



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS**

**RAFAEL AMANCIO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DA POLPA E DOS RESÍDUOS DE GRAVATÁ**  
*(Bromelia antiacantha Bertol)*

**Florianópolis**

**2023**

**RAFAEL AMANCIO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DA POLPA E DOS RESÍDUOS DE GRAVATÁ  
(*Bromelia antiacantha* Bertol)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Manuela Camino Feltes

**Florianópolis – SC**

**2023**

## Ficha de identificação da obra

Amancio, Rafael  
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DA POLPA E DOS RESÍDUOS DE GRAVATÁ (Bromelia  
antiacantha Bertol) / Rafael Amancio ; orientadora, Maria  
Manuela Camino Feltes , 2023.  
124 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. PANCS. 3. Prospecção. 4.  
Capacidade antioxidante. 5. Digestão in vitro. I. , Maria  
Manuela Camino Feltes. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos  
Alimentos. III. Título.

Rafael Amancio

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DA POLPA E DOS RESÍDUOS DE GRAVATÁ (*Bromelia antiacantha*  
Bertol)

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado em 30 de novembro de  
2022 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Cristiane Fagundes, Dr.(a)  
Instituto Federal Catarinense - *Campus* Concórdia

Prof.(a) Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Silvani Verruck, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado  
adequado para obtenção do título de Mestre em Ciências dos Alimentos.

---

Prof.(a) Itaciara Larroza Nunes, Dr.(a)  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos

---

Prof.(a) Maria Manuela Camino Feltes, Dr.(a)  
Orientadora

Florianópolis, 2023.

Este trabalho é dedicado à minha família e amigos, por todo o amor, carinho, fé e perseverança envolvido.

*Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.*

*(Josué 1:9)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, porque sem Ele nada é possível.

À toda minha família, meus pais Francisco e Sirlei, minhas irmãs Kelen e Gislaine, as sobrinhas Lara e Izabela e meu cunhado Fernando por todo amor, apoio emocional (e como precisei) e incentivo, em continuar a longa saga em busca do título de mestre. Vocês foram, são e serão sempre a minha estrutura, amo vocês.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Manuela, por todos os momentos compartilhados, os conhecimentos transmitidos e a confiança depositada para realização deste trabalho. Foi uma guerreira ao meu lado sempre auxiliando e me levantando quando eu mais precisei. A ela também agradeço por ter me permitido autonomia na hora de escolher o tema a ser pesquisado. Obrigado por ter me ajudado a me moldar como profissional e por ter me inspirado a me tornar um pesquisador cada vez melhor.

Aos professores do PPGCAL/UFSC, em especial às professoras Dr<sup>a</sup>. Silvani Verruck e Dr<sup>a</sup>. Itaciara Larroza Nunes, por toda ajuda na realização deste trabalho e o conhecimento transmitido, às professoras Dr<sup>a</sup> Carmen e Renata por aceitarem fazerem parte da banca e à membra externa do IFC – *Campus* Concórdia, Professora Dr<sup>a</sup> Cristiane Fagundes por ser minha orientadora de graduação e ser membro da banca de defesa. A todos os professores do CAL com quem tive aula e ajudaram no fortalecimento de minha base teórica, essencial para a condução deste trabalho.

Aos amigos do PPGCAL que fiz durante a caminhada, em especial à turma da pós de 2020.1 que nos conhecemos uma semana e fomos presenteados pela pandemia do COVID-19 a qual mudou nossas vidas e fazíamos tudo no modo *online*, em 2022 foi quando nos encontramos presencialmente e aí a amizade se firmou mais, em especial aos amigos: o Rômulo uma amizade muito sincera e que foi meu parceiro para muitas aventuras pela ilha, já a Maria Luiza, colega de laboratório e de orientadora, que és uma pessoa maravilhosa que eu adoro ter por perto, quero que saibam que vocês dois são o meu presente do mestrado. Também gostaria de agradecer ao Gerson, Bruna, Thalita, Maiara, às Amandas Ramos, Victor, Karoline, Aline, Mariana, Bruno, Natália, Edilene e demais amigos do PPGCAL, que sempre estiveram ao meu lado nos rolês de alegrias, mas principalmente me ajudando nos momentos de angústias e tristezas, meu sincero agradecimento.

