

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**GABRIELE DE SÁ FONTANA
MICHELE DA SILVA MARCIANO**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS A PARTIR DO RESÍDUO
AGROINDUSTRIAL DA POLPA DE MORANGO (*Fragaria spp.*) EMPREGANDO
SOLVENTE EUTÉTICO NATURAL PROFUNDO (NADES) E ULTRASSOM**

CAMPO MOURÃO

2023

**GABRIELE DE SÁ FONTANA
MICHELE DA SILVA MARCIANO**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS A PARTIR DO RESÍDUO
AGROINDUSTRIAL DA POLPA DE MORANGO (*Fragaria spp.*) EMPREGANDO
SOLVENTE EUTÉTICO NATURAL PROFUNDO (NADES) E ULTRASSOM**

**Extraction of bioactive compounds from agroindustrial waste of strawberry
pulp (*fragaria spp.*) using deep natural eutectic solvent (nades) and ultrasound**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Tecnólogo em Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Dr^a. Mirela Vanin dos Santos Lima.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIELE DE SÁ FONTANA
MICHELE DA SILVA MARCIANO**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS A PARTIR DO RESÍDUO
AGROINDUSTRIAL DA POLPA DE MORANGO (*Fragaria spp.*) EMPREGANDO
SOLVENTE EUTÉTICO NATURAL PROFUNDO (NADES) E ULTRASSOM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Tecnólogo em Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 18/abril/2023

Mirela Vanin dos Santos Lima
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fabio Henrique Polisel Scapel
Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Karla Silva
Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2023

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, por todo apoio, incentivo e compreensão nos momentos de ausência devido a graduação, essa conquista também é de vocês.

AGRADECIMENTOS

Encerro mais essa etapa em minha vida com muito orgulho, foram dias difíceis, mas pude perceber que com pessoas especiais tudo é possível e por isso não poderia deixar de expressar minha eterna gratidão.

Agradeço em especial aos meus pais Antônio e Maria, por me darem sempre todo o amor, apoio, força, incentivo e por acreditarem em mim a todo momento. Queria eu poder expressar tudo que vocês são para mim, afinal vocês sempre me disseram: “Que me criariam para o mundo” e hoje eu posso dizer com toda a certeza que o meu mundo é viver por vocês. Obrigada por tanto, vocês são o meu alicerce e fonte de vivência! Obrigada por cada oração e incentivo, é por vocês que cheguei ao final desta trajetória. Amo muito vocês.

Agradeço ao meu companheiro Alan, o qual quero levar para a vida, por todo o companheirismo, carinho, compressão, por todos os risos e abraços e por toda paciência e amor, que me fizeram ter esperança e fé para conseguir realizar esse trabalho. Obrigada por estar comigo e me apoiar em todos os momentos, você foi peça essencial durante minha jornada.

Agradeço ainda a Michele, minha amiga e colega de Trabalho de Conclusão de Curso por todo apoio, paciência e amizade em todos esses meses.

A minha orientadora Mirela, por toda ajuda, orientação e amizade.

E por fim agradeço a mim, por não ter desistido e conseguir minha tão almejada formação como Tecnóloga em Alimentos.

Gabriele de Sá Fontana

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àqueles que não estão presentes entre essas palavras, mas podem estar certos que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço em primeiro lugar à Deus, por me dar sabedoria, paciência e capacidade para a elaboração desse trabalho final de curso.

A minha mãe pela fé e amor verdadeiro sempre me incentivando que tudo daria certo.

Gostaria de agradecer em especial minha amiga Vanessa, que foi uma grande incentivadora para a finalização dessa graduação, e esteve comigo nos melhores e piores momentos.

Agradeço a todos os professores (as) da UTFPR de Campo Mourão, por transmitir todo conhecimento e experiência ao longo desses anos.

Agradeço nossa orientadora Profa. Mirela Vanin dos Santos Lima, por toda paciência, contribuição e conhecimentos compartilhados durante toda a elaboração desse trabalho, sem você não teríamos conseguido, você é um exemplo de profissional, obrigada por tudo.

Agradeço minha amiga de Trabalho de Conclusão de Curso, Gabriele de Sá Fontana, por compartilhar comigo esse grande desafio, que não foi fácil, pelas trocas de experiências e conhecimentos, meu eterno agradecimento pela sua amizade e parceria.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Michele da Silva Marciano

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado
é alguém que acredite que ele possa ser
realizado”

Roberto Shinyashiki

RESUMO

O morango é uma fruta que possui boas propriedades nutricionais, isto se deve entre outras coisas a presença de compostos antioxidantes na constituição da fruta. Atualmente existe uma preocupação em minimizar resíduos industriais, bem como em melhorar nutricionalmente alimentos industrializados, adicionando a estes compostos bioativos, por exemplo. Nesse sentido, o objetivo geral desse estudo foi realizar a extração de compostos bioativos a partir do resíduo agroindustrial da polpa de morango (*Fragaria spp.*) empregando solvente eutético natural profundo (NADES) e ultrassom. Para tanto, preparou-se um NADES a partir de cloreto de colina e ácido láctico. Então a extração dos compostos bioativos foi realizada adicionando-se o NADES ao resíduo de polpa de morango seco e padronizado, na proporção 5% (m/v), após a mistura foi colocada num banho ultrassom. O mesmo processo foi realizado utilizando etanol e água no lugar do NADES. Após a extração dos compostos ativos realizou-se a centrifugação para separar o resíduo do extrato (solvente contendo os compostos bioativos). Então os extratos foram analisados para verificar a capacidade antioxidante pela análise de FRAP⁺ (Método de Redução do Ferro), os compostos fenólicos totais pela análise de Folin-Ciocalteu; e flavonoides pela análise de flavonoides totais. Para cada análise uma curva de calibração foi construída empregando como padrões Trolox, ácido gálico e quercetina, respectivamente. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pela análise de variância anova, e quando esta demonstrou existir diferença significativa entre os extratos, fez-se o teste de Tukey. Avaliando os resultados de FRAP⁺ e da análise estatística observou-se que todos os extratos apresentaram capacidade antioxidante, sendo que o extrato obtido utilizando NADES apresentou um valor numérico maior, e a anova indicou que há diferença significativa entre os tratamentos, já pelo teste de Tukey essa diferença foi verificada apenas entre o NADES e o etanol, e entre o NADES e a água, mas não entre o etanol e a água. Em relação aos compostos fenólicos totais foi possível perceber pelos resultados da análise de Folin-Ciocalteu que os três solventes utilizados foram capazes de extrair compostos fenólicos, mas o resultado da ANOVA mostrou que não há diferença significativa entre os tratamentos. Já os resultados da análise de flavonoides totais apresentaram a presença de flavonoides em todos os extratos, sendo que o extrato obtido com NADES apresentou valores maiores do que àqueles obtidos com etanol ou água, e pela anova há diferença significativa entre os tratamentos havendo diferença entre todos eles pelo teste de Tukey. Assim, pode-se concluir que o processo utilizado empregando NADES e ultrassom é simples e foi adequado para a extração de compostos ativos do resíduo da polpa de morango. Esse estudo ainda demonstrou que o solvente NADES estudado possui potencial para a extração destes compostos, visto que se obteve valores de capacidade antioxidante e flavonoides totais superiores para o extrato obtido com NADES quando comparado aos obtidos com etanol ou água.

