;
- b) determinar os parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*) de framboesa da variedade Autumn Bliss;
- c) quantificar o teor de compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante a partir de extratos etanólicos e aquoso obtidos de morango da variedade San Andreas;
- d) quantificar o teor de compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante a partir de extratos etanólicos e aquoso obtidos de framboesa da variedade Autumn Bliss;
- e) comparar os resultados da composição fenólica total, antocianinas totais e atividade antioxidante empregando diferentes soluções extratoras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MORANGO

2.1.1 Definições e características gerais

O morango (*Fragaria x ananassa*) é um pseudofruto, ou fruto falso, do morangueiro (Figura 1) (SANHUEZA *et al.*, 2005). Popularmente chamado de fruta, devido ao termo ser convencionado como as partes comestíveis e doces das plantas, contudo, cientificamente trata-se de um conceito mais complexo (ANDREATTA, 2021). Neste trabalho, o morango será denominado como fruta, devido a ser o seu nome usual.

Figura 1 – Pseudofruto do morangueiro

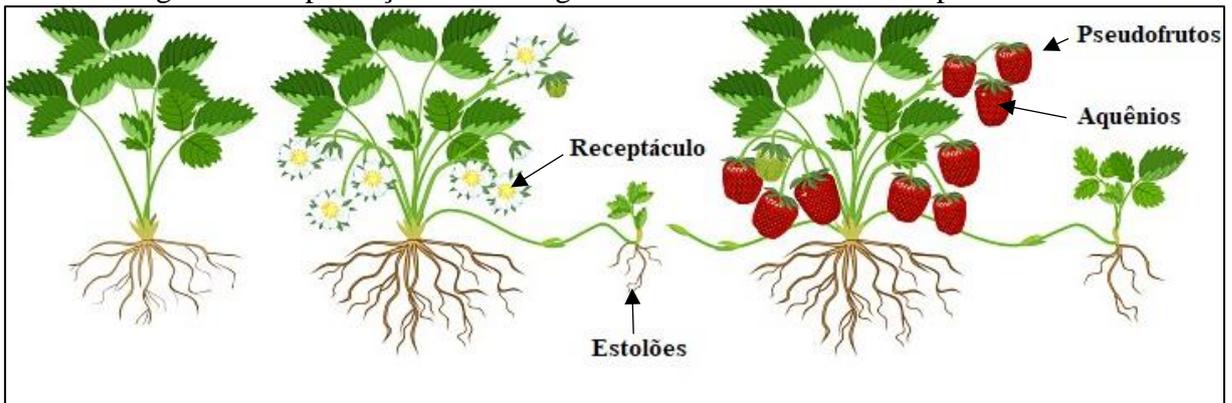


Fonte: A Autora (2023).

O morangueiro pertence à família *Rosaceae* e gênero *Fragaria* (SANTOS, 1999 apud CALVETE *et al.*, 2008) e trata-se de uma planta herbácea e rasteira (CALVETE *et al.*, 2008). A espécie *Fragaria x ananassa* foi originada a partir do cruzamento espontâneo entre as espécies *Fragaria chiloensis* e *Fragaria Virginiana*, ocorrido na França por volta de 1750 (SANTOS, 1999 apud CALVETE *et al.*, 2008).

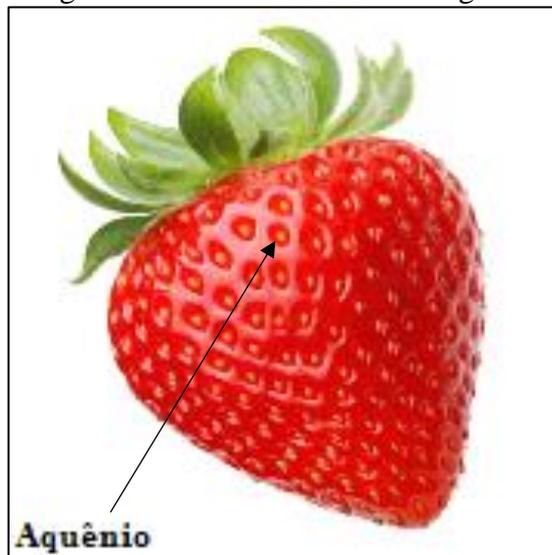
A reprodução do morangueiro é feita através de órgãos, chamados estolões, que a partir de nós dão origem as novas plantas (Figura 2). Os pseudofrutos são obtidos a partir do crescimento do receptáculo das flores, enquanto que os verdadeiros frutos do morangueiro, os aquênios, popularmente conhecidos como sementes (SANHUEZA *et al.*, 2005), são o resultado do desenvolvimento do ovário da flor após o processo de fecundação (ANDREATTA, 2021). A Figura 3 apresenta um pseudofruto do morangueiro e destaca o aquênio.

Figura 2 – Reprodução do morangueiro e desenvolvimento do pseudofruto



Fonte: Adaptado de Adobe Stock (2023).

Figura 3 – Pseudofruto do morangueiro



Fonte: Adaptado de IStock (2023).

2.1.2 Ocorrência no Brasil e no Rio Grande do Sul

No Brasil, o início do cultivo de morangos não é bem conhecido (ANTUNES; JUNIOR, 2007), entretanto a pesquisa e o cultivo começaram a crescer consideravelmente a

partir de 1940, devido a fusão do Instituto Agrônomo de Campinas e o Departamento de Fomento da Produção Vegetal. Contudo, somente a partir de 1960 com o desenvolvimento dos primeiros cultivares adaptados às condições locais, foi possível o aumento da produtividade e qualidade dos frutos (ANTUNES; PERES, 2012), sendo bem adaptado entre o sul de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (SANTOS, 1999 apud MANGNABOSCO *et al.*, 2008).

No Rio Grande do Sul, a cultura teve seu impulso comercial na região da Serra Gaúcha e Vale do Rio Caí no início de 1970 (SANHUEZA *et al.*, 2005). A época para realização do plantio varia de acordo com a região, onde na Serra Gaúcha é realizado entre o fim de maio e início de junho, enquanto que, por exemplo, em Minas Gerais é realizado a partir de março. Devido às novas variedades desenvolvidas e aos sistemas de cultivo, pode-se produzir morangos durante o ano todo (ANTUNES; JUNIOR, 2007).

2.1.3 Classificação de cultivares

Os cultivares de *Fragaria x ananassa* são classificados em três tipos, de acordo com a sensibilidade ao fotoperíodo, sendo eles cultivares de dias curtos, neutros e longos. A maioria dos cultivos no Brasil são de dias curtos e neutros (STRASSBURGER *et al.*, 2010). Em cultivos de dias curtos, a floração do morangueiro é induzida pela diminuição do fotoperíodo, ou seja, quando o comprimento do dia é menor do que 14 horas e as temperaturas inferiores à 15 °C (MANGNABOSCO *et al.*, 2008). Em cultivos de dias neutros, a floração é relacionada com a temperatura independente do fotoperíodo, sendo induzida com temperaturas acima de 10 °C e abaixo de 25 °C (SANTOS, 1999 apud CALVETE *et al.*, 2008), enquanto que em cultivares de dias longos, é necessário um fotoperíodo com uma grande exposição a luz (CALVETE *et al.*, 2008).

O cultivar San Andreas se trata de um cultivar de dia neutro desenvolvido pela Universidade da Califórnia, a partir do cruzamento entre o cultivar Albion e a seleção CAL 97.86-1. Atualmente, é o cultivar mais procurado pelos produtores devido a ter uma boa produtividade ao cultivo de segundo ano com as mesmas plantas, além de ser bem adaptado em sistemas com cultivo fora do solo. Produz frutas grandes com formato cônico alongado, polpa firme, bom sabor e coloração vermelha brilhante, sendo comercializada *in natura* ou para decoração (FAGHERAZZI, 2017).

2.1.4 Composição química e nutricional

2.1.4.1 Propriedades nutricionais

O morango é um fruto muito presente na dieta humana, visto sua cor e sabor atrativos (ROBARDS *et al.*, 1999). São frutos largamente consumidos *in natura* ou processados, em sucos, geleias, sorvetes, entre outros (PROTEGGENTE *et al.*, 2002). Além do atrativo visual e sabor, os morangos possuem muitos nutrientes essenciais, fitoquímicos benéficos a saúde e são baixos em calorias (GIAMPIERI *et al.*, 2012).

A Tabela 1 apresenta a composição nutricional dos morangos, discriminando a quantidade de carboidratos, fibras, vitaminas, minerais, entre outros.

Tabela 1 – Composição nutricional de morangos frescos

Nutriente	Por 100 gramas
Água (g)	90,95
Energia (kcal)	32,00
Proteína (g)	0,67
Carboidrato (g)	7,68
Fibra (g)	2,00
Lipídios totais (g)	0,30
Açúcares (g)	4,89
Magnésio (mg)	13,00
Manganês (mg)	0,39
Potássio (mg)	153,00
Folato/ Vitamina B9 (mg)	24,00
Vitamina C (mg)	58,80
Vitamina B6 (mg)	0,05
Vitamina K (mg)	2,20
Vitamina A (mg)	1,00

Fonte: Adaptado de Giampiere *et al.* (2012).

Do ponto de vista nutricional, os morangos são constituídos majoritariamente por água, cerca de 91 %, e carboidratos, em torno de 7,7 %. Possuem pequenas quantidades de gordura (0,3 %) e de proteína (0,7 %), além de possuírem baixo valor energético (Tabela 1). Grande parte dos carboidratos dos morangos são provenientes de açúcares simples (glicose,

frutose e sacarose) e de fibras, que agem na regulação dos níveis de açúcar no sangue e controlam a ingestão de calorias devido ao seu efeito saciante (GIAMPIERE *et al.*, 2012).

O morango é uma das fontes naturais mais ricas em vitamina C, que age como um antioxidante para a saúde imunológica e da pele (BJARNADOTTIR, 2019), onde uma porção de 100 gramas fornece 130 % da ingestão diária recomendada para adultos, conforme a Anvisa (2005). Trata-se de uma fruta rica em manganês, fornecendo 17 % da ingestão diária desse mineral ao ingerir uma porção de 100 gramas, fornece 5 % da quantidade diária necessária de magnésio, mineral que auxilia na absorção de nutrientes, apresenta uma elevada concentração de folato (vitamina B9), que é uma vitamina importante para o crescimento de tecidos e para a função celular, além de conter pequenas quantidades de outras vitaminas e minerais essenciais (GIAMPIERE *et al.*, 2012; BJARNADOTTIR, 2019).

2.1.4.2 Compostos fitoquímicos

Além destes compostos nutritivos, há a presença dos fitoquímicos, que são os compostos fenólicos, os quais não possuem funções essenciais às plantas, porém apresentam potencialidades biológicas para a saúde humana (HÄKKINEN; TORRONEN, 2000). Dentre eles, a maior classe de compostos fenólicos é representada pelos flavonoides (antocianinas), seguido pelos taninos hidrolisáveis (elagitaninos) e ácidos fenólicos (GIAMPIERE *et al.*, 2012).

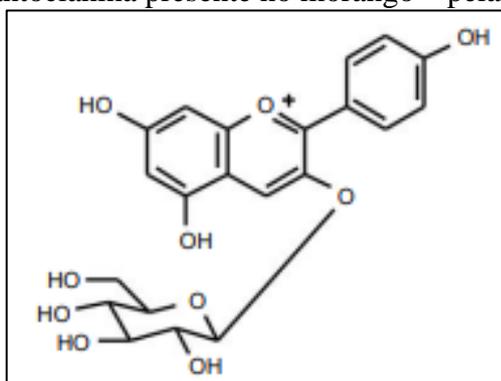
Estudos determinam que o teor de compostos fenólicos totais presentes em morangos varia entre 1,58 a 330,56 mg/g de fruto fresco (HERNANZ *et al.*, 2007; KELEBEK; SELLI, 2011; CHAVES, 2014; RIGOLON; BARROS; STRINGHETA, 2020). A variação encontrada no teor de compostos se dá pelo grau de maturação, clima e solo do cultivo, solvente extrator utilizado e pela metodologia de extração e quantificação utilizada (CAMARGO, 2019).

A cor atrativa dos morangos deve-se aos derivados de antocianinas ligados a açúcares, onde a sua concentração está relacionada ao nível de maturação dos morangos. As antocianinas presentes em morangos são os compostos polifenólicos mais conhecidos e quantitativamente os mais importantes (DA SILVA *et al.*, 2002). Há muitos estudos que determinam que o conteúdo total de antocianinas varia em torno de 8,75 a 22,5 mg/100 g de fruto fresco (PINTO, 2008; FERREIRA; STRINGHETA; DE OLIVEIRA, 2014; TEIXEIRA, 2008; WU *et al.*, 2006). Vale ressaltar, que as antocianinas são pouco afetadas pelo congelamento, sendo degradadas a temperaturas elevadas, acima de 50 °C (PATRAS *et al.*, 2010). Dentre os estudos

já realizados, foram descritos mais de 25 pigmentos distintos de antocianinas em diferentes variedades de morangos (DA SILVA *et al.*, 2007).

As antocianinas que mais ocorrem no morango são as baseadas em pelargonidina e cianidina (DA SILVA *et al.*, 2002). As duas principais antocianinas presentes nos morangos são a pelargonidina-3-glicosídeo (Figura 4), cuja presença é independente de fatores genéticos ou ambientais, e a cianidina-3-glicosídeo que está presente em quantidades menores (GIAMPIERE *et al.*, 2012).

Figura 4 – Principal antocianina presente no morango – pelargonidina-3-glicosídeo



Fonte: Beattie.; Crozier; Duthie (2005).

O poder antioxidante dos morangos está relacionado com a presença de sequestradores de radicais de oxigênio, como a vitamina C e os compostos fenólicos (GIAMPIERE *et al.*, 2012). Devido a elevada presença de compostos antioxidantes nos morangos, estes possuem uma capacidade antioxidante de 2 a 11 vezes maior do que em maçãs, pêssegos, peras, uvas, tomates, laranjas e kiwis. Fator que é influenciado pela espécie, variedade e pelas condições de cultivo da planta (SCALZO *et al.*, 2005).