Aos amigos de Florianópolis – SC em especial a Aline que nos conhecemos no oeste mais precisamente no IFC – *campus* Concórdia através de uma amiga em comum (Cindiamara) e que como diz uma música: “o nosso santo bateu” e desde então a amizade começou, ela voltou

para Florianópolis e desde então foram muitas aventuras pela ilha, e pra finalizar entramos juntos num projeto e mesmo sendo concorrentes ela estava sempre me apoiando a finalizar e graças a ela hoje estou atuando em um novo segmento, gratidão amiga, continue a ser esse ser de luz em minha vida.

Aos meus amigos de Concórdia – SC, por tudo que vivemos juntos e os apoios que recebi, em especial a Cristiane uma irmã do coração que a vida me presenteou. Não quero aqui citar mais nomes pois se esquecer de um pode gerar uma confusão, mas agradeço de coração por tudo. Ao “sexteto fantástico” composto por Michele, Andressa, Marina, Camila e Karen, que, após o término da Faculdade, ainda mantemos um vínculo de amizade que vem desafiando distâncias, mas estamos sempre conectados e trocando ideias, às vezes encontros e festas, meu muito obrigado a todas vocês. Aos amigos de Chapecó – SC, Camila e Noé, Samara, Alini e Robson, e à minha prima Cidiane por todos os passeios e todas as estadias e alimentações que fiz e irei fazer ainda, meu carinho por vocês é imenso e agradeço por tudo até aqui.

Um agradecimento especial ao casal Fabiele e Alessandro que a conheci virtualmente em uma disciplina (propriedade intelectual e inovação) e que ocorreu logo uma amizade, mas tão leal que em meio a dificuldades estenderam uma ajuda que jamais será esquecida, que Deus abençoe vocês grandemente.

Agradeço ao Instituto Federal Catarinense – *campus* Concórdia, por mesmo em meio à pandemia e estando com laboratórios fechados, permitiu realizar os primeiros procedimentos com o fruto (higienização e envase em embalagem), em especial ao Professor Nei Fronza o qual se disponibilizou a acompanhar as etapas e forneceu embalagem e equipamento, e à professora Cristiane Fagundes por fazer o meio de campo. Também quero agradecer ao MAPA, em especial ao Rodrigo Barcellos Hoff, pela parceria em realizar a análise de perfil de fenólicos que engrandeceu ainda mais este trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos (PPGCAL), pela oportunidade de realização do mestrado e disponibilização da infraestrutura necessária. Aos membros da banca por aceitarem o convite e por suas contribuições. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado concedida e por apoiar esta pesquisa.