Palavras-chave: resíduo agroindustrial; extração; compostos bioativos; compostos fenólicos; solvente eutético profundo natural.

ABSTRACT

Strawberry is a fruit that has good nutritional properties, this is due, among other things, to the presence of antioxidant compounds in the constitution of the fruit. Currently there is a concern to minimize industrial waste, as well as nutritionally improve processed foods, adding to these bioactive compounds, for example. In this sense, the general objective of this study was to perform the extraction of bioactive compounds from the agro-industrial residue of strawberry pulp (*Fragaria* spp.) using natural deep eutectic solvent (NADES) and ultrasound. For this purpose, a NADES was prepared from choline chloride and lactic acid. Then the extraction of the bioactive compounds was performed by adding the NADES to the dried and standardized strawberry pulp residue, in the proportion 5% (w/v), after the mixture was placed in an ultrasonic bath. The same process was performed using ethanol and water instead of NADES. After extracting the active compounds, centrifugation was performed to separate the residue from the extract (solvent containing the bioactive compounds). Then the extracts were analyzed for antioxidant capacity by FRAP+ analysis (Iron Reduction Method), total phenolic compounds by Folin-Ciocalteu analysis, and flavonoids by analysis of total flavonoids. For each analysis a calibration curve was constructed using Trolox, gallic acid and quercetin as standards, respectively. The results obtained were statistically analyzed by analysis of variance anova, and when it showed a significant difference between the extracts, the Tukey test was performed. Evaluating the results of FRAP+ and statistical analysis, it was observed that all extracts showed antioxidant capacity, and the extract obtained using NADES showed a higher numerical value, and the anova indicated that there is a significant difference between treatments, as per the Tukey test this difference was verified only between NADES and ethanol, and between NADES and water, but not between ethanol and water. Regarding the total phenolic compounds, it was possible to perceive from the results of the Folin-Ciocalteu analysis that the three solvents used were able to extract phenolic compounds, but the ANOVA result showed that there was no significant difference between the treatments. The results of the analysis of total flavonoids showed the presence of flavonoids in all extracts, and the extract obtained with NADES showed higher values than those obtained with ethanol or water, and by anova there is a significant difference between treatments, with a difference between all them by the Tukey test. Thus, it can be concluded that the process used using NADES and ultrasound is simple and was adequate for the extraction of active compounds from the strawberry pulp residue. This study also demonstrated that the studied NADES solvent has potential for the extraction of these compounds, since higher values of antioxidant capacity and total flavonoids were obtained for the extract obtained with NADES when compared to those obtained with ethanol or water.

Keywords: agro-industrial waste; extraction; bioactive compounds; phenolic compounds; natural deep eutectic solvent.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de extração.	21
Figura 2 – Resíduo da polpa de morango.	24
Figura 3 – Extratos obtidos	244
Figura 4 – Curva de calibração FRAP⁺	25
Figura 5 – Curva de calibração – Compostos fenólicos totais.....	25
Figura 6 – Curva de calibração - flavonoides	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo do preparo das curvas de calibração e análises da amostra	23
Tabela 2 – Resultados das análises de compostos antioxidantes, fenólicos e flavonoides	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Polpa de frutas	14
3.2	Compostos Bioativos Antioxidantes	16
3.3	Compostos fenólicos	17
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	Preparo da amostra – resíduo de polpa de morango.....	20
4.2	Preparo do solvente eutético profundo natural (NADES).....	20
4.3	Extração por solvente e ultrassom.....	200
4.4	Análise dos compostos bioativos	211
4.4.1	Determinação de fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu	211
4.4.2	Determinação de Flavonoides.....	22
4.4.3	Determinação da capacidade antioxidante pelo método de FRAP⁺	22
4.5	Análise Estatística.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1	Preparo do resíduo da polpa de morango	23
5.2	Extratos obtidos.....	24
5.3	Bioatividade.....	25
6	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a responsabilidade ambiental das empresas tem sido muito discutida as quais tem tentado reduzir os efeitos negativos dos seus processos a fim de minimizar o impacto gerado ao meio ambiente.

Neste contexto, Corrêa (2009) relata que devem ser tomadas uma série de práticas para o desenvolvimento sustentável nas operações dos processos industriais, os projetos devem ter um nível de qualidade elevado, utilizando os recursos naturais de maneira eficiente. Sendo fundamental buscar alternativas de reduzir os excessos e desperdícios gerados nos processos industriais, esse cuidado deve acontecer desde a seleção dos fornecedores até o descarte dos resíduos finais. O autor ainda ressalta que a base para a sustentabilidade nas indústrias deve conciliar os ganhos ambientais e sociais com os econômicos, sendo de extrema importância o uso de novas tecnologias, para que esse objetivo seja atingido.

Portanto, pode-se sugerir que o desenvolvimento de processos e produtos para agregar valor aos resíduos industriais é uma solução sustentável e ecologicamente correta, como por exemplo o uso de resíduos agroindustriais para extração de compostos bioativos. Para tanto, o profissional de alimentos precisa aliar modernidade, otimização e parceria com bons fornecedores e, visando atender às expectativas para redução do impacto ambiental, soluções sustentáveis devem ser encontradas para os processos de extração destes compostos bioativos. Isso pode ser alcançado utilizando solventes verdes nos processos de extração, reduzindo assim o impacto ambiental do processo (FERRENTINO; ASADUZZAMA; SCAMPICCHIO, 2018).

As indústrias nos seus processos de transformação da matéria-prima, geram grande quantidade de resíduos que são descartados no ambiente, muitos dos quais possuem alto valor nutritivo, podendo ser uma importante fonte para o desenvolvimento sustentável, já que tais resíduos podem ser transformados pela indústria química; valendo destacar resíduos que contenham compostos bioativos com atividade antioxidante, por exemplo (BANDYOPADHYAY; GHOSH; GHOSH, 2012; SILVA, 2016; PELAS VITAL *et al.*, 2015).

Segundo Pereira; Vidal e Constant (2009) os compostos bioativos, que possuem ação antioxidante, combatem os radicais livres produzidos naturalmente

pelos organismos por meio da oxidação, processo importante para a vida aeróbica do organismo. Os radicais livres reagem com RNA, DNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis causando danos que contribuem para o envelhecimento e a predisposição a doenças degenerativas, tais como, o câncer, a aterosclerose, artrite reumática, entre várias outras. Portanto o consumo de compostos bioativos contribui para prevenção dessas doenças

Vários alimentos, em especial as frutas, contêm compostos antioxidantes, dentre elas pode-se citar o morango. Essa fruta é bastante requisitada pelos consumidores, além do sabor, seu valor nutricional é elevado, é composto por vitaminas do complexo B1, B2 e B5 e C, e ainda possuem fibras, cálcio, ferro, sódio, e fósforo, demonstrando seu alto valor nutricional (LUENGO *et al.*, 2000).

O morango possui função antioxidante, com atuação na redução de infecções quando o indivíduo é suscetível, age de forma anti-inflamatória, bem como tem efeito diurético, é eficiente em pacientes como reumatismo e gota (ROCHA *et al.*, 2008).