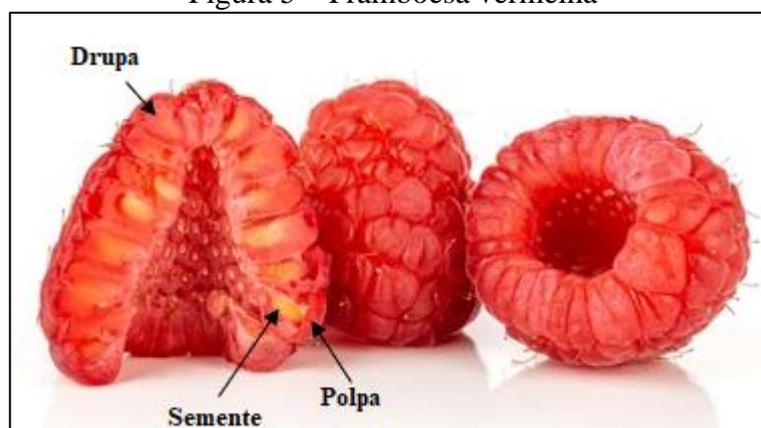
A contribuição individual de cada fitoquímico presente na fruta é o que determina a sua atividade antioxidante. O estudo de Tulipani *et al.* (2011), avaliou a contribuição individual para com a atividade antioxidante do morango, onde a vitamina C foi a responsável por mais de 30 %, seguida pelas antocianinas com 25 a 40 % e o restante por derivados de flavonóis e ácido elágico.

2.2 FRAMBOESA

2.2.1 Definições e características gerais

A framboesa (*Rubus*) trata-se de uma polidrupa, ou seja, um fruto agregado. Botanicamente, essa denominação consiste pelo fato de tratar-se de um agregado de múltiplas pequenas drupas (CAMINITI; PAGOT, 2016), onde cada drupa é formada por uma semente dura envolvida por polpa (Figura 5) (SOUSA, 2007). Neste trabalho, a framboesa também será referida como fruta, devido a ser o seu nome usual.

Figura 5 – Framboesa vermelha



Fonte: Adaptado de Shutterstock (2023).

A framboeseira (Figura 6) pertence à família das *Rosaceas*, gênero *Rubus* e subgênero *Idaeobatus*, tendo como características serem plantas herbáceas e perenes (SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2014). Engloba cerca de 200 espécies, onde as mais conhecidas são a *Rubus idaeus* (framboesa vermelha), *Rubus neglactus* (framboesa púrpura) e *Rubus occidentalis* (framboesa preta). A maior parte dos cultivares foram originados do cruzamento entre duas subespécies nativas da Europa, *Rubus idaeus L.* e *Rubus idaeus vulgatus*, com a subespécie *Rubus idaeus Strigosus*, nativa da América do Norte e da Ásia (CAMINITI; PAGOT, 2016).

Figura 6 – Framboeseira



Fonte: A Autora (2023).

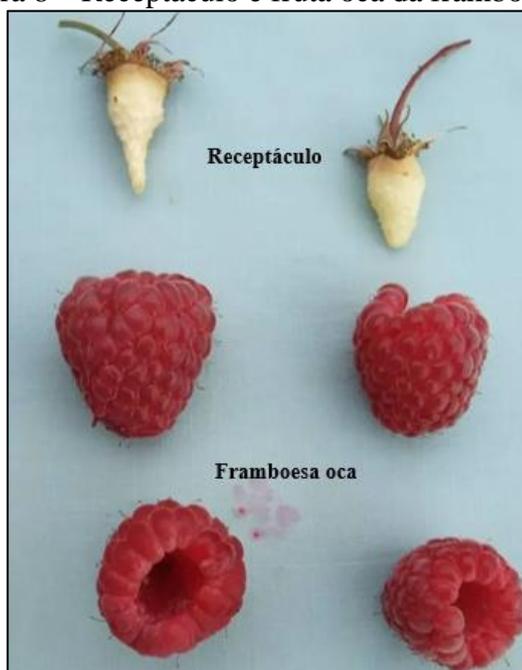
Quando a fruta se encontra madura, pronta para ser colhida, desprende-se facilmente do receptáculo, que permanece ligado à planta (CAMINITI; PAGOT, 2016). Por conta disso, o fruto fica oco (Figuras 7 e 8) se tornando frágil e perecível, o que ocasiona uma limitação na conservação da fruta fresca (CORREIA, 2016).

Figura 7 – Receptáculo ligado à framboeseira após a colheita da framboesa



Fonte: A Autora (2023).

Figura 8 – Receptáculo e fruta oca da framboeseira



Fonte: Adaptado de Romero (2022).

2.2.2 Ocorrência no Brasil e no Rio Grande do Sul

No Brasil, seu cultivo foi iniciado a partir da chegada dos imigrantes alemães que as trouxeram para consumo próprio. Em 1950, em Campos do Jordão - SP foi plantado o primeiro cultivo com o objetivo comercial. Após, o cultivo se espalhou, tendo se concentrado nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo (SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2014).

A framboeseira trata-se de uma planta de clima temperado, que para garantir sua sobrevivência a baixas temperaturas, possui um estado de inatividade fisiológica (MARCHI, 2015). Logo, para seu cultivo é idealizado regiões com verão relativamente fresco e inverno de temperatura amena (TEZOTTO-ULIANA; KLUGE, 2013). Porém, a maior representatividade de área plantada no Brasil se encontra no Rio Grande do Sul, região de clima subtropical. Nesse estado, a produção é concentrada nos municípios de Caxias do Sul e Vacaria (SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2014), onde sua safra ocorre entre os meses de novembro a março (TEZOTTO-ULIANA; KLUGE, 2013).

2.2.3 Classificação de cultivares

As framboesas podem ser divididas em grupos de acordo com a sua coloração ou hábito de frutificação. Na classificação quanto a coloração, podem ser vermelhas, pretas, púrpuras ou amarelas (SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2014), sendo a framboesa vermelha a mais cultivada mundialmente e de maior valor comercial (CAMINITI; PAGOT, 2016). Na divisão pelo hábito de frutificação, podem ser remontantes ou não remontantes. Nos cultivares remontantes, podem ser realizadas duas produções, sendo que após a segunda o ramo da framboeseira seca. Já nos cultivares não remontantes, existe somente uma única produção no período de primavera/verão (SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PEQUENAS FRUTAS, 2014).

No Brasil, os cultivares mais plantados são Heritage, Autumn Bliss e Batum (SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PEQUENAS FRUTAS, 2014), que se caracterizam por:

- a) o cultivar Heritage produz frutas cônicas, de tamanho médio, de coloração vermelha, firmes e de qualidade regular, caracteriza-se pela boa adaptabilidade as condições climáticas e maturação tardia. Seu cultivo se concentra em Gonçalves, Campos do Jordão, Vacaria e Caxias do Sul;
- b) o cultivar Autumn Bliss produz frutas grandes, oval-cônicas, de coloração vermelha escura, não firme, sendo uma das mais sensíveis no pós-colheita, apresenta baixa exigência de frio e caracteriza-se pela maturação mais precoce. Seu cultivo se concentra no sul de Minas Gerais, Caxias do Sul e São Paulo;
- c) o cultivar Batum produz frutas ovais e de coloração vermelha clara, caracterizando-se pela baixa exigência de frio. Seu cultivo se concentra no sul de Minas Gerais (TEZOTTO-ULIANA; KLUGE, 2013).

O cultivar Autumn Bliss trata-se de um cultivar remontante, originário da Inglaterra em 1974 (TEZOTTO-ULIANA; KLUGE, 2013).

2.2.4 Composição química e nutricional

2.2.4.1 Propriedades nutricionais

A framboesa é uma das frutas vermelhas mais consumidas popularmente, juntamente do morango, mirtilo e amora (NASCIMENTO, 2021). É destinada ao mercado *in natura*, na fabricação de produtos lácteos, congelados, na fabricação de geleias, entre outros (ABAURRE

et al., 2017). Seu consumo trata-se de uma escolha alimentar saudável, por ser rica em nutrientes essenciais à dieta humana e compostos bioativos (CORREIA, 2016).

A Tabela 2 apresenta a composição nutricional das framboesas, discriminando a quantidade de carboidratos, fibras, vitaminas, minerais, entre outros.

Tabela 2 – Composição nutricional de framboesas

Nutriente	Por 100 gramas
Água (g)	85,75
Energia (kcal)	49
Proteína (g)	1,20
Carboidrato (g)	11,90
Fibra (g)	6,50
Lipídios totais (g)	0,65
Açúcares (g)	4,40
Cálcio (mg)	25,00
Fósforo (mg)	29,00
Magnésio (mg)	22,00
Potássio (mg)	151,00
Vitamina C (mg)	26,20
Vitamina E (mg)	0,90
Vitamina B6 (mg)	13,00

Fonte: Adaptado de Marchi (2015); Sousa (2007).

Da perspectiva nutricional, a framboesa possui um alto teor de água, cerca de 86 %, e baixo teor de lipídios, aproximadamente 0,65 %. Possui uma pequena quantidade de carboidratos (11,90 %), baixo valor energético (49 kcal), que a torna ideal para programas alimentares que visam o déficit calórico, e alto teor de fibras (6,50 %), que auxilia no processo digestivo (SOUSA, 2007). Ademais, tem em sua composição diversas vitaminas e sais minerais, sendo rica em vitamina C, onde em uma porção de 100 gramas é ingerido aproximadamente 58 % da ingestão diária recomendada para adultos pela Anvisa (2005), e em menores proporções vitamina A, K e B6. Em relação aos sais minerais, destaca-se a presença de elevadas doses de potássio, fósforo, cálcio e magnésio (MARCHI, 2015).

2.2.4.2 Compostos fitoquímicos

Com relação aos compostos bioativos, as framboesas maduras são ricas em fitoquímicos, destacando-se compostos fenólicos flavonóides e não flavonóides. Dos flavonóides encontrados nas framboesas destacam-se as antocianinas e, em concentrações menores, flavan-3-óis e flavonóis. Em relação aos não flavonóides, há os taninos hidrolisáveis (elagitaninos) e, em concentrações menores, taninos condensados, ácidos fenólicos e lignanos (CORREA, 2016). No entanto, as pesquisas sobre a composição fenólica das framboesas são mais escassas ao se comparar com outras pequenas frutas, como o morango e amora (MARCHI, 2015).

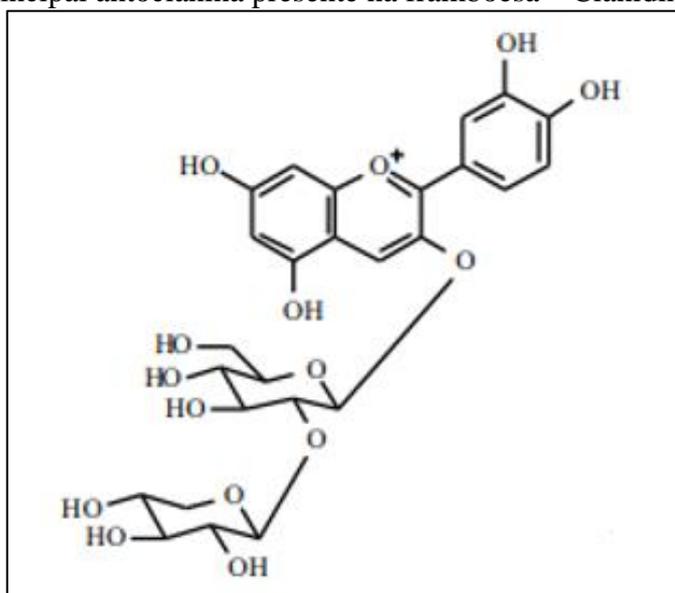
Estudos relatam que o teor de compostos fenólicos totais presentes em framboesas varia em torno de 1,30 a 234,2 mg/g de fruta fresca (MOSER, 2018; MARZZANI, 2019; RIGOLON; BARROS; STRINGHETA, 2020). É válido ressaltar que esta variação é decorrente ao cultivo (clima e solo), pela maturação e pela metodologia aplicada para realização da quantificação (CAMARGO, 2019)

A coloração da framboesa é proveniente da síntese de antocianinas durante o processo de maturação do fruto (MARCHI, 2015). Juntamente com os elagitaninos, é o composto fenólico com maior concentração na framboesa (CORREIA, 2016). Há um crescimento no interesse sobre a quantificação das antocianinas na framboesa, onde há estudos que relatam um teor de 10,86 a 99 mg/100 g de fruta fresca (WU *et al.*, 2006; GARBIN, 2019; RIGOLON; BARROS; STRINGHETA, 2020; PANTELIDIS; VASILAKAKIS; MANGANARIS, 2007; PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010).

Segundo Wu *et al.* (2006), as framboesas vermelhas possuem teor total de antocianinas de 92,1 mg/100 g de fruta fresca. Ao comparar com o teor presente em morangos, verifica-se que a framboesa apresenta um teor 4 vezes maior que o do morango (21,1 mg/100 g de fruta fresca). De acordo com o estudo de Mullen *et al.* (2002), o teor de antocianinas presentes nas framboesas frescas e congeladas não variam significativamente após o congelamento das mesmas, apresentando uma variação de cerca de 3 %.

As antocianinas presentes na framboesa se caracterizam por soforósidos, glucósidos e rutinósidos de cianidina e de pelargonidina, onde a ocorrência de cianidinas são superiores às pelargonidinas (WU *et al.*, 2006). As principais antocianinas quantificadas em framboesas são cianidina-3-soforósido (Figura 9), cianidina-2-glucósido e pelargonidina-3-glucósido, sendo que a cianidina-3-soforósido está presente em maior quantidade (MULLEN *et al.*, 2002).

Figura 9 – Principal antocianina presente na framboesa – Cianidina-3-soforósifo



Fonte: Beattie; Crozier; Duthie (2005).

A atividade antioxidante das framboesas está relacionada à presença de vitamina C e de compostos fenólicos, principalmente as antocianinas e os elagitaninos (CORREA, 2016). A vitamina C é responsável por 17 % da atividade antioxidante dos frutos, as antocianinas por 25 % e os elagitaninos por 54 % (SARIBURUN *et al.*, 2010). Segundo Maro *et al.* (2013), as framboesas cultivadas em regiões subtropicais, apresentam um aumento na sua atividade antioxidante.

2.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Para mensurar a qualidade das frutas, se faz necessária a realização de análises físico-químicas, tais como potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais, acidez total titulável e a relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*). Essas análises são fundamentais para a comercialização das frutas, ajuste de adubação e avaliação do sistema de cultivo, assim como dos cultivares (CARVALHO, 2013).

2.3.1 pH

O pH é referente à concentração dos íons hidrônio (H_3O^+) em meio aquoso, indicando a respeito da acidez, neutralidade ou alcalinidade desse meio. Sua faixa comum de variação é entre 0,0 e 14,0 (SPERLING, 1996). Para valores de pH menores do que 7,0, a fruta é caracterizada como ácida; igual a 7,0, neutra e superior a 7,0, alcalina (FIGUEIREDO *et al.*

(2010). De acordo com a *Food and Drug Administration* (FDA), para o morango espera-se que o pH obtido seja em torno de 3,00 a 3,90, enquanto que para a framboesa de 3,22 a 3,95 (FDA, 2007).