## RESUMO

O Brasil, com seu vasto território, apresenta uma das maiores biodiversidades de vegetais do mundo, com cerca de 15 % de todas as espécies catalogadas. Essas espécies apresentam grande potencialidades de comercialização e muitas delas são fontes de minerais, vitaminas, fibras, compostos bioativos com capacidade antioxidante, o que acarreta em benefícios a curto e longo prazo na saúde. Nesse contexto, podemos destacar o gravatá (*Bromelia antiacantha* Bertol), uma fruta nativa da região sul do Brasil, estando presente no Paraná, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. Essa espécie apresenta potencialidades para uso ornamental, industrial e alimentício. Os dados da literatura sobre a composição físico-química e química da polpa, da casca e das sementes do gravatá são escassos, especialmente no que diz respeito à digestibilidade dos compostos fenólicos presentes nestas partes do fruto. Assim, o objetivo deste estudo foi, em um primeiro momento, apresentar o estado da arte sobre compostos bioativos presentes em frutas consideradas Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), por meio da realização de uma prospecção científica e tecnológica a partir de bases científicas e de patentes. Esta primeira etapa permitiu investigar o panorama de estudos e invenções a respeito do tema, e identificar as lacunas de conhecimento sobre o mesmo. Na segunda etapa, o objetivo deste estudo foi determinar a composição físico-química, a composição quanti e qualitativa dos compostos fenólicos da polpa, casca e sementes do gravatá, avaliando sua capacidade antioxidante *in vitro*. Foram realizados, ainda, ensaios de digestão gastrointestinal *in vitro* para melhor compreender as relações sinérgicas entre cada fase de digestão e a liberação dos compostos-alvo de interesse. No mapeamento, foram realizadas buscas nas bases de dados científicas Scopus, Science Direct e Scielo, bem como nas bases de dados de patentes internacional e brasileira Espacenet<sup>®</sup> e no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), respectivamente. A prospecção científica indicou que o conhecimento sobre a composição e as características, e também a aplicação de frutas consideradas PANCs já é relatado, embora seja incipiente e limitado. Os artigos selecionados eram relacionados a estudos com diferentes PANCs, em que o foco era a determinação de sua composição físico-química e compostos bioativos. Já na busca tecnológica, foram recuperadas patentes sobre o tema de interesse somente no INPI (5, no total), com destaque para dois grupos (A23 e A01), ambos ligados à alimentação. Observou-se um aumento nos pedidos de patentes de 2015 até dezembro de 2022, com destaque para 2021. Logo, é possível notar uma grande lacuna do conhecimento científico e tecnológico a respeito de frutas classificadas como PANCs, sendo uma oportunidade para levantar dados sobre as mesmas, especialmente aquelas do território brasileiro. A polpa e a casca do gravatá apresentaram alta umidade, elevado teor de sólidos solúveis totais (SST), e continham também fibras alimentares e cinzas. O pH, por sua vez, ficou próximo a 4, classificando as partes do fruto como ácidas. As sementes secas apresentaram alto teor de proteína, fibras alimentares, carboidratos totais e um valor energético maior quando comparado com as demais partes. A mistura de solventes escolhida para as análises de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante foi 70:30 (etanol:água, v/v). Os CFT foram encontrados em grandes quantidades na polpa, na casca e nas sementes. Os flavonoides estavam presentes em alto teor nas sementes, embora também tenham sido encontrados nas demais partes da fruta. Todas amostras apresentaram alta capacidade antioxidante, especialmente por ABTS e DPPH, seguido do ensaio do FRAP. O ácido ferúlico e o ácido cafeico foram encontrados nas três partes avaliadas do fruto. Os compostos fenólicos majoritários foram o ácido *p*-cumárico, ferúlico e cafeico na polpa (486,15; 408,90 e 297,25  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  respectivamente); rutina, ácido clorogênico, ácido cafeico e ácido ferúlico na casca (1368,15; 405,80; 274,00 e 273,90  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  respectivamente); e a catequina, a epicatequina, a rutina, o ácido ferúlico e o ácido cafeico na semente (547,70; 522,70; 474,35; 394,85 e 221,70  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente). Na digestão *in vitro*, as partes estudadas do fruto (polpa, casca e semente) apresentaram, de maneira geral, valores maiores de CFT e capacidade antioxidante na fase intestinal, em relação às demais fases

(inicial, oral e gástrica). Assim, podemos inferir que o presente estudo apresenta informações relevantes sobre a composição físico-química e química do gravatá, incluindo seus compostos bioativos, contribuindo para ampliar o conhecimento científico sobre esta fruta. Os dados gerados podem auxiliar na avaliação de alternativas para agregar valor ao gravatá e incentivar a utilização integral do mesmo, como opção para uma alimentação saudável, incluindo suas potencialidades de uso em alimentos funcionais e nutracêuticos, e até mesmo em cosméticos e fármacos.