Dentre as técnicas de extração de compostos a técnica sólido-líquido é uma das mais utilizadas. A técnica consiste na transferência de massa, onde os compostos químicos são extraídos a partir de um componente sólido através do contato com o solvente. O sucesso da técnica é empregar pequenas quantidades de solvente a fim de obter um extrato que seja fortemente concentrado (BERK, 2013).

As formas de extração convencionais mais conhecidas são técnicas de arraste, prensagem, maceração e *Soxhlet*. E dentre as técnicas definidas como não convencionais destacam-se as que utilizam micro-ondas, ultrassom e extração aplicando fluido supercrítico (KHODDAMI; WILKES; ROBERTS, 2013). O sucesso do processo de extração depende da escolha do solvente, da técnica de extração, tempo de extração, temperatura, pH de operação e presença de substâncias que afetem o processo (ZHANG; LIN; YE, 2018).

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar a extração de compostos bioativos a partir do resíduo agroindustrial da polpa de morango (*Fragaria spp.*) empregando solvente eutético natural profundo (NADES) e ultrassom.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Extração de compostos bioativos a partir do resíduo agroindustrial da polpa de morango (*Fragaria spp.*) empregando solvente eutético natural profundo (NADES) e ultrassom.

2.2 Objetivos Específicos

- Secar o resíduo agroindustrial da polpa de morango (*Fragaria spp.*), e padronizar o tamanho das partículas empregando o processo de peneiramento.
- Preparar NADES utilizando cloreto de colina e ácido láctico.
- Extrair os compostos bioativos utilizando o NADES, álcool etílico (padrão) e água (padrão), e ultrassom
- Analisar os compostos bioativos extraídos quantificando fenólicos totais, flavonoides, e avaliar a capacidade antioxidante.
- Comparar os resultados das análises dos extratos obtidos utilizando NADES, com àqueles obtidos utilizando etanol e água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Polpa de frutas

Frutas são fontes que apresentam quantidades consideráveis de micronutrientes, como minerais, vitaminas e compostos fotoquímicos secundários, que são indispensáveis para a dieta humana (SILVA *et al.*, 2014). Suas principais funções são: auxiliar o organismo na resistência contra infecções, no desenvolvimento do indivíduo saudável, e de proporcionar um aumento nas defesas do organismo contra algumas agressões do meio ambiente (EVANGELISTA, 2008; SEBRAE, 2014). A produção mundial de frutas apresenta um aumento contínuo no decorrer dos anos (FAOSTAT, 2018).

O Brasil é um país que possui grande variedade de frutas exóticas e nativas, que possuem grande potencial e interesse para a indústria alimentícia que podem ser

exploradas (ALMEIDA *et al.*, 2011; SCHIASSI *et al.*, 2018). Isso acontece devido à extensa quantidade de território e grande variabilidade de espécies que existem, principalmente em regiões que possuem clima temperado e tropical (SILVA *et al.*, 2014). Nesse contexto, com intuito de melhorar e elevar a produção da quantidade de frutas no país, o setor industrial realiza processos de melhoria, processamento e até mesmo transformações da matéria-prima retirada da natureza, ou seja, das frutas, no intuito de aumentar a sua vida útil, evitando assim elevado desperdício das frutas por meio da podridão e perecibilidade, durante o ciclo das frutas (EVANGELISTA, 2008). Uma maneira de evitar desperdícios em grande escala, é o congelamento das polpas de frutas, que podem ser fontes de matéria-prima para desenvolvimento de outros produtos, sendo ainda uma medida que traz praticidade para o consumidor final, evitando também a sazonalidade das frutas (SILVA *et al.*, 2014).

Segundo a Instrução Normativa nº1 de 7 de janeiro de 2000, polpa de fruta é definida como “produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto. O teor mínimo de sólidos totais será estabelecido para cada polpa de fruta específica” (MAPA, 2000).

Para tanto, devido a esse processo, tem crescido o interesse na utilização das polpas de frutas e seus compostos para realização do procedimento de isolamento fitoquímico, com o intuito de realizar aplicação em novos produtos farmacêuticos e alimentares, suplementos, e diversos outros usos, esse interesse acontece devido à presença de compostos antioxidantes, fenólicos, minerais, vitaminas e carotenoides nas polpas de fruta (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2014).

Existe uma grande quantidade de polpas de frutas que são produzidas, mas nesse estudo especificamente, a polpa de morango, foi a escolhida para aplicação prática. O morango possui a presença de flavonoides, ácidos fenólicos e da vitamina C, por esse fato possui ação anticarcinogênica e anti-inflamatória, pois evita a formação de radicais livres, neutralizando estresse oxidativo (FORBES-HERNANDEZ *et al.*, 2015). O consumo de morango, devido sua função oxidativa, traz redução de riscos de doenças graves de cunho neurológico e fisiológico, contribui para risco de obesidade, diabetes mellitus, doenças cardiovasculares, doenças neurológicas e cânceres (AFRIN *et al.*, 2016). Além disso, os compostos bioativos presentes no morango têm alta absorção e elevado grau de conversão em todo o processo, desde

a ingestão até absorção no trato gastrointestinal (KOSINSKA-CAGNAZZO *et al.*, 2015).

3.2 Compostos Bioativos Antioxidantes

De acordo com Danlami *et al.* (2014), a retirada de compostos bioativos de suas matrizes sofre influência de diversos fatores, e assim para melhorias no processo, vem sendo implantada diversas técnicas para melhor aproveitamento dos compostos bioativos na extração. As técnicas convencionais apresentam baixo custo, porém demandam longo tempo de operação e muitas vezes utilizam solventes prejudiciais ao meio ambiente. Métodos não convencionais estão sendo apresentados como melhor alternativa, pois utilizam menores quantidades de solvente, com intuito de reduzir o impacto ambiental e ainda otimizar o processo de seleção aumentando a eficiência do processo.

Quanto à classificação, os antioxidantes podem ser classificados em dois grupos principais, antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos. Alguns destes antioxidantes são produzidos endogenamente, o que inclui enzimas, moléculas de baixo peso molecular e cofatores de enzimas. Entre os antioxidantes não enzimáticos, são obtidas muitas formas de fontes dietéticas. Antioxidantes dietéticos podem ser classificados em diferentes classes, dos quais os compostos fenólicos são o maior grupo (RATNAM *et al.*, 2006).

A ação dos antioxidantes para desativar os radicais livres pode ser realizada por dois mecanismos principais: transferência de um átomo de hidrogênio (Hydrogen Atom Transfer, HAT) ou por transferência de um elétron (Single Electron Transfer, SET). O mecanismo por transferência de um átomo de hidrogênio (HAT) mede a capacidade de um antioxidante em eliminar radicais livres doando hidrogênio. Entre os ensaios deste mecanismo, está o sistema de auto-oxidação β -caroteno/ácido linoleico. Já no mecanismo por transferência de um elétron é detectado a capacidade de um antioxidante em reduzir um composto (incluindo metais, grupamentos carbonila e radicais livres), através da transferência de um elétron. Entre os ensaios deste mecanismo, pode-se citar o ensaio FRAP (Ferric reducing antioxidant power - Poder antioxidante de redução do ferro). Entretanto, existem dois métodos em que ambos os mecanismos HAT e SET acontecem, o DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e o ABTS [2,2'-azinobis(3-etil-benzolona-6-sulfonato)] (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

O ensaio FRAP, é um método que baseia-se na capacidade dos antioxidantes em reduzir o complexo de íons férricos (Fe^{3+}) e TPTZ (2,4,6- tri(2-piridil)-1,3,5-triazina) para o complexo ferroso (Fe^{2+}). Esta redução ocorre em meio ácido, alterando a coloração da solução na presença de um antioxidante, de amarelo para azul intenso, analisado por meio de um espectrofotômetro (BENZIE; STRAIN, 1996).