2.3.2 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais representa os açúcares, vitaminas e sais minerais dissolvidos, sendo que 85 % do seu total refere-se aos açúcares. Assim, quanto maior o seu valor, mais madura e doce será a amostra (CARVALHO, 2013).

A Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018, estabelece que o valor mínimo do teor de sólidos solúveis totais em morangos é de 6,5 °Brix, enquanto que para a framboesa é de 8,0 °Brix (SAD, 2018).

2.3.3 Acidez total titulável

A acidez total titulável é o teor de ácidos orgânicos presentes, possui influência no sabor, odor, cor e manutenção da qualidade das frutas (CECCHI, 2001). Estes ácidos são responsáveis pela regulação do pH celular, o que influencia na estabilidade das antocianinas, logo, na coloração das frutas (CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003).

A Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018, estabelece que o valor mínimo de acidez total titulável em morangos é de 0,8 % de ácido cítrico e para a framboesa de 1,2 % de ácido cítrico (SAD, 2018).

2.3.4 Relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*)

A relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável, também chamada de *ratio*, é um indicativo da maturação das frutas e do seu sabor, por ser a relação entre a quantidade de açúcares e ácidos orgânicos presentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Essa relação aumenta à medida que a fruta passa pelo processo de maturação (KRUMREICH *et al.*, 2015).

Trata-se de uma relação variável, visto que depende do teor de sólidos solúveis e da acidez total titulável, onde uma maior relação confere o sabor mais agradável a fruta, sendo assim um indicativo de sua qualidade (CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003).

2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS

2.4.1 Definições e características gerais

Os compostos fenólicos, ou polifenóis, tratam de compostos amplamente distribuídos na natureza. Originam-se do metabolismo secundário das plantas, estando presente nas flores, sementes e frutas (BRAVO, 1998). As pequenas frutas são ricas nestes compostos, sendo eles principalmente antocianinas, ácido elágico, carotenóides, entre outros (MARCHI, 2019).

Em plantas, são responsáveis pela alta resistência a microrganismos e pragas e por parte de sua pigmentação. Nos alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2006).

Os compostos fenólicos são os antioxidantes naturais mais facilmente disponíveis, encontrados em frutas e vegetais, além de serem considerados os mais ativos (MESSIAS, 2009). Os compostos fenólicos são classificados como antioxidantes primários, devido a agirem como sequestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia (MOREIRA; MARCINI-FILHO, 2004). Esse modo de ação reduz a oxidação lipídica em tecidos vegetais e animais, além de que ao ser inserido na alimentação humana, reduz o risco de desenvolvimento de patologias (ANGELO; JORGE, 2006).

2.4.2 Efeitos na saúde humana e nos alimentos

Ao inserir os compostos fenólicos na dieta, são atribuídos efeitos benéficos à saúde humana, visto que estes possuem efeitos antialérgicos, anti-inflamatórios, antimicrobianos e previnem o envelhecimento. Estes benefícios são atribuídos, principalmente, às suas propriedades antioxidantes (PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010). Com base nisso, alimentos que contenham estes compostos, são conhecidos como funcionais – alimentos que trazem benefícios à saúde (VIZZOTO, 2012).

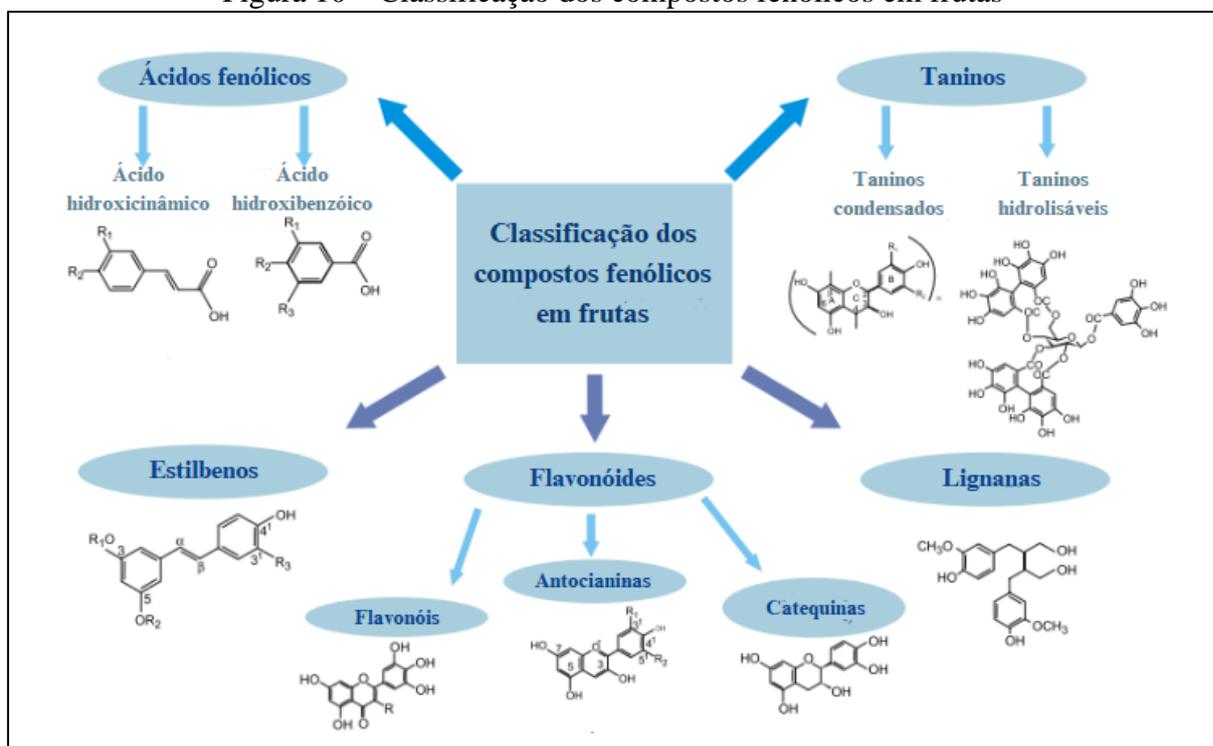
Os compostos fenólicos agem como antioxidantes e impedem a oxidação de vários ingredientes dos alimentos, tais como ácidos graxos e óleos através de seus radicais intermediários estáveis. Esta oxidação é chamada de oxidação lipídica dos alimentos, que ocasiona a sua deterioração (SOARES *et al.*, 2008).

2.4.3 Estrutura química

Quimicamente, são caracterizados por apresentarem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos e seus grupos funcionais, ou seja, tratam-se de substâncias aromáticas. A diversidade estrutural destes compostos deve-se à grande variedade de combinações que acontecem na natureza, podendo variar de moléculas simples a compostos altamente polimerizados, estando na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídios) ou proteínas (BRAVO, 1998).

Estes compostos podem ser divididos em pelo menos 10 classes diferentes de acordo com a sua estrutura química básica (HARBONE, 1989 apud BRAVO, 1998). Dos compostos fenólicos presentes em frutas classificam-se como ácidos fenólicos, estilbenos, flavonóides, taninos e lignanas, conforme Figura 10.

Figura 10 – Classificação dos compostos fenólicos em frutas



Fonte: Adaptado de Paredes-Lópes *et al.* (2010).

2.4.4 Utilização

Os compostos fenólicos são cada vez mais utilizados na indústria alimentícia pela sua eficácia na prevenção da oxidação lipídica em substituição aos aditivos sintéticos e na fabricação de corantes (SOARES, 2002). Na indústria farmacêutica há um crescente potencial de uso para fabricação de novos produtos devido a sua ação antioxidante frente às doenças crônicas e o envelhecimento (DA SILVA, 2018).

Desde muitos anos os compostos fenólicos são destacados nas pesquisas sobre seus potenciais benefícios à saúde. Em 1998, Bravo já relatava que os compostos fenólicos poderiam ter aplicações muito importantes na prevenção e tratamento das doenças crônicas, como cardiovasculares e câncer.

Segundo Achkar *et al.* (2013), os estudos sobre a obtenção e a disponibilidade destes compostos são de extrema importância, visto as vantagens a saúde principalmente em relação as propriedades antioxidantes e devido a serem compostos encontrados com facilidade na natureza.

2.4.5 Extração

Existem diversos métodos para extração de compostos presentes em fontes vegetais, sendo a extração de compostos fenólicos, tais como antocianinas, taninos e catequinas, realizada pelo método sólido-líquido. Neste tipo de extração, a fonte vegetal é colocada em contato com um solvente, que ao penetrar nas células, solubiliza os compostos. Após esta extração deve-se retirar o material sólido para os processos posteriores de preparos e análises (DIAS, 2019).

Os métodos de extração podem ser realizados utilizando soxhlet, assistida por ultrassom, extração em leito agitado, extração por maceração ou por sonificação (SANTOS; VEGGI; MEIRELES, 2010).

A maioria dos compostos fenólicos em geral são extraídos com etanol, metanol e acetona devido a apresentarem caráter polar. De modo a potencializar o processo de extração, tornando a solução extrativa na faixa de pH entre 1,0 e 2,0, pode-se adicionar ácidos em baixa concentração, sendo mais usual a utilização de ácidos clorídricos e fórmicos (CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009; FERREIRA, 2014; PINTO, 2008).

2.5 ANTOCIANINAS

2.5.1 Definições e características gerais

As antocianinas são pigmentos hidrosolúveis, coloridos e que se encontram amplamente distribuídos na natureza. Tratam-se do segundo grupo de pigmento com maior distribuição no reino vegetal, ficando atrás somente da clorofila (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

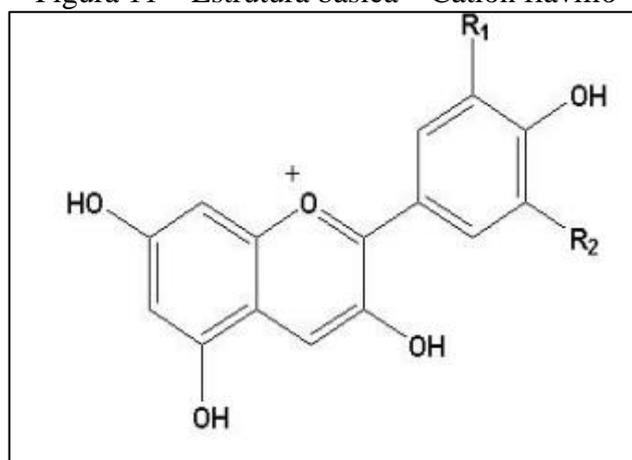
A palavra antocianina é derivada das palavras gregas *anthos* (flor) e *kianos* (azul), foi originada para denominar as cores azuis das flores. São responsáveis pela maioria das cores de flores, frutas, folhas, caules e raízes das plantas (MARKAKIS, 1982 apud CONSTANT, 2003), como azul, roxo, violeta, vermelho e laranja (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Possuem propriedades que auxiliam no funcionamento benéfico à saúde humana com funções antioxidantes e anti-inflamatórias, devido à capacidade de doar hidrogênios ou elétrons aos radicais livres (GARBIN, 2019).

2.5.2 Estrutura química

São compostos fenólicos, da família dos flavonóides, e apresentam a estrutura química básica C₆-C₃-C₆ (CONSTANT, 2003). A estrutura comum a todas é o cátion flavílio, conforme apresentado na Figura 11 (LOPES *et al.*, 2007).

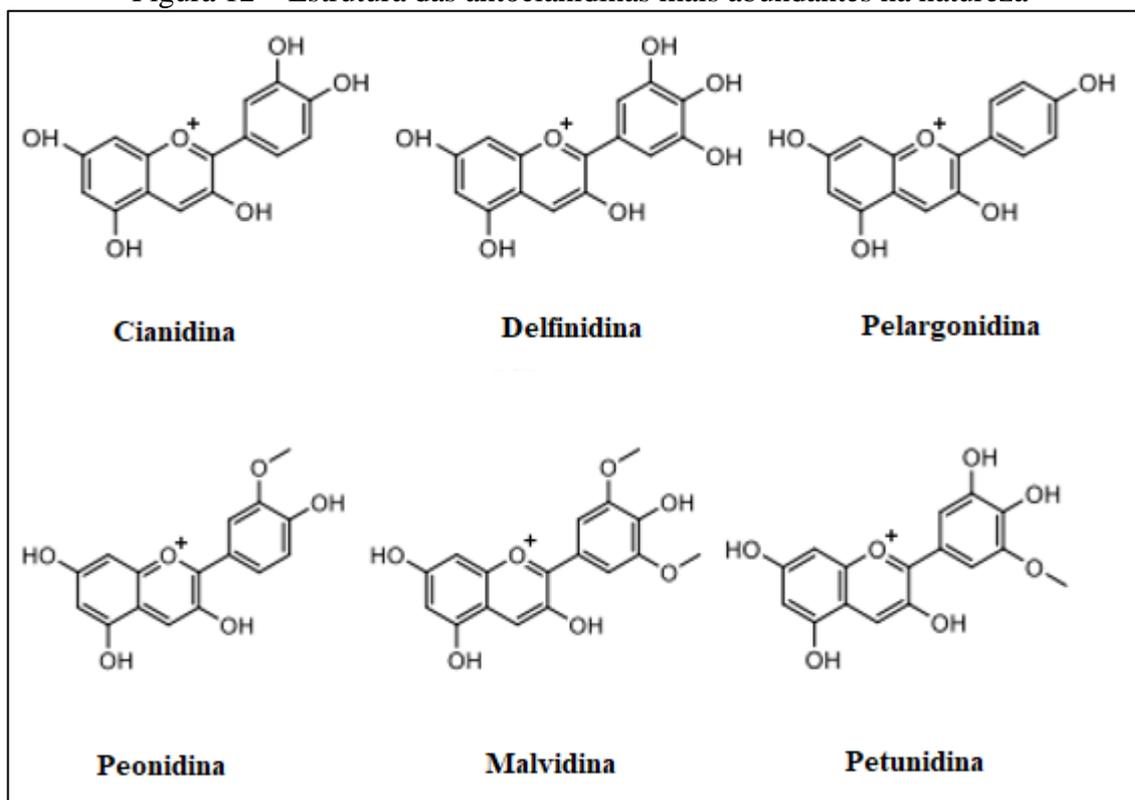
Figura 11 – Estrutura básica – Cátion flavílio



Fonte: Adaptado de Li *et al.* (2017).