**Palavras-chave:** PANCs; Prospecção; Fenólicos; Capacidade antioxidante; Digestão *in vitro*.

## ABSTRACT

Brazil, with its vast territory, has one of the greatest plant biodiversity in the world, with about 15% of all cataloged species. These species have great commercial potentialities and many of them are sources of minerals, vitamins, fibers, bioactive compounds with antioxidant capacity, which leads to short and long-term health benefits. In this context, we can highlight the Gravatá (*Bromelia antiacantha* Bertol), a fruit native to the southern region of Brazil, found in Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. This species has potential for ornamental, industrial, and food uses. Data in the literature on the physicochemical and chemical composition of the pulp, peel, and seeds of Gravatá are scarce, especially with regard to the digestibility of the phenolic compounds present in these parts of the fruit. Thus, the objective of this study was, at first, to present the state of the art on bioactive compounds present in fruits considered Non-Conventional Food Plants (NCFPs), by carrying out a scientific and technological mapping based on scientific and patents databases. This first step enabled to investigate the state of the art of studies and inventions on this subject, and to identify gaps in knowledge about it. In the second step, the objective of this study was to determine the physicochemical composition, the quantitative and qualitative compositions of the phenolic compounds of the pulp, peel, and seeds of the Gravatá, evaluating their *in vitro* antioxidant capacity. *In vitro* gastrointestinal digestion assays were also performed to better understand the synergistic relationships between each digestion phase and the release of target compounds of interest. In the mapping, searches were carried out in the scientific databases Scopus, Science Direct and Scielo, as well as in the international and Brazilian patent databases Espacenet<sup>®</sup> and the National Institute of Industrial Property (*Instituto Nacional da Propriedade Industrial*, INPI), respectively. Scientific mapping indicated that knowledge about the composition and characteristics, as well as the application of fruits considered NCFPs, has been already reported, although it is incipient and limited. The selected articles were related to studies with different NCFPs, in which the focus was the determination of their physicochemical composition and bioactive compounds. In the technological mapping, patents on the topic of interest were retrieved only at the INPI (5 in total), with emphasis on two groups (A23 and A01), both related to food. There was an increase in patent applications from 2015 to December 2022, with emphasis on 2021. Therefore, it is possible to notice a large gap in scientific and technological knowledge regarding fruits classified as NCFPs, being an opportunity to collect data on themselves, especially those from the Brazilian territory. The Gravatá pulp and peel had high moisture content, high total soluble solids (TSS), and also contained dietary fibers and ashes. The pH, in turn, was close to 4, classifying the parts of the fruit as acidic. The pulp and peel had high moisture content, high total soluble solids (TSS), and also contained dietary fibers and ashes. The pH, in turn, was close to 4, classifying the parts of the fruit as acidic. The dried seeds had high content of protein, dietary fibers, total carbohydrates and a higher energy value compared to the other parts of the fruit. The solvent mixture chosen for the analysis of total phenolic compounds (TPC) and antioxidant capacity was 70:30 (ethanol:water, v/v). TPC were found in large amounts in the pulp, peel, and seeds. Flavonoids were present in high levels in the seeds, although they were also found in the other parts of the fruit. All samples showed high antioxidant capacity, especially by ABTS and DPPH, followed by the FRAP assay. Ferulic acid and caffeic acid were found in the three evaluated parts of the fruit. The major phenolic compounds were *p*-coumaric, ferulic and caffeic acid in the pulp (486.15; 408.90 and 297.25  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  respectively); rutin, chlorogenic acid, caffeic acid and ferulic acid in the peel (1368.15; 405.80; 274.00 and 273.90  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  respectively); and catechin, epicatechin, rutin, ferulic acid and caffeic acid ,

in the seeds (547.70; 522.70; 474.35; 394.85 and 221.70  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , respectively ). In the *in vitro* digestion, the studied parts of the fruit (pulp, peel and seeds) showed, in general, higher values of TPC and antioxidant capacity in the intestinal phase, in relation to the other phases (initial, oral and gastric). Thus, we can infer that this study presents relevant information about the physicochemical and chemical composition of Gravatá, including its bioactive compounds, contributing to expand the scientific knowledge about this fruit. The generated data can help in the evaluation of alternatives to adding value to the Gravatá and encourage its use as a whole, as an option for a healthy diet, including its potential use in functional foods and nutraceuticals, and even in cosmetics and drugs.