As análises de atividade antioxidante têm uma grande importância no meio científico, já que, pesquisas vêm sendo realizadas para tentar explicar os benefícios dos antioxidantes na prevenção de doenças cardiovasculares, em diversos tipos de câncer, e inclusive em doenças diretamente associadas com o processo de envelhecimento, como de cataratas, doença de Alzheimer e outras alterações do sistema nervoso

3.3 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos se originam do metabolismo do chiquimato e dos poliactatos, que são os responsáveis para dar sabor e coloração para frutas e vegetais, e ainda possuem poder de manter as plantas vivas, além da proteção e suporte na estrutura das plantas, e assim permite uma melhor adaptação tanto no ambiente abiótico quanto bióticos, e é possível atribuir aroma, cor, e sabor além de propriedades tecnológicas e funcionais aos alimentos (BOUDET, 2007; OKSANA *et al.*, 2012).

Atualmente, existem mais de 8.000 compostos fenólicos que já foram devidamente identificados, presentes naqueles alimentos que contêm taninos, estilbenos e flavonoides e ácidos fenólicos, por esse fato, esse grupo de substâncias têm se destacado, pois seu consumo com quantidade adequada e de maneira regular, por meio de frutas, vegetais e bebidas que possuem quantidade de compostos fenólicos podem proporcionar prevenção de muitas doenças crônicas (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

Os compostos fenólicos são fundamentais para o metabolismo, e ainda tem ação antioxidante devido a diversos fatores, dentre eles, pelo poder que possuem na eliminação de radicais livres e a inibição da formação de espécies reativas durante o curso normal do metabolismo, conseguindo realizar a prevenção a danos que podem vir acontecer nos lipídios, lesões das células, proteínas e ácidos nucleicos e, os

compostos fenólicos que possuem nas frutas se fizerem parte da ingestão na quantidade adequada podem evitar os danos descritos acima (OKSANA *et al.*, 2012).

Os flavonoides fazem parte de um grupo importante que são encontrados na sua forma natural, e suas características podem ser encontradas em raízes, folhas, flores, frutos das plantas, e conseguem realizar a modulação da atividade enzimática, o que altera e diretamente o sistema celular, com efeitos que trazem benefícios positivos aos organismos, e a recomendação do consumo de frutas, legumes e bebidas que possuem flavonoides têm sido recomendados (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

3.4 Composto bioativos e solventes

O desenvolvimento e o uso de solventes com baixo potencial de agressão ao meio ambiente é uma alternativa que vem sendo incorporada nos processos de extração de compostos bioativos por solventes. Baseando-se na extração que irá reduzir o consumo de energia, a utilização de solventes alternativos e renováveis, garantem que produtos naturais sejam seguros e de boa qualidade (TSUKUI; REZENDE, 2014).

Dentre os solventes verdes tem-se os solventes eutéticos profundos. Esse termo solventes eutéticos profundos foi introduzido pela primeira vez ao descrever a associação entre duas moléculas sendo uma receptora (HBA) e a outra doadora de hidrogênio (HBD) através de ligações de hidrogênio (ABBOTT *et al.*, 2004). O solvente cloreto de colina, por exemplo, é largamente empregado por ser um sal quaternário de amônio, permitindo com ele a obtenção de solvente eutético natural profundo (NADES). Esse tipo de solvente vem sendo utilizado nos processos industriais de extração e separação, graças ao seu potencial como solvente ambientalmente correto, suas propriedades de solvatação, além do baixo custo, preparo simples, bem como, por não reagir com água e não ser tóxico (ZHU *et al.*, 2020).

Os sais quaternários de amônio, como o cloreto de colina (ChCl), são geralmente utilizados como receptor de hidrogênio e as aminas, amidas, álcoois, ácidos carboxílicos entre outros compostos como doadores de hidrogênio (DOMÍNGUEZ DE MARÍA; MAUGERI, 2011; KUDŁAK; OWCZAREK; NAMIEŚNIK, 2015; RADOŠEVIĆ *et al.*, 2015).

A utilização dos solventes NADES está sendo associada a uma alternativa verde, por serem solventes que não causam efeitos tóxicos e que podem ser modificados quanto à sua polaridade e seletividade para diferentes aplicações, visto que já foram adotados para extração de vários compostos bioativos (BUBALO *et al.*, 2016; ZHU *et al.*, 2020).

A técnica de ultrassom vem sendo utilizada na área de tecnologia em alimentos devido à sua diversidade em aplicações. É conhecida por otimizar operações unitárias, como secagem e extração. Considerada uma excelente alternativa para auxiliar os processos de extração utilizando vários solventes para este fim, bem como diminuir o tempo necessário para o processo (SORIA; VILLAMIEL, 2010).

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo de extração de compostos ativos de resíduos agroindustriais utilizando solvente eutético profundo natural assistida por ultrassom, foi utilizado o laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Campo Mourão, utilizando todos EPI (Equipamento de Proteção Individual), para realizar os procedimentos, que foram acompanhados pela professora orientadora. As amostras do resíduo da polpa de morango foram recebidas por doação de uma empresa de Campo Mourão – Paraná, chegando refrigerados até a universidade para estudo, e os reagentes utilizados foram disponibilizados pela universidade.

Para o desenvolvimento do estudo foram necessários os seguintes equipamentos: estufa com circulação de ar (CIENLAB), freezer (Electrolux), balança analítica (Bioscale), agitador magnético (Lutech), shaker (Tecnal), banho ultrassom (Elma), centrifugada (Hoffmann), vortex (Biomixer), espectrofotômetro UV-Vis (Global Analyzer). Os reagentes necessários utilizados foram: cloreto de colina (Sigma-Aldrich), ácido láctico (Sigma-Aldrich), ácido clorídrico (Alphatec), Cloreto de ferro III (Dinâmica), Ácido acético Glacial (Dinâmica), acetato de sódio (Synth), TPTZ (Sigma), álcool etílico PA (neon), Trolox (Sigma), Folin Ciocalteu (Sigma).

Foi utilizada a base de dados *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) para realizar a revisão bibliográfica acerca do assunto e comparar os resultados

obtidos com outros estudos já realizados sobre a temática, e assim compreender os pontos divergentes e parecidos.