É constituída por um grupo de açúcares, uma aglicona (antocianidina) e um grupo de ácidos orgânicos. Na natureza mais de 90 % das antocianinas identificadas são constituídas das agliconas malvidina, delphinidina, cianidina, pelargonidina, peonidina e petunidina (WU *et al.*, 2006; WALLACE, 2011). A metade dessas agliconas são metiladas (peonidina, malvidina e petunidina) e a outra metade, não metilada (cianidina, delphinidina e pelargonidina) conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Estrutura das antocianinas mais abundantes na natureza



Fonte: Adaptado de Lopes *et al.* (2007).

Há mais de 600 tipos de antocianinas já identificadas, onde cada variedade deve-se ao tipo de açúcar ligado à sua estrutura, destacando-se a glicose, a ramnose e a xilose (VIZZOTO, 2012). Devido ao anel aromático estar ligado aos açúcares e pela presença de hidroxilas, carboxilas e metoxilas, são compostos com elevada polaridade. Assim, o processo de extração de antocianinas apresenta um melhor rendimento se realizado com solvente de alta polaridade, como água, metanol e etanol (PALUDO, 2013).

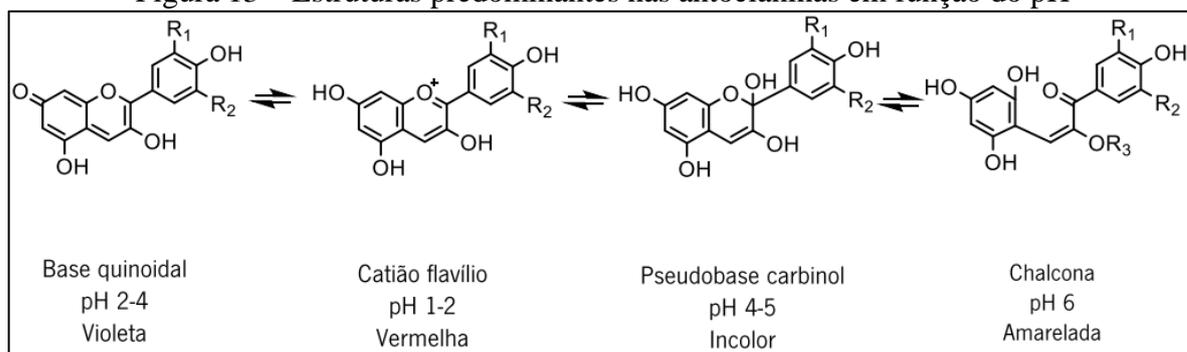
2.5.3 Estabilidade

A variedade de cores associadas às antocianinas ocorre devido ao pH, visto que em soluções aquosas, as antocianinas variam suas estruturas em cada faixa de pH, originando uma nova coloração (PALUDO, 2013). Dentre as diferentes estruturas, o cátion flavílio é o que apresenta a maior estabilidade (CANTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009).

Em meio ácido, pH entre 1,0 e 2,0, ocorre o predomínio do cátion flavílio, tornando a coloração vermelha intensa. Na faixa de pH de 2,0 a 4,0, ocorre o predomínio da base quinoidal, proporcionando a coloração violeta. Conforme o pH vai aumentando, de 4,0 a 5,0, as antocianinas se tornam incolores, por conta da predominância da pseudobase carbinol. Ao

atingir o pH acima de 6,0, é predominada pela chalcona, tornando a coloração amarelada. Em pH superior a 7,0 ocorre a degradação das antocianinas conforme seus grupos substituintes (MARÇO, POPPI, 2008; CANTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009). A Figura 13 apresenta as estruturas em função da variação do pH e da coloração das antocianinas.

Figura 13 – Estruturas predominantes nas antocianinas em função do pH



Fonte: Dias (2019).

2.5.4 Utilização

As antocianinas são cada vez mais utilizadas pela indústria alimentícia para substituir os corantes artificiais, porém ainda são poucas as fontes comercialmente utilizadas (TEIXEIRA, STRINGHETA, DE OLIVEIRA, 2008).

O uso de corantes na indústria alimentícia é datado de muitos anos, visto que cor e aparência do produto final são dois dos pontos mais atrativos ao consumidor. Na indústria, comumente utilizam-se corantes sintéticos, que apresentam baixo custo de produção e boa estabilidade aos processos de degradação. Entretanto, cada vez mais o número de aditivos sintéticos liberados para utilização em alimentos pela legislação dos países decresce, e com isso há uma demanda de desenvolvimento de corantes naturais para utilização na indústria alimentícia (LOPES *et al.*, 2007).

Com base nesta demanda, as antocianinas são uma alternativa viável para esta substituição. Sua solubilidade em água auxilia na inclusão em sistemas aquosos e não há um limite máximo para sua aplicação nos alimentos (PALUDO, 2013). Possui apenas a limitação referente a sua menor estabilidade devido a mudança de coloração em função do pH do meio, onde restringe-se seu uso em sorvetes, vinhos e afins (LOPES *et al.*, 2007).

Um importante ponto a se destacar é que podem ser utilizadas como um substituto ao corante carmim de cochonilha em produtos com baixo pH, como refrigerantes, conservas e geleias (DE VARGAS, 2015). Esse corante é de origem animal, não sendo consumido por

veganos, e também, levanta questionamentos acerca da proteção animal, visto que são utilizados inúmeros insetos para produzir uma pequena quantidade de corante (DIAS, 2019).

2.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

2.6.1 Definições e características gerais

A atividade antioxidante trata-se do combate aos radicais livres, que são produzidos e utilizados em uma extensa gama de processos fisiológicos (PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010). Um radical livre é qualquer átomo ou molécula que contém elétrons desemparelhados que alteram a sua reatividade química, os tornando mais reativos e instáveis (ANDERSON, 1996). Esses radicais agem nos processos metabólicos como mediadores na transferência de elétrons em várias reações bioquímicas, possibilitando a geração de energia, ativação de genes e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção. Contudo, sua produção excessiva pode causar danos oxidativos (BARBOSA *et al.*, 2010).

O desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a defesa antioxidante é chamado de estresse oxidativo. Trata-se de uma condição biológica que pode levar à insuficiência dos mecanismos de defesa, que resulta no envelhecimento e na patologia de diversas doenças crônicas (câncer, diabetes, Parkinson e Alzheimer) (PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010).

O corpo humano possui mecanismos para defesas antioxidantes, para que não ocorra o estresse oxidativo, como as defesas não enzimáticas e enzimáticas. As defesas enzimáticas se tratam daquelas produzidas pelo próprio organismo, logo, são endógenas. Já as defesas não enzimáticas são as fornecidas através de dieta, ou seja, exógenas. Dentre estas fontes exógenas, destacam-se os compostos fenólicos (taninos, antocianinas e ácidos fenólicos) (PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010).

2.6.2 Classificação

Os antioxidantes podem ser classificados conforme a atividade enzimática. Os com atividade enzimática são aqueles em que as enzimas removem as espécies reativas ao oxigênio, ou seja, impedem o início da oxidação. Nos antioxidantes sem atividade enzimática, as moléculas interagem com os radicais livres, sendo consumidas durante a reação. Nesta classificação são englobados os antioxidantes naturais e sintéticos, como os compostos fenólicos (MOREIRA; MARCINI-FILHO, 2004).

Com base no seu modo de ação, pode-se classificar os antioxidantes em primários ou secundários. Os primários são aqueles que o mecanismo de ação é interromper a cadeia de reação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, onde essa doação ocasiona na formação de produtos estáveis e/ou na formação do complexo lipídio-antioxidante. Já os antioxidantes secundários possuem o mecanismo de ação de retardar a iniciação da auto-oxidação, através da complexação de metais, sequestro de oxigênio, absorção ultravioleta, entre outros (ANGELO; JORGE, 2006).

2.7 AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, ANTOCIANINAS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM DIFERENTES MATRIZES VEGETAIS

A partir dos conceitos obtidos pela literatura, foi realizado uma análise dos estudos que tragam temas semelhantes ao presente trabalho.

O estudo de Haida *et al.* (2014) teve o objetivo de avaliar as características físico-químicas, o potencial antioxidante e o teor de compostos fenólicos da amoreira-preta *in natura* e a influência do congelamento após 30, 60 e 90 dias. Para essa avaliação, o teor de compostos fenólicos foi quantificado a partir do método de Folin-Ciocalteu e a atividade antioxidante pelo método de captura do radical livre DPPH ((2,2-difenil-1-picril-hidrazil). Os resultados encontrados a partir do experimento sugeriram que a polpa de amora-preta pode ser congelada por até 60 dias conservando suas características físico-químicas e seus compostos funcionais.

Moser (2018) analisou o potencial antioxidante de amora e de framboesa em relação aos diferentes cultivares e estágios de maturação. A solução extratora utilizada para quantificação dos compostos fenólicos totais foi composta por metanol, água e ácido clorídrico na proporção 70:30:5 em volume e a metodologia de quantificação foi o método de Folin-Ciocalteu. Para a quantificação de antocianinas foi utilizado a solução extratora de metanol e ácido clorídrico na proporção de volume de 85:15, sendo a quantificação realizada a partir do método do pH diferencial. Já para a atividade antioxidante, a solução extratora foi composta de 50 % de metanol e após agitação e posterior remoção do sobrenadante foi adicionado acetona 70 %, para o método de quantificação foi utilizado a metodologia do radical ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolona-6-ácido sulfônico)) e a metodologia do radical DPPH ((2,2-difenil-1-picril-hidrazil). A partir deste estudo foi possível determinar que para quantificação de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante, os frutos devem estar no estágio maduro.

O estudo de Garbin (2019), teve como objetivo a quantificação de antocianinas em framboesas utilizando diferentes técnicas e solventes através de espectrofotometria. Para o processo de extração, a autora selecionou quatro diferentes solventes, sendo eles acetona P.A., etanol 99,5 %, água deionizada e ácido cítrico 1 %, e diferentes metodologias, utilizando-se de agitação, repouso e refrigeração. Para a quantificação foram comparados dois métodos, do pH único e do pH diferencial. A partir dos resultados, foi constatado pela autora que as extrações realizadas com acetona e etanol 99,5 % apresentaram melhor rendimento em todas as metodologias de extração. O método do pH único foi o que resultou na maior quantificação e quanto a metodologia de extração, o melhor rendimento foi obtido em repouso de 1 hora em temperatura ambiente.

Marzzani (2019) propôs o estudo da caracterização química e avaliação da atividade antioxidante de extrato de frutos de framboesa. A extração foi realizada através de sonificação, utilizando metanol. Para a quantificação de compostos fenólicos, foi realizada a comparação dos métodos de Folin-Ciocalteu e do Fast Blue BB. Já para a quantificação de antocianinas foi utilizado o método do pH diferencial e para determinação da atividade antioxidante foi utilizado o método do DPPH. Por fim, o autor pode concluir que o método de Folin-Ciocalteu foi o que quantificou o maior teor de compostos fenólicos totais.

Camargo (2019) avaliou a caracterização química, atividade antioxidante e ação sobre as enzimas digestivas alfa-glicosidase e alfa-amilase em dois ciclos produtivos das frutíferas de morango, amora-preta e mirtilo. As frutas foram homogeneizadas com uma solução extratora de etanol 98 %. Após foram realizadas as análises de quantificação de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu, antocianinas pelo método do pH diferencial e atividade antioxidante pelo método do DPPH. Ao final do estudo, o autor concluiu que as frutas devem estar no estágio maduro para a realização das avaliações e quantificações, além de que o estágio de maturação é influenciado pelo tipo de cultivar e o modo de cultivo.

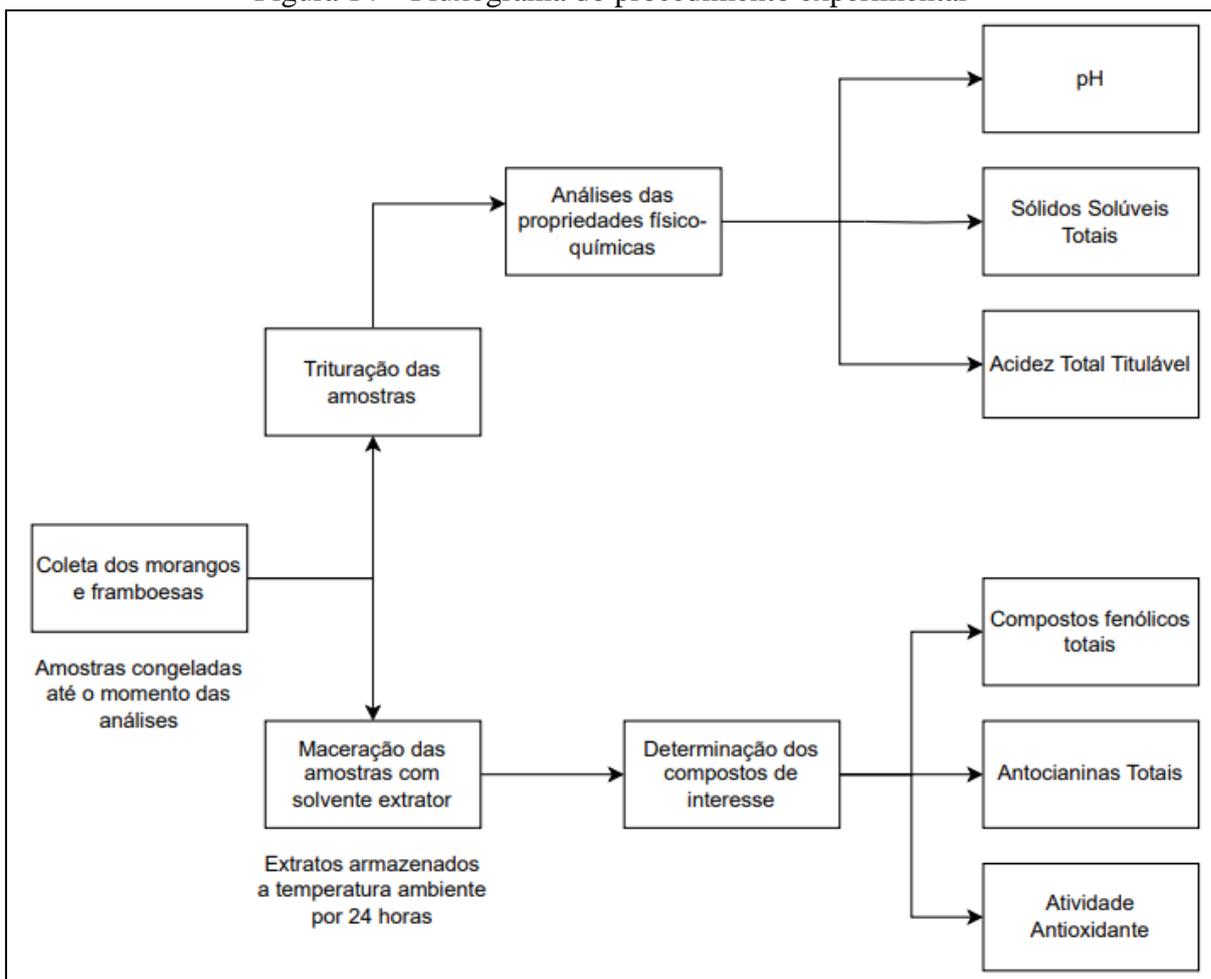
Rigolon, Barros e Stringheta (2020), aplicaram modelos matemáticos para prever o conteúdo de antocianinas totais, fenólicos totais e capacidade antioxidante de morango, juçara e framboesa. A solução extratora utilizada foi de etanol 70 % (v/v) e água ultrapura, previamente acidificada a pH 2,0 utilizando ácido clorídrico e o modelo de extração utilizado foi da extração assistida por ultrassom. A quantificação de antocianinas foi realizada a partir do método do pH único, dos fenólicos totais foi utilizado o método Folin-Ciocalteu e para a capacidade antioxidante foi utilizada a metodologia ABTS.