**Keywords:** NCFPs; Mapping; Phenolics; Antioxidant capacity; *In vitro* digestion.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1- Fotos do gravatá da espécie *Bromelia antiacantha* Bertol (fotos A e B), sendo possível observar como grandes comunidades, e o fruto no estágio verde (chamado de baga ou cápsula) que se criam em uma espécie de caule; e do gênero Ananas, popularmente chamado de abacaxi do mato (fotos C e D). Em A e C, observam-se os espinhos presentes nas folhas dessas duas espécies.....27
- Figura 2- Sequência da frutificação do gravatá: A) Fase da floração com as folhas avermelhadas na parte inferior, B) algumas bagas em desenvolvimento e verdes, e C) um cacho de bagas maduras de gravatá.....29
- Figura 3- Estrutura do radical DPPH.....43
- Figura 4- Estabilização do radical DPPH.....43
- Figura 5- Estrutura do radical ABTS.....44
- Figura 6 - Estabilização do radical ABTS por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.....44
- Figura 7 - Redução do Fe<sup>3+</sup> ao Fe<sup>2+</sup>.....45

### CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE SOBRE SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE BIOATIVAS PRESENTES EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ÊNFASE EM FRUTAS

- Figura 1- Fluxograma das etapas da busca realizada nas bases científicas e tecnológicas para a extração dos dados sobre compostos bioativos presentes em frutas consideradas PANCs.....53
- Figura 2- Número de documentos de artigos e patentes selecionados sobre frutas consideradas PANCs contendo compostos bioativos.....55
- Figura 3- O gráfico da esquerda apresenta a frequência de códigos de identificação das patentes relacionadas com as PANCs, de acordo a Classificação Internacional de Patentes (CIP), e o gráfico da direita apresenta o percentual de publicações por área de pesquisa, conforme patentes da base INPI.....66

### CAPÍTULO 3 - CONHECENDO AS PROPRIEDADES BIOATIVAS DE UMA PANC NATIVA DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA, CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E DIGESTÃO *IN VITRO* DA POLPA, DA CASCA E DAS SEMENTES DO FRUTO DO GRAVATÁ

- Figura 1 - Processamento inicial para higienização (foto à esquerda) e envase (foto à direita) das amostras de gravatá.....72
- Figura 2 - Exsicata da planta do gravatá. A) A foto apresenta folhas e flores secas, bem como a identificação realizada pelo Herbário Flor; B) A foto indica uma folha da planta com a identificação (dados) levantada pelo autor.....73
- Figura 3 - Resumo das três fases da digestibilidade, segundo INFOGEST, das amostras de polpa, casca e sementes de gravatá.....80
- Figura 4 - Compostos fenólicos totais (A), flavonoides (B), DPPH (C), FRAP (D) e ABTS (E) presentes nas amostras da polpa, casca e semente do gravatá antes durante e após o ensaio de digestão *in vitro* das amostras.....101

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1 - Resultado da busca de artigos científicos nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Science Direct*, relacionado ao fruto Gravatá.....32

### CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE SOBRE SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE BIOATIVAS PRESENTES EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ÊNFASE EM FRUTAS

Tabela 1- Prospecção científica com o total de artigos recuperados em cada base de dados pesquisada usando as palavras-chave de interesse para o estudo.....54

Tabela 2 - Resultados obtidos nos artigos científicos selecionados nas três bases pesquisadas, referentes aos compostos bioativos presentes em diferentes frutas consideradas PANCs ou produtos desenvolvidos a partir das mesmas.....56

Tabela 3- Prospecção tecnológica por patentes na base Espacenet sobre invenções relacionadas a frutas consideradas PANCs, com foco em substâncias com propriedades potencialmente bioativas: busca por palavras-chave em Dezembro de 2022.....61