4.1 Preparo da amostra – resíduo de polpa de morango

A amostra do resíduo de polpa de morango foi doada por uma empresa que produz e comercializa polpa de frutas na região de Campo Mourão – Paraná. Para o preparo da amostra, após a coleta do resíduo de polpa de morango, foi realizada a secagem do resíduo em estufa a 60° C, por 48 horas. Após o período de secagem, a amostra seca foi macerada e então para padronização das partículas foi realizado um processo de peneiramento, utilizando peneira fina simples de cozinha. Por fim, a amostra foi armazenada em saco plástico no freezer até utilização.

4.2 Preparo do solvente eutético profundo natural (NADES)

O NADES foi preparado de acordo com procedimento descrito por Chen, Zhao e Yu (2015), com modificações. Para tanto, os reagentes cloreto de colina e ácidos láctico foram pesados em balança analítica, na proporção de 1:3 e inseridos em frascos de vidro com tampa. Os frascos foram colocados em agitador tipo *Shaker* da marca Tecnal, e mantido à 55°C, 180 rpm, por 24 horas, até a homogeneização do solvente eutético. Então o solvente NADES obtido foi armazenado em dessecador até uso.

4.3 Extração por solvente e ultrassom

A extração dos bioativos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Pérez-Jiménez *et al.* (2008), com modificações, em triplicata. Uma quantidade da amostra do resíduo de polpa de morango, preparada como descrito no item 3.1, foi adicionada em um tubo do tipo FALCON e então adicionado um volume do NADES, na proporção de 5%(m/v), na sequência o tubo foi fechado e inserido no banho ultrassom da marca Elma, modelo Elmasonic P, empregando frequência de 37 Hz, potência de 144W, temperatura de 45°C, por um período de 30 min., como pode ser visto na Figura 1. O mesmo processo de extração, descrito, também foi realizado utilizando água e etanol PA. como solvente.

Figura 1 - Processo de extração.



Fonte: A autoria própria (2022).

Após o processo de extração, foi realizada a centrifugação na centrífuga (Hoffmann) e a separação do sobrenadante, contendo os compostos bioativos. O sobrenadante foi armazenado em tubos de vidro com tampa na geladeira até utilização.

4.4 Análise dos compostos bioativos

Para avaliar o potencial antioxidante dos extratos foram realizadas quantificações da atividade *in vitro*, conforme descrito a seguir.

4.4.1 Determinação de fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu

O ensaio colorimétrico que utiliza o reagente Folin-Ciocalteu descrito inicialmente por Singleton e Rossi (1965), é um método tradicional para quantificação de fenólicos totais e baseia-se na redução do reagente de Folin-Ciocalteu por compostos redutores presentes na amostra pesquisada (KARAKAYA, 2004).

O reagente Folin-Ciocalteu é constituído pelos ácidos fosfotúngstico e fosfomolibdico e apresenta coloração amarela. Desta forma, na presença de compostos fenólicos e em pH alcalino tais ácidos são reduzidos, levando à formação do ânion fenolato. Este por sua vez é capaz de reduzir o reagente Folin-Ciocalteu formando óxido de tungstênio e óxido de molibdênio, ocasionando mudança na

coloração do meio reacional da cor amarela para a cor verde. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda de 760 nm.

4.4.2 Determinação de Flavonoides

A determinação de flavonóides foi realizada utilizando um ensaio colorimétrico para quantificação de flavonoides que se baseia na complexação com cloreto de alumínio conforme descrito inicialmente por Markham (1982). É um método tradicional, acessível, prático e de baixo custo. Na reação, o íon alumínio Al^{+3} complexa-se com as moléculas de flavonoides da amostra, estabelecendo o complexo estável flavonoide- Al^{+3} de coloração amarela, cuja intensidade é proporcional à concentração de flavonoides presente na amostra. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda de 510 nm (PEIXOTO *et al.* 2012; ZHISHEN; MENGCHENG; JIANMING, 1999).

4.4.3 Determinação da capacidade antioxidante pelo método de FRAP⁺

O método FRAP⁺ (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) Poder Antioxidante de Redução do Ferro, foi descrito inicialmente por Benzie e Strain (1996) e modificado por Wong *et al.* (2006), baseia-se na produção do íon Fe^{+2} (forma ferrosa) a partir da redução do íon Fe^{+3} (forma férrica) presente no complexo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ). Assim, na presença de um antioxidante e em condições ácidas, ocorre aumento da tonalidade da mistura reacional, de azul claro para um tom azul escuro intenso, permitindo leitura por espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda de 595 nm.

Para que fosse possível fazer as dosagens dos compostos ativos, foram preparadas curvas de calibração com padrões analíticos para quantificação de fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante, conforme metodologias descritas e apresentado na Tabela 1. As análises ocorreram em ambiente escuro (dentro de tubos de 10 mL protegidos com papel alumínio e tampa) em triplicata e com precisão de pipetas automáticas. Entre as adições, as misturas foram agitadas em vortex (Biomixer). As leituras de absorvância ocorreram em espectrofotômetro Uv-Vis (Global Analyzer), e em cubetas de quartzo

Tabela 1 – Resumo do preparo das curvas de calibração e análises da amostra

Análise	Padrão e Marca	Concentração da curva	Técnica aplicada
Fenólicos totais ⁽¹⁾	Ácido gálico (Sigma)	1500 mg.L ⁻¹	30 µL de cada amostra + 2370 µL de água destilada + 150 µL de folin-ciocalteu (5 min) + 450 µL de Na ₂ CO ₃ 15%. Leitura após 2 horas em 765nm.
Flavonoides ⁽²⁾	Quercetina (Sigma)	1000 mg.L ⁻¹	250 µL de cada amostra + 1000 µL de água destilada + 75 µL de NaNO ₂ (5 minutos) + 75 µL de AlCl ₃ 10% (5 minutos) + 500 µL de NaOH 1mol/L. Leitura imediata em 510 nm.
FRAP ⁽³⁾	Trolox (Sigma)	1500 µmol.L ⁻¹	90 µL de cada amostra + 270 µL de água destilada + 2,7 mL de reagente FRAP. Leitura após 30 minutos de incubação à 37°C, em 595nm.

Fonte: Singleton Orthofer Lamuela-Raventós (1999) ⁽¹⁾; Zhishen, Mengcheng, Jianming (1999) ⁽²⁾ Wong *et al.* (2006) ⁽³⁾.

4.5 Análise Estatística

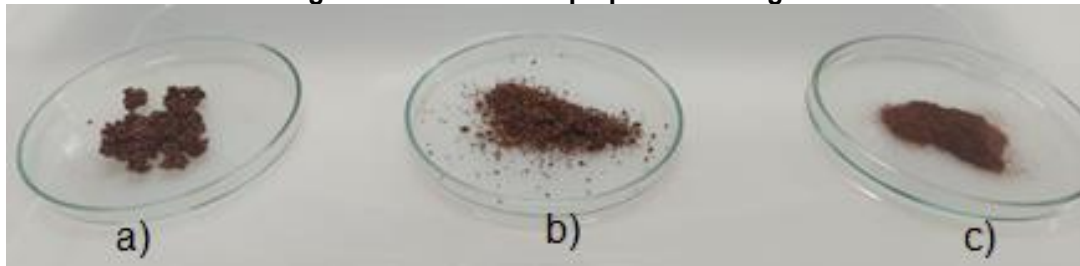
Os resultados encontrados por meio da prática experimental, foram registrados por imagem das etapas dos experimentos, e os dados foram analisados quanto a variância (ANOVA) a 95% de significância, e as análises com diferença significativa entre os tratamentos foram diferenciadas pelo teste de Tukey. Para a análise estatística o programa Excel foi utilizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Preparo do resíduo da polpa de morango

Após a secagem, maceração e peneiramento do resíduo da polpa de morango obteve-se um pó fino, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Resíduo da polpa de morango.