Através dos estudos citados, verifica-se a variedade na escolha de solventes, de métodos de extração e de metodologias de quantificação, além da possibilidade da utilização de frutas congeladas para quantificação de compostos fenólicos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para realização do procedimento experimental do presente trabalho encontra-se esquematizada no fluxograma de blocos, conforme a Figura 14, onde todas as análises e determinações foram realizadas em triplicata.

Figura 14 – Fluxograma do procedimento experimental



Fonte: A Autora (2023).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório Estudos do Sistema Solo, Planta e Atmosfera e Metabolismo Vegetal da Universidade de Caxias do Sul (UCS), com exceção da análise da atividade antioxidante que foi realizada no Laboratório de Estresse Oxidativo e Antioxidantes da UCS.

3.1 MATERIAIS

As frutas (morango e framboesa) utilizadas, foram cedidas pela empresa Morangos Vergani, localizada no interior da cidade de Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul. Os morangos pertencem ao cultivar San Andreas e as framboesas ao cultivar Autumn Bliss, com modo de cultivo de ambiente protegido (estufas).

O material foi colhido no período de maio de 2023 e após a coleta foi realizada a seleção de 2 kg de cada fruta para o presente trabalho. As frutas foram limpas (Figuras 15 e 16), embaladas em sacos e congeladas (Figura 17 e 18) em um freezer horizontal convencional à -18 °C até o preparo das amostras.

Figura 15 – Morangos limpos



Fonte: A Autora (2023).

Figura 16 – Framboesas limpas



Fonte: A Autora (2023).

Figura 17 – Morangos congelados



Fonte: A Autora (2023).

Figura 18 – Framboesas congeladas



Fonte: A Autora (2023).

Os demais materiais necessários são água destilada, reagente Folin-Ciocalteu, carbonato de sódio 7,5 % (m/v), cloreto de potássio 0,025 mol/L, acetato de sódio 0,4 mol/L, tampão TRIS – HCl (Trishidrocloro) 100 mmol/L, reagente DPPH 500 μ mol/L e os reagentes de grau analítico: etanol e ácido clorídrico.

3.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS

Para determinação das propriedades físico-químicas das frutas, foi realizada a trituração em um multiprocessador Britânia modelo BLQ970, para posterior execução das análises.

3.2.1 Análise de pH

Para determinação do pH das frutas foi utilizado o equipamento pHmetro Digimed modelo DM-22.

3.2.2 Análise de sólidos solúveis totais

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais foi utilizado um refratômetro Atago modelo PAL-1. Foi utilizado água como branco e após as amostras foram inseridas, os resultados foram expressos em °Brix.

3.2.3 Análise de acidez total titulável

Para a determinação da acidez total titulável (ATT) das amostras foi adaptado o método da titulometria de Ryan e Dupont (1973), onde foram utilizados 5,0 mL de amostra de fruta, 100 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína. Utilizando-se o titulante hidróxido de sódio 0,1 mol/L até o pH de viragem entre 7,2 a 8,4, os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico equivalente à quantidade de hidróxido de sódio gasto na titulação, de acordo com a Equação 1.

$$\text{ATT (\% ácido cítrico)} = (V \times N \times F \times A) \times (10 \times M)^{-1} \quad (1)$$

Nesta equação, V é o volume de hidróxido de sódio gasto na titulação, N é a normalidade da solução de hidróxido de sódio (0,1 N), F é o fator de correção da normalidade da solução (0,986), A é a conversão para equivalente-grama de ácido cítrico (64,04) e M é o volume de polpa da fruta utilizada (5,0 mL).

3.2.4 Análise da relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (*ratio*)

A determinação do *ratio* é realizada a partir dos resultados obtidos nas análises de sólidos solúveis totais e acidez total titulável, sendo a razão entre eles, de acordo com a Equação 2.

$$\text{ratio} = \text{sólidos solúveis totais} \times (\text{acidez total titulável})^{-1} \quad (2)$$

3.3 PROCESSO DE EXTRAÇÃO

Para a realização da comparação de extração dos compostos fenólicos em diferentes solventes, de modo a quantificar seu teor total de compostos fenólicos, antocianinas totais e atividade antioxidante, foi seguido a metodologia de extração convencional segundo Rocha *et al.* (2018), onde cada extrato foi preparado em triplicata.

Foram utilizadas três soluções extratoras: etanol 70 % acidificado a pH 2,0 utilizando ácido clorídrico; etanol 70 % e água. Iniciou-se o procedimento macerando 15 g de fruta, com auxílio de um pistilo, juntamente a 50 mL da solução extratora (Figuras 19 e 20). Após, os extratos foram armazenados na temperatura de, aproximadamente, 23 °C por, no mínimo, 24 horas.

Figura 19 – Maceração do morango



Fonte: A Autora (2023).

Figura 20 – Maceração da framboesa



Fonte: A Autora (2023).

Para a avaliação dos processos de extração, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do *software* Excel, e após, foi avaliado a diferença significativa entre as médias a partir do Teste de Tukey considerando uma probabilidade de erro de 5 %, para definir qual solvente extrator teve o melhor desempenho em cada análise.

3.4 PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS DE INTERESSE

Os processos de quantificação foram realizados nos extratos obtidos a partir da maceração com solvente.

3.4.1 Determinação de compostos fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT) seguiu a metodologia adaptada de Singleton e Rossi (1965).

A análise das amostras foi realizada adicionando 0,1 mL do extrato, 0,9 mL de água destilada e 5,0 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Passados 1 minuto, adicionou-se 4,0 mL de carbonato de sódio 7,5 % (m/v). Após 2 horas de repouso em ambiente escuro, absorvância desse complexo foi medida em um espectrofotômetro UV-Vis de modelo B542 Micronal e os resultados expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 gramas de fruta (mg EAG/100 g fruta), de acordo com a Equação 3.

$$\text{CFT (mg/100 g fruta)} = (10 \times V \times (A-b)) \times (a \times M)^{-1} \quad (3)$$

Nesta equação, V é o volume de diluição da amostra (50 mL), A é a absorvância da amostra (u.a.), b é o intercepto vertical da curva de calibração (-0,0108 u.a.), a é a inclinação da curva de calibração (0,1352 u.a.) e M é a massa da amostra (15 g).

3.4.2 Determinação de antocianinas totais

A quantificação de antocianinas totais seguiu a metodologia de Lee *et al.* (2005).

O procedimento de análise iniciou utilizando duas soluções tampão, sendo uma solução de cloreto de potássio (0,025 mol/L) em pH 1,0 e a outra de acetato de sódio (0,4 mol/L) em pH 4,5. Foram adicionados 4 mL de cada solução tampão a 1 mL do extrato. Após 20

minutos, foi realizada a leitura de absorbância das amostras nos comprimentos de onda de 520 e 700 nm utilizando um espectrofotômetro UV-Vis de modelo B542 Micronal.

Os resultados são relacionados a antocianinas monoméricas totais (AMT) e expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo por 100 gramas de frutos (mg EP/100 g fruta), de acordo com as Equações 4 e 5.

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad (4)$$

$$\text{AMT (mg EP/100 g fruta)} = (A \times \text{MM} \times F_D \times D \times 1000) \times (\epsilon)^{-1} \quad (5)$$

Nestas equações, A é a absorbância (u.a.), MM é a massa molar do padrão de cianidina-3-glicosídeo (449,2 g.mol⁻¹), F_D é o fator de diluição envolvido na análise (3,33), D é o fator de diluição inicial do extrato (5) e ϵ é o coeficiente de absorvidade molar (26900 L.mol⁻¹.cm⁻¹).

3.4.3 Determinação da atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante seguiu a metodologia de Yamaguchi *et al.* (1998).

O procedimento de análise iniciou adicionando 100 μL do extrato de interesse, 400 μL do tampão Tris-HCl e 500 μL da solução de DPPH. O padrão foi preparado utilizando água destilada como amostra. Após a homogeneização sob agitação, os tubos foram colocados ao abrigo de luz por 20 minutos. A absorbância foi lida em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda 517 nm.

Para o cálculo do percentual de inibição de inibição do DPPH utilizou-se a Equação 6.

$$\% \text{ de inibição do DPPH} = (A_{\text{padrão}} - A_{\text{amostra}}) \times 100 \times (A_{\text{padrão}})^{-1} \quad (6)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS

4.1.1 Análise de pH

A partir das leituras realizadas, os valores de pH obtidos para as amostras de morango e de framboesa estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – pH das amostras de morango e de framboesa

Fruta	pH
Morango	$3,43 \pm 0,02$
Framboesa	$3,25 \pm 0,04$

Fonte: A Autora (2023).

Para o morango, a média de valor para o pH obtida foi de 3,43, valor que está em conformidade com os dados da FDA, que estabelece que o pH varie entre 3,00 e 3,90 (FDA, 2007). A partir das análises de Musa (2016), o pH da variedade San Andreas cultivado em Bom Princípio-RS teve um valor médio de 3,98, um pouco mais elevado que o obtido no presente trabalho. Ainda de acordo com a FDA (2007), as variações nos valores de pH das frutas ocorrem devido à variedade e ao método de cultivo, o que justifica que exista variação entre os valores obtidos neste trabalho e os de Musa (2016). Nos dois casos, os morangos foram cultivados em sistemas diferentes, sendo convencional com substrato *versus* sistema convencional em solo.

Em relação a framboesa, a média dos valores de pH obtida foi de 3,25 estando de acordo com os dados da FDA, onde estabelece-se uma faixa de variação de pH entre 3,22 e 3,95 (FDA, 2007). Silveira *et al.* (2023), avaliaram as características físico-químicas de frutos da framboesa vermelha da variedade Autumn Bliss cultivados em Vacaria-RS em colheitas de 2014 e 2015, onde obtiveram os valores de pH de 3,14 e 3,00, valores um pouco diferentes do obtido neste trabalho. Segundo Darolt (2003), dentro de uma mesma variedade de fruta, existem variações de alguns parâmetros, uma vez que eles são multifatoriais e dependem das condições do clima, do solo e da variabilidade genética, o que corrobora com as diferenças entre os resultados encontrados.

4.1.2 Análise de sólidos solúveis totais

Os valores obtidos de sólidos solúveis totais para as amostras de morango e de framboesa estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Sólidos solúveis totais das amostras de morango e de framboesa

Fruta	Sólidos solúveis totais (° Brix)
Morango	9,2 ± 0,3
Framboesa	10,0 ± 0,4

Fonte: A Autora (2023).

De acordo com a Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018, o valor mínimo do teor de sólidos solúveis totais em morangos é de 6,5 °Brix (SAD, 2018). A literatura apresenta valores de sólidos solúveis totais para a variedade San Andreas, cultivados no Rio Grande do Sul, variando entre 6,96 °Brix (CALVETE *et al.*, 2016) e 10,92 °Brix (MUSA, 2016).

Ainda de acordo com a Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018, o valor mínimo do teor de sólidos solúveis totais em framboesa é de 8,0 °Brix (SAD, 2018). O estudo de Souza *et al.* (2014) avaliou a composição química da framboesa vermelha cultivada no sul de Minas Gerais, onde os autores obtiveram o valor de 10,33 °Brix. Enquanto que no estudo realizado por Silveira *et al.* (2023) realizando a avaliação para o cultivar Autumn Bliss cultivados em Vacaria-RS, foi obtido o valor de 9,20 ° Brix. Segundo Talcott (2007), as framboesas variam seu teor de sólidos solúveis totais de 9,2 a 13,0 °Brix.

4.1.3 Análise de acidez total titulável

Os resultados obtidos para a acidez total titulável para as amostras de morango e de framboesa encontram-se expressos na Tabela 5.

Tabela 5 – Acidez total titulável das amostras de morango e de framboesa

Fruta	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
Morango	1,42 ± 0,05
Framboesa	2,24 ± 0,14

Fonte: A Autora (2023).

Para morangos, de acordo com a Instrução Normativa n° 37, de 1 de outubro de 2018, o valor mínimo de acidez total titulável em morangos é de 0,8 % ácido cítrico (SAD, 2018). De acordo com a pesquisa de Musa (2016), foram obtidos o teor de 0,87 % de ácido cítrico nas amostras de San Andreas cultivadas em Bom Princípio-RS, valor abaixo do obtido no presente trabalho. Contudo, segundo Cordenunsi, Nascimento e Lajolo (2003), os valores de acidez total titulável em morangos diferem entre 0,6 a 2,3 % de acordo com a variedade, solo, clima e forma de cultivo.

No que se refere a framboesa, de acordo com a Instrução Normativa n° 37, de 1 de outubro de 2018, o valor mínimo do teor de acidez total titulável em framboesa é de 1,2 % ácido cítrico (SAD, 2018). No estudo de Silveira *et al.* (2023), o valor de acidez total titulável do cultivar Autumn Bliss cultivados em Vacaria-RS, foi de 2,15 % ácido cítrico. Segundo Talcott (2007), as framboesas ao atingirem a sua maturação apresentam um valor de acidez titulável que varia entre 0,29 a 2,3 %, sendo sua acidez justificável devido ao seu sabor doce e ligeiramente ácido.

De acordo com Figueiredo *et al.* (2010), a relação entre o pH e a acidez são inversamente proporcionais, uma vez que ao aumentar o teor de ácidos presentes na fruta, o pH é reduzido. Fato que é afirmado ao analisar os resultados desta pesquisa, em que se observa morango com pH mais elevado e menor acidez, enquanto que a framboesa apresenta menor pH e maior acidez.