Tabela 4- Prospecção tecnológica por patentes na base INPI sobre invenções relacionadas a frutas consideradas PANCs, com foco em substâncias com propriedades potencialmente bioativas: busca por palavras-chave em Dezembro de 2022.....62

Tabela 5- Informações mais relevantes das invenções descritas nas patentes selecionadas na base INPI, referentes aos compostos bioativos presentes em diferentes frutas consideradas PANCs ou produtos desenvolvidos a partir das mesmas.....63

### CAPÍTULO 3 - CAPÍTULO 3 - CONHECENDO AS PROPRIEDADES BIOATIVAS DE UMA PANC NATIVA DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA, CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E DIGESTÃO *IN VITRO* DA POLPA, DA CASCA E DAS SEMENTES DO FRUTO DO GRAVATÁ

Tabela 1- Resultado das dimensões e da massa de gravatá, e da proporção (percentual) de polpa, casca e semente do fruto.....82

Tabela 2- Propriedades físico-químicas, composição físico-química e propriedades físicas da polpa e da casca do fruto de gravatá.....83

Tabela 3- Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) na polpa e na casca de gravatá e em outras frutas.....86

Tabela 4- Propriedades físico-químicas, composição físico-química e propriedades físicas das sementes secas do fruto de gravatá.....88

- Tabela 5- Resultados dos compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais (FLV) e da capacidade antioxidante *in vitro* (DPPH, ABTS e FRAP) de amostras de polpa, casca e semente de gravatá utilizando-se duas proporções diferentes dos solventes de extração etanol e água.....92
- Tabela 6- Determinação do perfil dos fenólicos na polpa, casca e semente de gravatá usando solução hidroalcoólica de etanol como solventes de extração. Resultados expressos em ( $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) base seca (b.s.) .....97



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)
AT	Ácido titulável
$a_w$	Atividade de água
b.s.	Base seca
b.u.	Base úmida
CFT	Compostos fenólicos totais
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
CIP	Classificação Internacional de Patentes
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EAA	Equivalente ácido ascórbico
EAG	Equivalente ácido gálico
EC	Equivalente a catequina
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EQ	Equivalente a quercetina
ET	Equivalente a Trolox
FDG	Fluido digestão Gástrica
FDI	Fluido digestão Intestinal
FDO	Fluido digestão Oral
FRAP	$Fe^{3+}$ -2,4,6-tripiridil-s-triazina Poder antioxidante/redutor do ferro (do inglês <i>Ferric reducing antioxidant potential</i> )
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (do inglês <i>Food and Agriculture Organization</i> )
FB	fração bioacessível
FG	fração gástrica
FI	fração inicial
FLV	Flavonóides
FO	fração oral
HCl	Ácido Clorídrico
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência (do inglês: <i>high performance liquid chromatography</i> )
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IB	Índice bioacessível
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IUPAC	União internacional da Química Pura e Aplicada (do inglês <i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i> )
LQ	Limite de Quantificação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mg	miligrama
NaOH	Hidróxido de Sódio
nd.	Não detectado
NR	Não realizado
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PANCs	Plantas Alimentícias não convencionais
pH	Potencial hidrogeniônico
SST	Sólidos Solúveis Totais
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
ROS	Espécies reativas ao oxigênio (do inglês: <i>reactive oxygen species</i> )

TEAC	Atividade antioxidante equivalente ao Trolox (do inglês: <i>Trolox equivalent antioxidant capacity</i> )
TROLOX µg	6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico micrograma