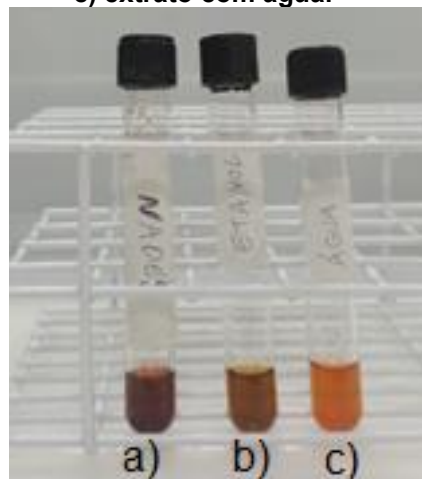
Fonte: Autoria própria (2022).

Nota. a) após secagem; b) após maceração, c) após peneiramento

5.2 Extratos obtidos

Após o processo de extração dos compostos bioativos do resíduo de polpa de morango, empregando NADES, etanol PA. e água como solvente, pôde-se perceber visualmente que o extrato obtido empregando o NADES apresentou coloração mais intensa que àqueles obtidos com água ou etanol, como pode ser observado na Figura 3, podendo-se sugerir que o processo de extração com solvente assistido por ultrassom foi adequado, e que o solvente NADES parece ter sido mais efetivo para extrair compostos bioativos do resíduo da polpa de morango.

Figura 3 – Extratos obtidos: a) extrato com NADES; b) extrato com etanol; c) extrato com água.

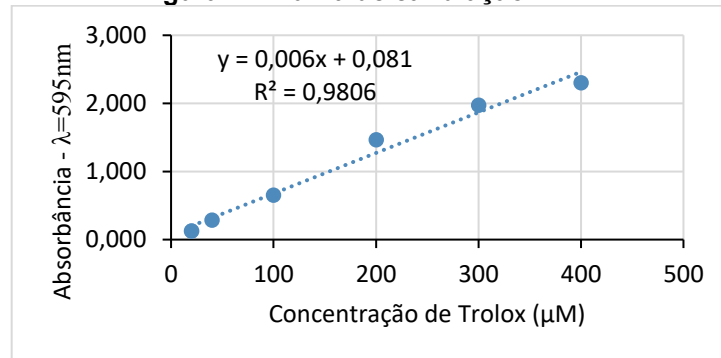


Fonte: Autoria própria (2022).

5.3 Bioatividade

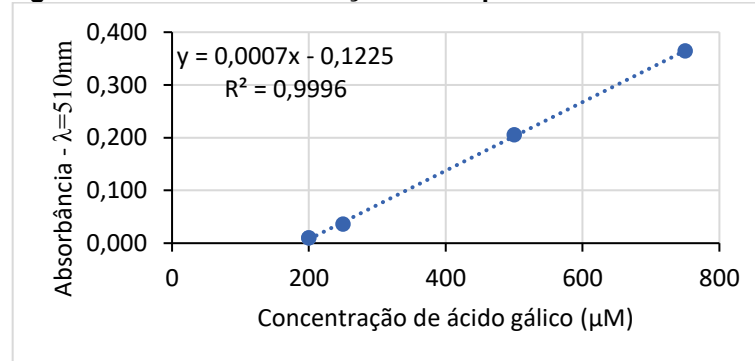
Para a análise dos compostos bioativos presentes nos extratos obtidos, pelos métodos FRAP, compostos fenólicos totais e flavonoides, foram construídas curvas de calibração, como pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6.

Figura 4 – Curva de calibração FRAP⁺



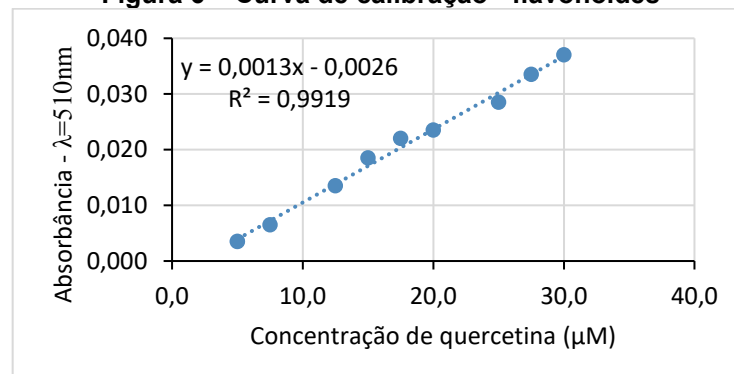
Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 5 – Curva de calibração – Compostos fenólicos totais.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 6 – Curva de calibração - flavonoides



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao observar as curvas de calibração (Figuras 4, 5 e 6) percebe-se uma boa correlação linear, visto que os coeficientes de correlação linear, R^2 , se encontram muito próximo a 1. Assim, as equações de reta obtidas a partir destas curvas foram utilizadas para analisar os compostos extraídos do resíduo da polpa de morango em seus respectivos protocolos.

Para que as amostras fossem lidas na mesma faixa de Absorbância obtida pelas curvas de calibração foram realizadas diluições das amostras nas proporções 1:10, 1:50 e 1:100, então após as leituras identificou-se qual diluição se mostrou mais adequada a faixa de absorbância das respectivas curvas de calibração. Após os cálculos os resultados foram multiplicados pelas referentes diluições. Esse procedimento foi realizado para as 3 amostras (extrato/solvente) em triplicata para cada um dos métodos analíticos.

A Tabela 2 apresenta os resultados da ANOVA e teste de Tukey para a concentração equivalente relativa à compostos antioxidantes, compostos fenólicos e flavonoides presente nos extratos obtidos empregando os solventes NADES, etanol PA., e água.

Tabela 2 – Resultados das análises de compostos antioxidantes, fenólicos e flavonoides

Tratamentos	Compostos antioxidantes - ET* ($\mu\text{mol/L}$)	Compostos fenólicos - EAG** (mg/L)	Flavonoides EQ*** (mMol/L)
Extrato/Nades	6686,111 ^a ±103,935	22750,000±1162,692	8,552 ^a ± 0,550
Extrato/Etanol	22,778 ^b ± 8,333	55236,111±30444,875	2,552 ^b ± 0,167
Extrato/Água	8,333 ^b ± 3,600	17375,000±1471,960	1,264 ^c ± 0,317

Fonte: Autoria própria (2022).

Valores obtidos correspondem a média de três triplicatas independentes \pm desvio padrão.

Valores encontrados na mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam que os dados possuem diferenças significativas entre si ($p < 0,05$).

* ET – equivalente a Trolox; ** EAG – equivalente a Ácido Gálico; *** EQ – equivalente a Quercetina.