4.1.4 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável ou *ratio*

Os resultados obtidos para a acidez total titulável para as amostras de morango e de framboesa encontram-se apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (*ratio*)

Fruta	Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável
Morango	6,52 ± 0,20
Framboesa	4,49 ± 0,23

Fonte: A Autora (2023).

De acordo com os valores estabelecidos pela Instrução Normativa n° 37, de 1 de outubro de 2018 (DAS, 2018), pode-se definir o valor mínimo para o parâmetro *ratio*. Para morangos, o *ratio* mínimo é de 8,12, enquanto que para framboesas este valor é de 6,67. A partir destes valores, define-se que os resultados obtidos para a relação são menores que os

estabelecidos, conforme Tabela 6, o que demonstra que as frutas analisadas no trabalho, quando foram colhidas, não estavam no seu grau de maturação máximo. Além de haver a relação direta do alto teor de acidez das frutas, destacando-se a framboesa, onde foi obtido uma acidez de praticamente o dobro da mínima estabelecida pela Instrução Normativa referenciada.

Na literatura, em estudos realizados de amostras cultivadas no Brasil, encontram-se dados próximos ao presente trabalho. Para Antunes (2013), na sua pesquisa de avaliação da qualidade de frutos de morangueiro cultivados em Curitiba-PR, foi encontrado a relação de 6,53 e para Silveira *et al.* (2023), na análise de framboesas cultivadas em Vacaria-RS, a razão de sólidos solúveis totais e a acidez titulável para framboesa vermelha da variedade Autumn Bliss variou entre 4,28 a 4,54.

4.2 PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO

4.2.1 Determinação de compostos fenólicos totais

A avaliação do teor de compostos fenólicos totais nas amostras de morango e framboesa foi analisada conforme o solvente extrator utilizado. A Tabela 7 traz o teor de compostos fenólicos totais para as amostras de morango.

Tabela 7 – Teor de compostos fenólicos totais nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico/100 g)
Etanol 70 %	152,65 ± 16,66 a
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	183,96 ± 5,55 a
Água destilada	91,75 ± 9,88 b

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

Segundo os dados já referenciados na seção 2.1.4.2 deste trabalho, o teor de compostos fenólicos presentes nos morangos tem uma ampla faixa de variação, que está correlacionada com o tipo de cultivo, variedade, clima e sobretudo, do método e tipo de solvente extrator utilizado na quantificação.

De acordo com o estudo de Carvalho (2013), que realizou a quantificação de compostos fenólicos em diferentes datas de colheita para a variedade San Andreas, em setembro de 2012 o teor de compostos fenólicos obtido foi de 309,05 mg/100 g enquanto que, em outubro

do mesmo ano foi obtido o valor de 169,23 mg/100 g. Em conclusão de sua análise, Carvalho (2013), verificou que a produção de compostos fenólicos é estimulada como uma resposta as condições adversas do meio, tal como ventos, chuvas ou ataques de patógenos, fatores estes já citados pela literatura. De acordo com *Weather Spark* (2023), o mês de maio em Caxias do Sul, foi o mês com menos dias de chuvas e com o segundo menor índice de precipitação de chuva durante 2023. Por este motivo, pode-se correlacionar o menor índice de chuvas com a menor produção de compostos fenólicos.

Em relação aos solventes extratores (etanol 70 %, etanol 70 % acidificado e água), a partir dos resultados do Teste de Tukey, foi evidenciado que utilizando a água como solvente extrator o processo de extração é menos eficaz. Este comportamento ocorre porque os compostos fenólicos são mais solúveis em solventes orgânicos menos polares que a água (KIM; LEE, 2002). Entretanto, em comparação aos dois outros solventes extratores a diferença entre o desempenho de extração deles é menor do que a diferença mínima significativa, o que demonstra que é possível utilizar qualquer um dos dois com resultados semelhantes para a quantificação em morangos.

A Tabela 8 traz o teor de compostos fenólicos totais para as amostras de framboesa.

Tabela 8 – Teor de compostos fenólicos totais nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico/100 g)
Etanol 70 %	109,99 ± 16,66 ab
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	139,25 ± 5,55 a
Água destilada	82,46 ± 9,88 b

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

Assim como no morango, de acordo com os dados encontrados na literatura a quantificação de compostos fenólicos na framboesa também irá variar dentro de uma ampla faixa de valores, de acordo com o exposto na seção 2.2.4.2.

Segundo Silveira *et al.* (2023), que realizaram a quantificação do teor de compostos fenólicos totais na variedade Autumn Bliss na colheita de 2014, foram encontrados valores que variaram entre 171,52 a 237,58 mg ácido gálico/100 g. Neste trabalho, as quantificações foram avaliadas após a extração utilizando dois solventes, etanol 70 % e etanol 70 % acidificado. Como apresentado neste trabalho, a extração utilizando o solvente acidificado apresentou os

maiores teores de compostos fenólicos totais. Esta maior extração é relacionada ao fato de que o meio acidificado auxilia o solvente a penetrar nos tecidos das frutas e vegetais.

Em semelhança ao morango, o teor de compostos fenólicos obtidos pode ser justificado pela menor ocorrência de chuvas na época da colheita das amostras, onde nesta época não foram necessárias maiores resistências às condições adversas.

Em relação aos solventes extratores (etanol 70 %, etanol 70 % acidificado e água), a partir dos resultados do Teste de Tukey, foi evidenciado que há uma semelhança entre as quantificações utilizando os 3 solventes, onde ao utilizar água ou etanol 70 % não apresenta uma diferença mínima significativa, assim como entre utilizar etanol 70 % e etanol 70 % acidificado. Contudo, analisando as médias encontradas nos conjuntos, realizar a extração utilizando etanol 70 % ou etanol 70 % acidificado resultará numa melhor quantificação.

De acordo com a literatura, o metanol é o solvente largamente utilizado para extração dos compostos fenólicos totais, devido à sua alta polaridade. Contudo, fazer o uso de solventes em meio acidificado e realizar a combinação de solventes orgânicos para formular a solução extratora resultam em extrações de melhor desempenho (VIZZOTTO; PEREIRA, 2011).

4.2.2 Determinação de antocianinas totais

A avaliação do teor de antocianinas totais nas amostras de morango e framboesa foi analisada conforme o solvente extrator utilizado. A Tabela 9 traz o teor de antocianinas totais para as amostras de morango.

Tabela 9 – Teor de antocianinas totais nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Teor de antocianinas totais (mg cianidina-3-glicosídeo/100 g)
Etanol 70 %	19,60 ± 2,60 a
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	20,99 ± 4,13 a
Água destilada	13,86 ± 0,28 b

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

Segundo os dados já referenciados na seção 2.1.4.2 deste trabalho, o conteúdo total de antocianinas presente em morangos varia em torno de 8,75 a 22,5 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g. Assim, os resultados obtidos utilizando os três diferentes solventes extratores estão dentro do intervalo esperado.

A variação nos teores de antocianinas totais é influenciada pelo estágio de maturação das frutas a serem analisadas, sendo que o parâmetro físico-químico *ratio* é um indicativo do grau de maturação, assim é possível realizar a correlação entre estas análises (CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003). Segundo o estudo de Carvalho (2013), que também avaliou a variedade San Andreas, o teor de antocianinas totais obtidos foi em média de 41,62 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g, enquanto que o valor do *ratio* foi de 8,9 em média, sendo assim o presente trabalho corrobora a influência da maturação e acidez no teor de antocianinas, onde foi obtido o valor máximo de 20,99 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g para um *ratio* de 6,52.

Em relação aos solventes extratores (etanol 70 %, etanol 70 % acidificado e água), a partir dos resultados do Teste de Tukey, foi evidenciado que utilizar etanol 70 % ou etanol 70 % acidificado para as quantificações de antocianinas totais em morangos, não apresentam diferenças significativas entre si, entretanto utilizar a água como solvente extrator representa um menor desempenho da quantificação.

Apesar de não haver diferença significativa entre utilizar etanol 70 % ou etanol 70 % acidificado, verificou-se a obtenção de resultados superiores ao utilizar solvente em meio acidificado. Este desempenho é justificável pois devido ao pH do meio estar mais baixo, ocorre uma maior interação entre as moléculas de antocianinas e o etanol, além manter as antocianinas na forma catiônica, que fornece a maior estabilidade do pigmento avermelhado (BURGOS; YUPANQUI; GANOZA, 2016).

A Tabela 10 traz o teor de antocianinas totais para as amostras de framboesa.

Tabela 10 – Teor de antocianinas totais nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Teor de antocianinas totais (mg cianidina-3-glicosídeo/100 g)
Etanol 70 %	32,96 ± 0,55 ab
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	37,37 ± 0,26 a
Água destilada	32,43 ± 0,12 b

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

De acordo com os dados encontrados na literatura, a quantificação de antocianinas totais na framboesa também pode variar dentro de uma ampla faixa de valores, conforme exposto na seção 2.2.4.2. Esta variação, assim como no morango, tem uma grande influência do estágio de maturação das frutas a serem analisadas, tendo como seu indicativo o valor de *ratio* (CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003).

Segundo quantificações realizadas no cultivo Autumn Bliss por Silveira *et al.* (2023), o teor de antocianinas variou entre 27,34 a 28,25 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g. Neste mesmo trabalho foi realizada a análise dos diferentes solventes extratores, etanol 70 % e etanol 70 % acidificado, onde entre as duas quantificações não foram obtidas diferenças significativas entre elas. Conforme o indicativo *ratio*, pode-se avaliar que tanto para o presente trabalho quanto para o trabalho dos autores supracitados, tem-se um baixo teor de antocianinas totais conforme tem-se um baixo valor do parâmetro *ratio*, referido principalmente a sua acidez. Esses resultados corroboram a hipótese do baixo estágio de maturação das frutas no momento das análises.

Em relação aos solventes extratores (etanol 70 %, etanol 70 % acidificado e água), a partir dos resultados do Teste de Tukey, foi verificado que não há diferenças mínimas significativa entre utilizar etanol 70 % e água, assim como etanol 70 % e etanol 70 % acidificado. Foi verificado na literatura, que um solvente que tem bom desempenho na quantificação de antocianinas totais para framboesa é a acetona P.A (GARBIN, 2019). Contudo, assim como no morango, fazer uso do solvente extrator em meio acidificado resulta numa maior extração das antocianinas.

4.2.3 Determinação da atividade antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante se deu a partir do método de captação do radical DPPH, onde os resultados encontrados são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Percentual de inibição do DPPH nas amostras de morango utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Percentual de inibição do DPPH (%)
Etanol 70 %	87,73 ± 0,83 a
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	85,27 ± 1,00 b
Água destilada	86,90 ± 0,53 ab

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

Tabela 12 – Percentual de inibição do DPPH nas amostras de framboesa utilizando diferentes solventes extratores

Solvente	Percentual de inibição do DPPH (%)
Etanol 70 %	86,00 ± 1,15 ab
Etanol 70 % acidificado a pH 2,0	82,00 ± 1,38 a
Água destilada	86,43 ± 2,27 b

Fonte: A Autora (2023).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade (valor-p > 0,05).

Segundo Melo *et al.* (2006), extratos de frutas que apresentarem um percentual de inibição acima de 70 % são considerados com forte capacidade de sequestro do radical livre DPPH, enquanto valores entre 50 e 70 % são considerados moderados e abaixo de 50 % são considerados fracos. De acordo com isso, tanto morango quanto framboesa apresentam elevada capacidade de sequestro do radical livre DPPH, o que demonstra a alta habilidade de doação de hidrogênio dos compostos antioxidantes.

Segundo Couto e Canniatti-Brazaca (2010), a comparação de diferentes amostras em relação a atividades antioxidante é problemática, devido as diferentes diluições das amostras para a análise, visto que de acordo com a concentração da mesma, o poder antioxidante será diferente.

Para fins do presente trabalho, foram realizadas as análises dos desempenhos dos solventes extratores, a partir do teste de Tukey. Para o morango, com base nos resultados foi evidenciado que há uma variância significativa entre o conjunto de solventes extratores, onde a extração utilizando água ou etanol 70 % não apresenta diferença mínima significativa entre elas, assim como utilizar etanol 70 % e etanol 70 % acidificado. Contudo, verifica-se que a diferença entre os resultados é de no máximo 2,88 %. Assim como para a framboesa, onde não há diferença significativa nos conjuntos de solventes extratores etanol 70 % e água e o conjunto etanol 70 % e etanol 70 % acidificado. No entanto, a diferença máxima entre os resultados obtidos é de 5,4 %.

Como os resultados obtidos para o desempenho dos solventes extratores foram semelhantes, foi verificado que se deve partir para a escolha de um solvente extrator de maior polaridade. Segundo Freire *et al.* (2013), que comparou extratos metanólicos e etanólicos, o solvente mais eficiente para extração do maior número de compostos antioxidantes é o metanol. No presente trabalho, foi optado por não utilizar o metanol devido a sua alta toxicidade. Contudo, se fez o uso do solvente em meio acidificado, que de acordo com Vizzoto e Pereira (2011), promove uma maior extração dos compostos antioxidantes.

5 CONCLUSÃO

Em relação aos objetivos específicos, os resultados obtidos corroboraram com aqueles encontrados na literatura, sendo possível realizar o mapeamento das características físico-químicas que influenciam direta e indiretamente nos compostos bioativos presentes em morangos e framboesas.

Destacou-se a necessidade da avaliação dos parâmetros físico-químicos das frutas, que auxiliam na análise dos teores de compostos bioativos obtidos, concluindo que para um bom desempenho dessas análises, se faz necessário um elevado grau de maturação da fruta, informação que é obtida a partir da quantificação do *ratio*. Dessa forma, para uma melhor avaliação, pode-se sugerir que seja inicialmente realizada a análise das características físico-químicas das amostras, para garantir a seleção daquela que resultará em uma melhor quantificação.

Foi possível demonstrar que o sistema de cultivo e o clima têm grande influência em relação aos parâmetros de qualidade e de quantificação dos compostos de morango e framboesa, onde numa limitação de mesma variedade de fruta encontram-se dados bem distintos de parâmetros qualitativos e quantitativos.

No que se refere ao processo de extração, pode ser visualizado que cada análise apresenta um melhor rendimento de acordo com um determinado solvente, tendo ainda diferenças significativas de desempenho extrator do mesmo solvente entre as duas frutas analisadas. Como destaque, foi evidenciado a necessidade da utilização de um solvente de maior polaridade para as análises de antocianinas totais e atividade antioxidante, visto que dentre os três utilizados neste trabalho, não houve diferenças significativas nos teores medidos.