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
	<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>26</b>
3.1	PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs).....	26
3.2	FAMÍLIA Bromeliaceae .....	26
3.2.1	<i>Bromelia antiacantha</i> Bertol.....	28
3.2.2	<b>GRAVATÁ: ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>30</b>
3.2.3	<b>VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SOB ENFOQUE DA ECONOMIA CIRCULAR.....</b>	<b>38</b>
3.3	COMPOSTOS BIOATIVOS.....	39
3.3.1	<b>Compostos Fenólicos.....</b>	<b>39</b>
3.3.3.1	Determinação de Compostos Fenólicos Totais.....	39
3.4	CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	41
3.4.1	<b>Sequestro do radical DPPH<sup>•</sup> (2,2-difenil-1-picrilhidrazila).....</b>	<b>42</b>
3.4.2	<b>Capacidade de sequestro do radical ABTS<sup>•+</sup> 2,2'- azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico).....</b>	<b>43</b>
3.4.3	<b>Poder antioxidante de redução do ferro (FRAP) .....</b>	<b>44</b>
3.5	BIOACESSIBILIDADE E BIODISPONIBILIDADE.....	45
	<b>CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE SOBRE SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE BIOATIVAS PRESENTES EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ÊNFASE EM FRUTAS .....</b>	<b>48</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
	<b>CAPÍTULO 3 - CONHECENDO AS PROPRIEDADES BIOATIVAS DE UMA PANC NATIVA DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA, CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E DIGESTÃO <i>IN VITRO</i> DA POLPA, DA CASCA E DAS SEMENTES DO FRUTO DO GRAVATÁ .....</b>	<b>68</b>

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>71</b>
2.1	MATERIAL.....	71
2.2	EXSICATA.....	72
2.3	PROCESSAMENTO DA FRUTA: DESPOLPAMENTO.....	73
2.4	COMPOSIÇÃO PROXIMAL.....	74
2.5	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E FÍSICAS.....	75
2.6	DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E INDIVIDUAIS, FLAVONOIDES TOTAIS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> ..	76
2.6.1	<b>Obtenção dos extratos.....</b>	<b>76</b>
2.6.2	<b>Determinação dos compostos fenólicos totais (CFT).....</b>	<b>76</b>
2.6.3	<b>Quantificação de flavonoides totais.....</b>	<b>77</b>
2.6.4	<b>Capacidade sequestradora do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).....</b>	<b>77</b>
2.6.5	<b>Capacidade antioxidante pelo método de redução do radical ABTS [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)].....</b>	<b>78</b>
2.6.6	<b>Potencial antioxidante redutor férrico (FRAP).....</b>	<b>78</b>
2.6.7	<b>Identificação e quantificação de compostos fenólicos individuais por CLAE-DAD.....</b>	<b>78</b>
2.7	DIGESTIBILIDADE.....	79
2.7.1	<b>Digestão gastrointestinal simulada <i>in vitro</i>.....</b>	<b>79</b>
2.8	2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	81
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>82</b>
3.1	RENDIMENTO.....	82
3.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E QUÍMICAS.....	82
3.3	SEMENTES SECAS: CARACTERIZAÇÃO.....	88
3.4	EFEITO DA PROPORÇÃO DOS SOLVENTES DE EXTRAÇÃO SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, O TEOR DE FLAVONOIDES E A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ.....	91
3.5	PERFIL DE FENÓLICOS DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ.....	95
3.6	ENSAIOS DE DIGESTÃO <i>IN VITRO</i> DOS COMPOSTOS FENÓLICOS, DOS FLAVONOIDES E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> (DPPH, ABTS E FRAP) DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ.....	101
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>105</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>106</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, com seu vasto território, detém uma das maiores biodiversidades, com 15% a 20% do número total de espécies e com a mais diversa flora do mundo (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Muitas espécies de vegetais têm potencial alimentício, porém, estima-se que menos de 10% sejam utilizadas para esta finalidade (EMBRAPA, 2010). O país é destaque no que se refere ao cenário agrícola mundial. Detém uma imensa área cultivada, sendo o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia (ABRAFRUTAS, 2021; IBGE, 2021). A produção de frutas e legumes, em 2018, foi de 50,5 milhões de toneladas, e espera-se registrar uma taxa de crescimento anual (CAGR) de 3,2% durante o período de previsão, entre 2020-2025. Também é importante ressaltar que o ano de 2021 foi denominado pela Assembleia Geral da ONU como o Ano Internacional das Frutas, Legumes e Verduras (AIFLV), oportunidade de demonstrar a importância do consumo de frutas e hortaliças, bem como o seu papel na nutrição humana, segurança alimentar e saúde, e, por fim, alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ABRAFRUTAS, 2021). Dentre os produtos agrícolas, existe uma classe que vem ganhando destaque no Brasil, que são as plantas alimentícias não convencionais (PANCs).