Pela Tabela 2 e após a análise estatística dos dados referentes aos compostos antioxidantes pela análise da ANOVA percebeu-se que existe diferença significativa ao nível de 95% de significância, porque o $f_{\text{calculado}}$ era maior que o $f_{\text{crítico}}$. Quando o F calculado $\geq F$ tabelado o teste é significativo ao nível de significância α considerado. Já com F calculado $< F$ tabelado o teste é não significativo ao nível de significância α considerado. Já o teste de Tukey mostrou que existe diferença significativa entre o valor de concentração de compostos antioxidantes no extrato obtido utilizando NADES, quando comparado com aquele obtido utilizando etanol ou água, mas não há

diferença entre os resultados obtidos quando se compara o extrato obtido com etanol ao obtido com água. Vale salientar ainda que, o valor referente à concentração de compostos antioxidantes no extrato obtido utilizando o solvente NADES, 6686,111 ($\mu\text{mol ET/L}$), é maior quando comparado ao resultado para etanol, 22,778 ($\mu\text{mol ET/L}$), e para água, 8,333 ($\mu\text{mol ET/L}$), indicando que o solvente NADES foi mais eficiente do que o etanol e a água para o processo de extração.

Analisando a Tabela 2, observa-se ainda que não há diferença significativa entre os teores de compostos fenólicos totais obtidos pelos 3 solventes, uma vez que o valor de $f_{\text{calculado}}$ foi inferior ao $f_{\text{crítico}}$ a 95% de confiança. Porém o resultado mostra que o NADES foi capaz de extrair compostos fenólico.

No presente trabalho utilizando solvente NADES (Tabela 2) que a concentração equivalente de compostos fenólicos foi de $22750,000 \pm 1162,692$ (mg/L), que é maior do que a concentração equivalente de compostos fenólicos, $4140,00 \pm 170,00$ (mg/L), obtida por Bertolo *et al.* (2021) ao estudar a extração de compostos fenólicos extraídos da casca de romã usando o mesmo NADES deste trabalho.

Segundo Medina *et al.* (2011medina) a análise de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu detecta uma grande quantidade de compostos como fenóis, agentes redutores e possíveis quelantes de metais. No entanto, outros compostos interferentes podem ser detectados dependendo da matéria-prima utilizada, como ácido ascórbico, frutose, glicose e sulfitos, como também alguns aminoácidos e proteínas.

Pela Tabela 2 e através da ANOVA verificou-se que houve diferença significativa nos resultados de concentração de flavonoides totais dos extratos obtidos pelos 3 solventes ao nível de 95% de significância pois o $f_{\text{calculado}}$ era maior que o $f_{\text{crítico}}$. Já o teste de Tukey mostrou que existe diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, entre os resultados de concentração de flavonoides presente nos extratos obtidos por cada solvente. Ainda pela Tabela 2 pode-se verificar que o NADES foi capaz de extrair mais flavonoides, 8,552 EQ (mMol/L), do que o etanol ou a água, indicando que o solvente NADES foi mais eficiente.

6 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados conclui-se que o método de extração empregado foi adequado para extrair compostos bioativos do resíduo da polpa de

morango, sendo possível ainda verificar que o solvente NADES conseguiu extrair maiores quantidade de compostos antioxidantes e flavonoides em relação aos solventes água e etanol. Desta forma pode-se sugerir que o NADES representa uma alternativa à processos de extração de compostos bioativos.

Ao final desse estudo, foi possível confirmar que o resíduo da polpa de morango representa uma fonte potencial de compostos bioativos com atividade antioxidante, como compostos fenólicos e flavonoides. Visto que foi possível obter esses compostos, portanto o processo realizado é uma alternativa tecnologicamente viável para o aproveitamento deste resíduo.

Enfim, esse estudo contribuiu para demonstrar a riqueza que resíduos da polpa de morango possui, e entender as propriedades químicas e físicas, e como podem ser uma importante fonte antioxidante natural, podendo complementar a dieta humana e ser uma forma de enriquecimento nutricional.

A realização deste trabalho contribuiu de forma imprescindível para a formação profissional na área de Tecnologia em Alimentos, através da aplicação de métodos que relacionam o conhecimento físico-químico, bioquímico, de processo e estatístico, colocando assim em prática os conhecimentos teóricos aprendidos durante toda a graduação.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, A. P., BOOTHBY, D., CAPPER, G., DAVIES, D. L., RASHEED, R. K. Deep Eutectic Solvents Formed between Choline Chloride and Carboxylic Acids: Versatile Alternatives to Ionic Liquids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 126, n. 29, p. 9142 – 9147, 2004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja048266j>. Acesso em: 12 mai. 2022.

AFRIN, S.; GASPARRINI, M.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; REBOREDO-RODRIGUEZ, P.; MEZZETTI, B.; VARELA-LÓPEZ, A.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. Promising health benefits of the strawberry: a focus on clinical studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, n.22, p.4435–4449, 2016. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.6b00857>. Acesso em: 12 mai. 2022.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. F. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern. **Brazil Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/81970614.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMINGUEZ, C.; PALAFOXCARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; SIDDIQUI, M. W; DÁVILA-AVIÑA, J.E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p.1866–1874, 2011. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20113286093>. Acesso em: 15 mai. 2022.

BANDYOPADHYAY, P.; GHOSH, A. K.; GHOSH, C. Recent developments on polyphenol-protein interactions: effects on tea and coffee taste, antioxidant properties and the digestive system. **Food and Function**, v.3, p. 592-605, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22465955/>. Acesso em: 13 mai. 2022.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003269796902924>. Acesso em: 10 mai. 2022.

BERK, Zeki. **Food process engineering and technology**. New York: Academic Press, 2013.

BERTOLO, M. R. V., MARTINS, V. C. A., PLEPIS, A. P. G., BOGUSZ JUNIOR, S. Utilization of pomegranate peel waste: Natural deep eutectic solvents as a green strategy to recover valuable phenolic compounds. **Journal of Cleaner Production**, v. 327, article 129471, 2021. Disponível em: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/7553097>. Acesso em: 17 mai. 2022.

BOUDET, A. M. Evolution and current status of research in phenolic compounds. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2722-2735, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17643453/>. Acesso em: 16 mai. 2022.

BUBALO, M. C., *et al.* Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents. **Food Chemistry**, v. 200, p. 159-166, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26830574/>. Acesso em: 12 mai. 2022.

CHEN, M.; ZHAO, Y.; YU, S. Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. **Food Chemistry**, v. 172, p. 543–550, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25442590/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

CORRÊA, L.R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5142141-Monografia-sustentabilidade-na-construcao-civil-autor-lasaro-roberto-correa-orientador-prof-jose-claudio-nogueira-vieira.html>. Acesso em: 14 mai. 2022.

DANLAMI, J. M., ARSAD, A., ZAINI, M. A. A., SULAIMAN, H. A comparative study of various oil extraction techniques from plants. **Reviews in chemical engineering**, v. 30, n. 6, p. 605 - 626, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269074989_A_comparative_study_of_various_oil_extraction_techniques_from_plants. Acesso em: 13 mai. 2022.