Dentro das condições vistas neste trabalho, morango e framboesa podem ser uma fonte potencial para produção de corantes naturais e uso em antioxidantes naturais. Contudo, se fazem necessárias análises de estabilidade química e viabilidade financeira da utilização das frutas para extração das antocianinas, além de possibilitar a avaliação da utilização de uma corrente de resíduo de indústrias de processamento de polpas e geleias. Quanto à utilização em antioxidantes, se fazem necessários análises dos ingredientes ativos do material, realizando o mapeamento da captação não somente do radical DPPH, para assim obter-se dados mais aprofundados da real eficiência da utilização destes materiais como fontes.

Por fim, foi possível avaliar a composição fenólica total de morango da variedade San Andreas e de framboesa da variedade Autumn Bliss cultivados no interior de Caxias do Sul, fazendo uso de diferentes solventes extratores.

6 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora tenham sido obtidos resultados condizentes com os disponíveis na literatura, para trabalhos futuros sugere-se o aperfeiçoamento de alguns pontos, afim de melhorar o processo de quantificação e complementar estes dados:

- a) realizar as análises das características físico-químicas das amostras, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e *ratio*, para seleção das melhores frutas a serem quantificadas;
- b) utilizar um solvente de maior polaridade para as extrações de antocianinas e atividade antioxidante;
- c) utilizar outro método de extração dos compostos de interesse, tais como, por ultrassom ou sonificação;
- d) determinar os teores de compostos bioativos presentes em frutas puras;
- e) quantificar o radical ABTS nas frutas;
- f) quantificar os compostos bioativos presentes em uma corrente de resíduo de indústrias de processamento de polpas e geleia;
- g) avaliar a estabilidade química das antocianinas presentes nas frutas;
- h) avaliar a viabilidade financeira da utilização das frutas como potenciais fontes para corantes naturais.

REFERÊNCIAS

- ABAURRE, Maria Elizabete Oliveira *et al.* Framboeseira cultivo e pós-colheita na região Serrana do Espírito Santo. **Incaper**, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/2972/1/BRT-framboesa-Incaper.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- ACHKAR, Marina Teixeira *et al.* Propriedade antioxidante de compostos fenólicos: a importância na dieta e na conservação de alimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 2, p. 398-406, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123439/ISSN2236-5362-2013-11-02-398-406.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jun. 2023.
- ADOBE STOCK. Life cycle of strawberry. Plant growth stage from seed to strawberry plant with berries. 2023. Disponível em: <https://stock.adobe.com/br/images/life-cycle-of-strawberry-plant-growth-stage-from-seed-to-strawberry-plant-with-berries/234915457>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ANDERSON, Diana. Antioxidant defences Against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, v. 350, n. 1, p. 103-108, 1996. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8657172/>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- ANDREATTA, Graziela. Morango é fruta, fruto e pseudofruto? Entenda. **EMATER**, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal, 2021. Disponível em: <https://emater.df.gov.br/morango-e-fruta-fruto-e-pseudofruto-entenda/>. Acesso em: 31 maio 2023.
- ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2006. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32841/31672>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ANTUNES, Luis Eduardo Corrêa; JUNIOR, Carlos Reisser. Caracterização da produção de morangos no Brasil. **Fruticultura**, Bolonha, v. 69, p. 60-65, 2007. Disponível em: http://docente.ifsc.edu.br/roberto.komatsu/MaterialDidatico/Agroecologia2M%C3%B3duloFruticultura/Morango/Morango-situacao-Importancia_Antunes2007.pdf. Acesso em: 28 maio 2023.
- ANTUNES, Luis Eduardo Corrêa; PERES, Natalia A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 156-161, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15538362.2012.698147>. Acesso em: 31 maio 2023.
- ANTUNES, Marina Costacurta. Qualidade de frutos de seis cultivares de morangueiro. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/30511/R%20-%20D%20-%20MARINA%20COSTACURTA%20ANTUNES.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 17 out. 2023.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 302** de 13 de outubro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0269_22_09_2005.html. Acesso em: 24 jun. 2023.

BARBOSA, Kiriaque Barra Ferreira *et al.* Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/Fvg4wkYjZPgsFs95f4chVjx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2023.

BEATTIE, Julie; CROZIER, Alan; DUTHIE, Garry G. Potencial Health Benefits of Berries. **Current Nutrition & Food Science**, v. 1, p. 71-86, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276957450_Potential_Health_Benefits_of_Berries. Acesso em: 15 jun. 2023.

BEZERRA, Ubsaara Kananda Sousa. **Compostos bioativos presentes nas frutas vermelhas: acerola (*Malpighia emarginata*), jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) e jambo (*Syzygium jambos*)**. 2021. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2021. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/25806/1/PDF%20-%20Ubsaara%20Kananda%20Sousa%20Bezerra>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BJARNADOTTIR, Adda. Strawberry 101: Nutrition Facts and Health Benefits. **Healthline**, Nutrition, 2019. Disponível em: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/strawberries>. Acesso em: 4 jun 2023.

BOMFIM, Marinês Pereira; LIMA, Giuseppina Pereira Pace; VIANELO, Fábio; JOSÉ, Abel Rebouças São. Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova-Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, vol. 18, n. 2, p. 82-92, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81353563003/html/index.html#:~:text=As%20frutas%20e%20hortali%C3%A7as%20s%C3%A3o,reconhecidas%20principalmente%20pelo%20efeito%20antioxidante>. Acesso em: 14 abr. 2023.

BRAVO, Laura. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. **Nutrition Reviews**, n. 56, n. 11, 317-333, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9838798/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BURGOS, Kevin Steve Cosavalente; YUPANQUI, Segundo Guillermo Ganoza; GANOZA, Mayar Luis. Antocianinas totales y capacidad antioxidante in vitro de extractos de diferente grado etanólico del fruto de *Vacciniumcorymbosum* “Arándano”. **UCB – Scientia**, v. 8, n. 1, p. 44-48, 2016. Disponível em: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/article/view/1187/1082>. Acesso em: 19 out. 2023.

CALVETE, Eunice Oliveira *et al.* Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 30, n. 2, p. 396-401, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/9kSyVP6mNTSB5jcmQPnJZHC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 maio 2023.

CALVETE, Eunice Oliveira *et al.* Sistemas de produção fora do solo. In: ANTUNES, Luis Eduardo; JÚNIOR, Carlos Reisser; SCHWENGBER, José Ernani. (ed.). *Morangueiro*. Brasília: Embrapa, 2016, v. 1, cap. 11, p. 219 – 258. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf>. Acesso em: 17 out. 2023.

CAMARGO, Taiane Mota. **Morango (*Fragaria x ananassa*), amora-preta (*Rubus spp.*) e mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade): caracterização química, atividade antioxidante e ação sobre as enzimas digestivas alfa-glicosidase e alfa-amilase em dois ciclos produtivos das frutíferas**. 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2019. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/4322/6/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Taiane.pdf. Acesso em: 24 jun. 2023.

CAMINITI, Aníbal; PAGOT, Eduardo. Produção de Framboesa. *In*: RUFATO, Andrea De Rossi; ANTUNES, Luis Eduardo Côrrea (ed.). Técnicas de produção de framboesa e mirtilo. **Embrapa Clima Temperado**, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1074452&biblioteca=vazio&busca=1074452&qFacets=1074452&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 9 jun. 2023.

CARVALHO, Sarah Fiorelli de. Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Fruticultura de Clima Temperado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/1150/dissertacao_sarah_fiorelli_de_carvalho.pdf;jsessionid=B5E2E0BE6B62B4C063E38462C2E07125?sequence=1. Acesso em: 16 out. 2023.

CASTAÑEDA-OVANDO, Araceli *et al.* Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859-871, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608010674>. Acesso em: 24 jun. 2023.

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, p. 206, 2001.

CHAVES, Vitor Clasen. **Teor de antocianinas, compostos fenólicos e capacidade de captação de radicais livres de frutos de cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/123411/327156.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jun. 2023.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2005, 785 p.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, Philadelphia, v. 83, p.167-173, 2003. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BJAER/article/download/18710/15070>. Acesso em: 17 out. 2023.

CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa. **Extração, caracterização e aplicação de antocianinas de açaí (*Euterpe oleracea*, M.)**. 2003. 199 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8994/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CORREIA, Maria Madalena Morais Bettencourt da Câmara. **Caracterização química e avaliação da atividade biológica da framboesa (*Rubus idaeus L.*). Contribuição para o desenvolvimento de uma alegação de saúde.** 2016. 276 f. Tese (Doutorado em Farmácia) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2016. Disponível em:
<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/12126/1/Tese%20ProfMBettencourtCC.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2023.

COUTO, Meylene Aparecida Luzia; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 15-19, 2010. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cta/a/CFJCK9pbtCpY94bBHY4PDcx/?lang=pt>. Acesso em: 03 nov. 2023.

DA SILVA, Fátima Lopes *et al.* Anthocyanin pigments in strawberry. **LWT Food Sci Technol**, v. 40, n. 2, p. 374-382, 2007. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/248558624_Anthocyanin_pigments_in_strawberry_LWT-Food_Sci_Technol. Acesso em: 21 maio 2023.

DA SILVA, Fátima Lopes *et al.* Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. **European Food Research and Technology**, v. 214, p. 248-253, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-001-0434-5>. Acesso em: 21 maio 2023.

DA SILVA, Joilna Alves. **Identificação de compostos fenólicos, macroantioxidantes e avaliação da atividade antioxidante do bagaço de uva proveniente da indústria de sucos no Vale do São Francisco.** 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção, 2018. Disponível em:
<https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2003/1/JOILNA%20ALVES%20DA%20SILVA%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema.** 4 ed. Tradução: Adriano Brandelli. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010. Disponível em:
<https://www.yumpu.com/pt/document/view/67148438/quimica-dos-alimentos-fennema>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DAROLT, Moacir R. Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e convencional. **Alimentos Orgânicos: Produção, Tecnologia e Certificação**, v. 1, p. 289- 312, 2003. Disponível em:
<https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/QUALIDADE-ORGANICO-CONVENCIONAL.pdf>. Acesso em: 16 out. 2023.

DE SOUZA, Vanessa Rios *et al.* Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362 -368, 2014. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/292104025_Determination_of_the_bioactive_compounds_antioxidant_activity_and_chemical_composition_of_Brazilian_blackberry_red_raspberry_strawberry_blueberry_and_sweet_cherry_fruits. Acesso em: 17 out. 2023.

DE VARGAS, Emanuela Flor. **Obtenção de corantes naturais a partir do resíduo da indústria de polpa de morango, amora e pêssego.** 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e

Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/115575/000964315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jun. 2023.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de plantas medicinais**, v.14, n. 2, p. 389-399, 2012.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/pDztw6sV5YYJCDSKPJJjFTP/?lang=pt#>. Acesso em: 21 jun. 2023.

DIAS, Sandra Isabel da Silva. **Corante natural alternativo ao carmim da cochonilha capaz de conferir tom rosado a fiambre da perna**. 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Aplicada) – Universidade do Minho. Braga, 2019. Disponível em:

<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/80517>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FAGHERAZZI, Antonio Felipe. **Adaptabilidade de novas cultivares e seleções de morangueiro para o planalto sul catarinense**. 2017. 147 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2017.

Disponível em:

http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/988/tese_antonio_felippe_fagherazzi.pdf. Acesso em: 31 maio 2023.

FALCÃO, Ana Paula; CHAVES, Eduardo Sidinei; KUSKOSKI, Eugênia Marta; FETT, Roseane; FALCÃO, Leila Denise; BORDIGNON-LUIZ, Marilde Terezinha. Índice de polifenóis,

antocianinas totais e atividade antioxidante de um sistema modelo de geléia de uvas. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 3, p. 337-342, 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/5FTg38SJQrHvqc9PyFgDNKQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2023.

FDA. Food and Drugs Administration. Approximate pH of Food and Food Products. Food Safety, 2007. Disponível em:

https://foodsafety.wisc.edu/assets/acidified_foods/Approximate%20pH%20of%20Foods%20and%20Food%20Products.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

FERREIRA, Adriana Luiza. **Extração e quantificação de antocianina em fruta e polpa de morango**. 2014. 44 f. Trabalho (Programa de Iniciação Científica) – Instituto Municipal de Ensino Superior do Município de Assis, Assis, 2014. Disponível em:

<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqPics/1111360690P535.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2023.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/vDPbVJ3QDcyTnpzLmqWW8Nn/>. Acesso em: 17 out. 2023.

FLANDRIN, Jean-Louis; MONTANARI, Massimo. **História da alimentação**. Tradução: Luciano Vieira Machado e Guilherme J. F. Teixeira. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. Disponível em:

<https://issuu.com/estacaoliberalidade/docs/historia-da-alimentacao>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FOOD INGREDIENTES BRASIL. Dossiê antioxidantes. **Food Ingredientes Brasil**, n. 6, p. 16 – 30, 2009. Disponível em: <http://www.unirio.br/ib/dmp/nutricao-integral/arquivos/fontes-de-consulta-complementar/Antioxidantes%20->

%20FOOD%20INGREDIENTS%20BRASIL%20No6%20-%202009.pdf. Acesso em: 21 abr. 2023.

FREIRE, Juliana Mesquita et al. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2291-2296, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cr/a/fVFzjJDWjDXpKvCvxdZmbKH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 nov. 2023.

GARBIN, Amabile Garbin. **Métodos comparativos na extração de antocianinas da framboesa *Rubus Idaeus L.* sob diferentes solventes**. 2019. 77 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário FACVEST. Lajes, 2019. Disponível em:

<https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/53477-tcc-amabile-garbin-revisado-versao-final.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

GIAMPIERE, Francesa *et al.* The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 9-19, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0899900711003066?via%3Dihub>. Acesso em: 21 maio 2023.

HAIDA, Kimiyo Shimomura *et al.* Caracterização físico-química e atividade antioxidante de amoreira-preta (*Morus nigra L.*). **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 12, n. 40, 2014. Disponível em:

https://www.seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/download/2185/1542. Acesso em: 21 jun. 2023.

HÄKKINEN, Sari *et al.* Screening of select flavonoids and phenolic acids in 19 berries. **Food Research International**, v. 32, n. 5, p. 345-353, 1999. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996999000952>. Acesso em: 4 jun. 2023.

HÄKKINEN, Sari. *et al.* Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. **European Food Research Technology**, v. 212, n. 1, p. 75-80, 2000. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/225571002_Ellagic_acid_content_in_berries_Influence_of_domestic_processing_and_storage. Acesso em: 4 jun. 2023.