DOMÍNGUEZ DE MARÍA, P.; MAUGERI, Z. Ionic liquids in biotransformations: From proof-of-concept to emerging deep eutectic solvents **Current Opinion in Chemical Biology**, v. 15, n. 2, p. 220 – 225, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367593110001845?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mai. 2022.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

FAOSTAT. Statistical Database. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2018. Disponível em: www.fao.org. Acesso em: 05 nov. 2022.

FERRENTINO, G.; ASADUZZAMAN, M. D.; SCAMPICCHIO, M. M. Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n.3, p. 386-404, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27246960/>. Acesso em: 20 mai. 2022.

FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; GASPARRINI, M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; QUILES, J. L.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. The Healthy Effects of Strawberry Polyphenols: Which Strategy behind Antioxidant Capacity? **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.56, n.1, p.S46–S59, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26357900/>. Acesso em: 11 mai. 2022.

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 44, n. 6, p. 453-464, 2004. Disponível em:

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408690490886683?casa_token=nCtvZWdKgGsAAAA:m_MTFmWykn7M8b2u5HighnQ4QilltWv32SpneZG1kBI97I8OSsp_uqGkcHFfxsds-6-UHyxCCor7Gt5. Acesso em: 08 mai. 2022.

KHODDAMI, A; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. **Molecules**, v. 18, n. 2, p. 2328-2375, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>. Acesso em: 13 mai. 2022.

KOSINSKA-CAGNAZZO, A.; DIERING, S.; PRIM, D.; ANDLAUER, W. Identification of bioaccessible and uptaken phenolic compounds from strawberry fruits in in vitro digestion/Caco-2 absorption model. **Food Chemistry**, v. 170, n. 1, p. 288–294, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25306347/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

KUDŁAK, B.; OWCZAREK, K.; NAMIEŚNIK, J. Selected issues related to the toxicity of ionic liquids and deep eutectic solvents—a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 16, p. 11975–11992, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-4794-y>. Acesso em: 11 mai. 2022.

LUENGO R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE M. R.; LIMA M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.bibliotecaagp.tea.org.br/agricultura/olericultura/livros/TABELA%20DE%20COMPOSICAO%20NUTRICIONAL%20DAS%20HORTALICAS.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.

MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA MAPA Nº 01, DE 07 jan. 2000. Disponível em: https://sogij8.sogij.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMTAwNi9TR19SZXF1aXNpdG9fTG9fVnYXVGV4dG8vMC8wL0RPQ1VNRU5UTyAxLnBkZi8wLzAiAFF-PrY0AqIRKZ-v7L2u54yTTXEsLtTom6nh_2Ohh3bv6A#:~:text=A%20presente%20Norma%20tem%20o,fruta%20destinada%20para%20outros%20fins. Acesso em: 20 nov. 2023

MARKHAM, K. R. **Techniques of flavonoid identification**. Academic press, p. 113, 1982. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1766196](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1766196). Acesso em: 08 mai. 2022.

MEDINA, A. L. *et al.* Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 916–922, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/18633574/Ara%C3%A7%C3%A1_Psidium_cattleianum_Sabine_fruit_extract_with_antioxidant_and_antimicrobial_activities_and_antiproliferative_effect_on_human_cancer_cells. Acesso em: 25 mai. 2022.

OKSANA, S. *et al.* Plant phenolic compounds for food, pharmaceutical and cosmetics production. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v. 6, n. 13, p. 2526-2539, 2012. Disponível em:

<https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-abstract/E8F30CC26391>. Acesso em: 30 mai. 2022.

PEIXOTO, S. T. J. S.; GOMES, T. L. B.; CARDOSO, K. C. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Teor de flavonoides totais em produtos contendo pata-de-vaca (*Bauhinia* L.) comercializados em farmácias de Recife/PE. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 586-591, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/8pbRQVkJGgcWMh5b463PRDcv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 mai. 2022.

PELAS VITAL, A.C.; GOTO, P.A.; HANAI, L.N.; GOMES DA COSTA, S.M.; ABREU FILHO, B. A.; NAKAMURA, C.V.; MATUMOTO-PINTRO, P.T. Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p.1028 -1035, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815300207>. Acesso em: 14 mai.2022.

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Revista Nutrire**, v.34, n.3, p. 231-247, 2009. Disponível em: <http://sban.org.br/publicacoes/263.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2022.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41, p. 274-285, 2008. Disponível em: <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201300877681>. Acesso em: 14 mai.2022.

PRIOR, R. L., WU, X., SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.4290-4302, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15884874/>. Acesso em: 28 mai. 2022.

RADOŠEVIĆ, K. *et al.* Evaluation of toxicity and biodegradability of choline chloride based deep eutectic solvents. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 112, p. 46–53, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25463852/>. Acesso em: 12 mai. 2022.

RATNAM, D.V., *et al.* Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. **Journal of Controlled Release**, v.113, p. 189-207, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16790290/>. Acesso em: 18 mai. 2022.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. DA. Análise comparativa de nutrientes em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.4, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/DxWC3Jw4zZMK7M7YJrX5kqp/?lang=pt>. Acesso em: 11 mai. 2022.

SEBRAE. **Fabricação de Polpas como oportunidade de negócios**. 2014. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/fabricacao-de-polpas-como-oportunidade-de-negocios/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SCHIASSI, M.C.E.V.; SOUZA, V.R.; LAGO, A.M.T., CAMPOS, L.G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, Lavras, n. 245, p.305-311, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/33395>. Acesso em 30 mai. 2022.

SILVA, C. G. **Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de caroço de manga: incorporação de substâncias bioativas e aproveitamento de resíduos agroindustriais**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Nutrição Emilia de Jesus Ferreiro, da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/2510/Desenvolvimento%20de%20biscoitos%20enriquecidos%20com%20farinha%20de%20caro%C3%A7o%20de%20manga%20incorpora%C3%A7%C3%A3o%20de%20subst%C3%A2ncias%20bioativas%20e%20aproveitamento%20de%20res%C3%ADduos%20agroindustriais.pdf?sequen ce=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 mai. 2022.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24054258/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0076687999990171>. Acesso em: 07 mai. 2022.

SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Efeito do ultrassom nas propriedades tecnológicas da proteína isolada de soja. **Tendências em ciência e tecnologia de alimentos**, v. 21, n. 7, p. 323-331, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/18912>. Acesso em: 07 mai. 2022.

TSUKUI, A.; REZENDE, C.M. Extração Assistida por Micro-ondas e Química Verde. **Revista Virtual de Química**, v. 1, n. 4, 2014. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v6n6a13.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2022.

ZHANG, Q. W.; LIN, L. G.; YE, W. C. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. **Chinese Medicine**, v. 13, n. 1, p. 1–26, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>. Acesso em: 20 mai. 2022.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T. JIANMING, W. The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals. **Food Chemistry**, v.64, p.550-555, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814698001022>. Acesso em: 02 abr. 2022.

ZHU, N., ZHANG, D., WANG, W., LI, X., YANG, B., SONG, J. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. **The New England Journal of Medicine**, v.382, p.727–733, 2020. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa2001017>. Acesso em: 20 mai.2022.

WONG, C.; LI, H. B.; CHENG, K. W.; CHEN, F. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. **Food chemistry**, v. 97, n. 4, p. 705-711, 2006. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605004437>. Acesso em: 20 mai. 2022.