HÄKKINEN, Sari; TORRONEN, Riitta. Content of flavonoids and selected phenolic acids in strawberries and vaccinium species: influence of cultivars, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, n. 6, p. 517-524, 2000. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/223579268_Content_of_flavonols_and_selected_phenolic_acids_in_strawberries_and_Vaccinium_species_Influence_of_cultivar_cultivation_site_and_technique. Acesso em: 21 maio 2023.

HERNANZ, Dolores *et al.* Assessment of the differences in the phenolic composition of five strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa Duch.*) grown in two different soilless systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 5, p. 1846-1852, 2007. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17279770/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

ISTOCK. Morango isolado no branco. 2023. Disponível em:

<https://www.istockphoto.com/br/foto/morango-isolada-no-branco-gm876503942-244635232>. Acesso em: 15 jun. 2023.

KELEBEK, Hasim; SELLI, Serkan. Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry Fruits by Rp-Hplc-Dad and Investigation of Their Antioxidant Capacity. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 34, n. 20, p. 2495-2504, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233250434_Characterization_of_phenolic_compounds_in_strawberry_fruits_by_RP-HPLC-DAD_and_investigation_of_their_antioxidant_capacity. Acesso em: 24 jun. 2023.

KIM, Dae-Ok; LEE, Chang Y. Extraction and Isolation of Polyphenolics. **Food Analytical Chemistry**, v. 6, n. 1, 2002. Disponível em: <https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471142913.fai0102s06>. Acesso em: 30 nov. 2023.

KIM, Dae-Ok; JEONG, Seung Weon; LEE, Chang Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602004235>. Acesso em: 28 ago. 2023.

KRUMREICH, F. D.; CORRÊA, A.P.A.; SILVA, S.D.S.; ZAMBIAZI, R.C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de Bromelia antiacantha Bertol. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 37, n. 2, p.450-456, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/bWpsFvGSxmqWdqdtc7NhbNm/?lang=pt>. Acesso em: 17 out. 2023.

LEE, Jungmin *et al.* Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruits Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, 2005. Disponível em: <https://academic.oup.com/jaoac/article/88/5/1269/5657437>. Acesso em: 25 jun. 2023.

LOPES, Toni Jefferson *et al.* Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1375>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MANGNABOSCO, Marindia C. *et al.* Avaliação das características químicas de seis cultivares de morangueiro na região sudoeste do Paraná. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S5456 - 5461, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Idemir-Citadin/publication/237761460_AVALIACAO_DAS_CHARACTERISTICAS_QUIMICAS_DE_SEIS_CULTIVARES_DE_MORANGUEIRO_NA_REGIAO_SUDOESTE_DO_PARANA/links/56c359bf08aee3dcd41650fd/AVALIACAO-DAS-CARACTERISTICAS-QUIMICAS-DE-SEIS-CULTIVARES-DE-MORANGUEIRO-NA-REGIAO-SUDOESTE-DO-PARANA.pdf. Acesso em: 9 maio 2023.

MARCHI, Priscila Monalisa. **Propagação, espectros agronômicos e qualidade de frutas de cultivares de framboeseira**. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144832/1/DISSERTACAO-PRISCILA-MONALISA-MARCHI-2015.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2023.

MARÇO, Paulo Henrique; POPPI, Ronei Jesus. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/PXt7HhKcLRN7GMSSRt4dyKP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2023.

MARO, L. A. C. *et al.* Bioactive compounds, antioxidant activity and mineral compositions of fruits of raspberry cultivars grown in subtropical areas in Brazil. **Fruit**, v. 68, n. 3, p. 209-217, 2013. Disponível em: <https://www.pubhort.org/members/showdocument?series=fruits&pdffile=-bs-actahort-bs-fruits-bs-pdf-bs-2013-bs-03-bs-fruits130068.pdf&layout=pubhort&action=showdocument&lidvan=ishs&yearfruits=2013&volume=68&issue=3&edpsref=fruits130068>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MARZZANI, Pablo Ricardo. **Caracterização química e avaliação das atividades antioxidante e anti-herpética de extrato de frutos de framboesa**. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202081/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jun. 2023.

MELO, Enayde de Almeida et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/54sB3W4GSKPLwTJZ8xxN6pL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 out. 2023.

MESSIAS, K. L. S. Antioxidantes na natureza. **Food Ingredients Brasil**, n. 6, 2009. Disponível em: <http://www.unirio.br/ib/dmp/nutricao-integral/arquivos/fontes-de-consulta-complementar/Antioxidantes%20-%20FOOD%20INGREDIENTS%20BRASIL%20No6%20-%202009.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MOREIRA, Ana Vlândia Bandeira; MANCINI-FILHO, Jorge. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/DTZrPWn4jQZ7CBB9CHmS7Yt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MOSER, Cintia dos Santos. **Potencial antioxidante de amora e framboesa: diferentes cultivares e estágios de maturação**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2940/1/MOSER.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

MULLEN, Willian *et al.* Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of raspberries. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 18, p. 5197-5201, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12188629/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MUSA, Cristiane Inês. Caracterização físico-química de morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. 2016. 160 f. Tese (Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento na área de concentração Tecnologia e Ambiente) – Universidade Federal do Vale do Taquari, Lajeado, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/03f45c78-0b67-46a5-9636-ef65ad759c44/content>. Acesso em: 16 out. 2023.

NASCIMENTO, Paula Almeida. Panorama da produção de framboesa. **Campo & negócios online**, 2021. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-producao-de-framboesa/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

NUNES, Néria S. et al. Post-harvest of strawberry accessions in the South Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, v. 40, n. 2, p. 221 – 225, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/D3DdhYTVcww6ShfBdNxSG9B/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 16 out. 2023.

PALUDO, Michelly Cristiane. **Extração e determinação da capacidade antioxidante (in vitro) das antocianinas e compostos fenólicos totais da jabuticaba Sabará *Myrciaria jabuticaba* (Vell.) O. Berg e sua geléia**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/909058>. Acesso em: 18 jun. 2023.

PANTELIDIS, G. E. *et al.* Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 777-783, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606004833>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PAREDES-LÓPEZ *et al.* Berries: Improving Human Health and Healthy Aging, and Promoting Quality Life – A Review. **Plants Foods Human Nutrition**, v. 65, n. 3, p. 299-308, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20645129/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PATRAS, Ankit *et al.* Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224409002271>. Acesso em: 30 jun. 2023.

PEIXOTO, Thainá Gomes. **Atividade antioxidante e anti-inflamatória de extratos vegetais com potencial fitoterápico**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição)- Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/16317>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PINTO, Márcia da Silva. **Compostos bioativo de cultivares brasileiras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-13012009-130211/publico/TESE.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.

PROTEGGENTE, Anna R *et al.* The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radic Res**, v. 36, n. 2, p. 217-233, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11999391/>. Acesso em: 21 maio 2023.

RAMALHO, Valéria Cristina; JORGE, Neuza. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7QPFMbDGvJFgdBGNsCCvhpm/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

RIBEIRO, Vera Lúcia Meireles Carpinteiro. **Estudo de compostos bioativos presentes em *Adansonia digitata* e o seu potencial fitoquímico na indústria farmacêutica**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2012. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/3734>. Acesso em: 23 abr. 2023.

RIGOLON, T. C. B.; BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Predição de compostos bioativos utilizando parâmetros colorimétricos para morango, framboesa e juçara. *In: Simpósio de segurança alimentar*, 7, 2020, Online. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2020, 7 p., 2020. Disponível em: http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_179.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

ROBARDS, Kevin. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881469900093X>. Acesso em: 28 maio 2023.

ROCHA, Juliana de Cássia Gomes *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (*Euterpe edulis M.*) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruits. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 45-53, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/qMsgVjYXphZ7BCGhm5n5xK/?lang=en>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ROMERO, Nick. Como cultivar Framboesa. Pergunte ao Agrônomo, 2022. Disponível em: <https://pergunteaoagronomo.com.br/cultivar-framboesa>. Acesso em: 9 jun. 2023.

RUFINO, Maria do Socorro Moura *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Embrapa**, Comunicado Técnico online, n. 127, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426953/1/Cot127.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

RYAN, John J.; DUPONT, Jo Anne. Identification and analysis of the major acids from fruit juices and wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 21, n. 1, p. 45-49, 1973. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf60185a018>. Acesso em: 28 set. 2023.

SANTOS, Diego T.; VEGGI, Priscilla C.; MEIRELES, Angela A. Extraction of antioxidante compounds from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skin: yeld, composition and economical evaluation. **Journal of Food Engineering**, v. 101, n.1, p. 23-31, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223778242_Extraction_of_antioxidant_compounds_from_Jaboticaba_Myrciaria_cauliflora_skins_Yield_composition_and_economical_evaluation. Acesso em: 25 jun. 2023.

SARIBURUN, Esra *et al.* Phenolic content and antioxidante activity of rapberry and blackberry cultivars. **Food Chemistry**, v. 75, n.4, C328-C335, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/44671620_Phenolic_Content_and_Antioxidant_Activity_of_Raspberry_and_Blackberry_Cultivars. Acesso em: 18 jun. 2023.

SCALZO, Jessica *et al.* Plant genotype affects total antioxidante capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, p. 207-212, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15723750/>. Acesso em: 28 maio 2023.

SDA. Secretária de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018. Estabelece parâmetros analíticos de suco e polpa de frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, Edição 194, 1 out. 2018. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=368178>. Acesso em: 16 out. 2023.

SECRETARIA DA AGRICULTURA. **Dados produção anual de morangos e framboesa de Caxias do Sul**. Destinatário: Tainara Larissa Vergani. [S.I.], 28 mar. 2023. Redes sociais.

SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 7., 2013, Vacaria, RS. Anais [...]. Bento Gonçalves, RS: Embrapa uva e vinho, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011623/1/anaispequenasfrutasminicursos2013.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2023.

SHUTTERSTOCK. Grupo de dos partes enteras una mitad de la sección cruzada de frambuesa roja fresca aislada en fondo blanco. 2023. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/group-two-whole-one-half-fresh-1391425706>. Acesso em: 09 jun. 2023.

SILVEIRA, Márcia Liliane Rippel et al. Características físico-químicas, compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos de framboesa vermelha (*Rubus idaeus* L.). *Revista Observatório de La Economia Latinoamericana*, v. 21, n. 9, p. 12241 – 12262, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1502/927>. Acesso em: 16 out. 2023.

SINGLETON, V.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic compounds with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagentes. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, p. 144-158, 1965. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1745552](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1745552). Acesso em: 05 set. 2023.

SIQUEIRA, Egle Machado de Almeida *et al.* Brazilian savana fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious apple. *Plos one*, v. 8, n. 8, p. 72826, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072826>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0072826>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SOARES, Marcia *et al.* Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas niágara e isabel. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 1, p. 54-64, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/fWHjn9nb5J4cqc7tzZtZWQK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 jun. 2023.

SOARES, Sergio Eduardo. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/mZxTyVMspZY9WJgC7SSFnbh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2023.

SOUSA, Maria Beatriz. Framboesa – Qualidade pós-colheita. *AGRO 556*, n. 6, 2007. Disponível em: https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/framboesa_qualidade_pos_colheita.pdf. Acesso em: 9 jun. 2023.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução a qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Introdu%C3%A7%C3%A3o_%C3%A0_qualidade_das_%C3%A1guas_e_a.html?hl=pt-BR&id=1pxhLVxVFHoC&redir_esc=y. Acesso em: 10 nov. 2023.

STRASSBURGER, André Samuel et al. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo -orgânico. *Fitotecnia*, Bragantia, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/9W8NcSwfWxfKcJQKXmvWYWP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 maio 2023.

- TALCOTT, S. T. **Chemical componets of Berry fruits**. In: ZHAO, Y. (ed.). *Berry Fruit: value-added products for health promotion*. NewYork: CRC press –Taylor & Francis Group. London, p. 51-72, 2007. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Berry-Fruit-%3A-Value-Added-Products-for-Health-Zhao/bf6a0b96e61f3ea61ad26c438e113d693c4b2bea>. Acesso em: 17 out. 2023.
- TEIXEIRA, Luciana Nascimento; STRINGHETA, Paulo César; DE OLIVEIRA, Fabiano Alves. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. *Ceres*, v. 55, n. 4, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20655/1/artigo.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2023.
- TEZOTTO-ULIANA, Jaqueline Visioni; KLUGE, Ricardo Alfredo. Framboesa: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais. *Série Produtor Rural*, n. 55, 2013. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR55.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- TULIPANI, Sara *et al.* Strawberry consumption improves plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidativa haemolysis in humans. *Food Chemistry*, v. 128, n. 1, p. 180-186, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814611004067>. Acesso em: 28 maio 2011.
- VIZZOTO, Márcia; PEREIRA, Marina Couto. Amora-preta (*Rubus sp.*): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 4, p. 1209-1214, 2011. Disponível em: [scielo.br/j/rbf/a/xj4r6qZNGyTnMsbB6RCt6Lq/?format=pdf&lang=p](https://www.scielo.br/j/rbf/a/xj4r6qZNGyTnMsbB6RCt6Lq/?format=pdf&lang=p)
<https://www.scielo.br/j/rbf/a/xj4r6qZNGyTnMsbB6RCt6Lq/?format=pdf&lang=ptt>. Acesso em: 18 out. 2023.
- VIZZOTO, Marcia. Propriedades funcionais das pequenas frutas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 96-103, maio/jun. 2012. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=939258&biblioteca=vazio&busca=939258&qFacets=939258&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- WALLACE, Taylor C. Anthocyanins in Cardiovascular Disease Prevention. *Advances in Nutrition*, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/51974475_Anthocyanins_in_Cardiovascular_Disease_Prevention. Acesso em: 19 jun. 2023.
- WEATHER SPARK. Clima e condições meteorológicas médias em Caxias do Sul no ano todo. **Cedar Lake Ventures Inc.**, 2023. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29705/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Caxias-do-Sul-Brasil-durante-o-ano#:~:text=Chove%20ao%20longo%20do%20ano,mil%C3%ADmetros%20de%20precipita%C3%A7%C3%A3o%20de%20chuva>. Acesso em: 31 out. 2023.
- WU, Xianli *et al.* Concentrations of Anthocyanins in Common Foods in the Unidades States and Estimation of Normal Consumption. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 54, n. 11, p. 4069- 4075, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16719536/>. Acesso em: 17 jun. 2023.
- YAMAGUCHI, Tomoko *et al.* HPLC Method for Evaluation of the Free Radical-scavenging Activity of Foods by Using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Bioscience, Biotechnology, and**

Biochemistry, v. 62, n. 6, p. 1201-1204, 1998. Disponível em:
<https://academic.oup.com/bbb/article/62/6/1201/5947111>. Acesso em: 15 out. 2023.