Em 2008, houve o primeiro registro do uso do termo PANCs, pelo Professor e Biólogo Valdely Ferreira Kinupp, e que se referia às plantas que não estão incluídas em um cardápio do dia a dia (KINUPP; LORENZI, 2014). Kelen *et al.* (2015) estimam que, no Brasil, de 4 a 5 mil espécies de plantas nativas possam servir como fonte de alimento. Por sua vez, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 2010, detinha em seu banco de germoplasma mais de 50 espécies; deste total, 40 espécies vinham sendo cultivadas e estão presentes na mesa da população. As PANCs podem ser nativas, exóticas ou naturalizadas. A ora-pro-nóbis é uma PANC, sendo reconhecida por ser uma folha rica em proteínas e sais minerais, mas há outros exemplos, como a capuchinha, a vinagreira e o dente de leão, além de frutos, como o quiabo de metro (MAPA, 2020) e o gravatá.

A *Bromelia antiacantha* Bertol é uma fruta nativa, conhecida popularmente como gravatá. Também recebe outros nomes: como o seu fruto tem o formato de bagas amarelas, é chamado de banana-do mato, além de caraguatá, carauatá e croatá. No Brasil, há registros do seu cultivo nos três estados do sul do país (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e também nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (FILIPPON *et al.*, 2011). Essa espécie apresenta um grande potencial de uso, seja ornamental, industrial, alimentício e até mesmo medicinal (FILIPPON *et al.*, 2012). Apresenta, em sua composição, substâncias

importantes para a dieta: em estudos com o fruto maduro, foram encontrados compostos fenólicos, vitamina C, carotenoides e ácidos graxos essenciais, além de apresentar atividade antioxidante (KRUMREICH *et al.*, 2015). No trabalho de Krumreich *et al.* (2015), os autores determinaram algumas substâncias e propriedades do fruto maduro de gravatá, e encontraram elevados teores de carotenoides 162,67 mg 100g<sup>-1</sup>, de ácido ascórbico (vitamina C) 60,01 mg 100g<sup>-1</sup>, atividade antioxidante de 178,56 mg equivalente ao Trolox 100 g<sup>-1</sup>, e compostos fenólicos totais de 70,73 mg 100 g<sup>-1</sup>. A espécie apresenta propriedades medicinais, sendo relatado seu uso em tratamentos como anti-helmíntico, antitussígeno e no tratamento de cálculos renais (REITZ, 1983).

Outros estudos sobre gravatá já foram relatados na literatura, como o realizado por Amancio (2016), que caracterizou o fruto em três estágios de maturação (verde, intermediário e maduro), para a polpa *in natura* e liofilizada. Santos *et al.* (2008) trabalharam com o fruto inteiro e determinaram as suas atividades antioxidante e citotóxica, os compostos fenólicos totais, e o perfil de ácidos graxos, entre outras características. Válles e Cantera (2018) trabalharam com a fruta madura e tinham por objetivo isolar novas proteases. Bersi *et al.* (2019) utilizaram um subproduto do fruto (casca) e estudaram o desempenho de uma protease, para então determinar formulações de detergentes para roupas. Em outro estudo, utilizando o extrato enzimático do fruto, Villadóniga e Cantena (2019) hidrolisaram a lactoalbumina, uma proteína importante que está presente no soro de leite.

Estudos que determinam a composição físico-química de frutas são importantes, e o estudo da digestibilidade é relevante para a avaliação do aproveitamento nutricional dos componentes do alimento, sendo que pesquisas neste sentido vêm ganhando destaque nos últimos anos. Para que o organismo humano exerça suas atividades biológicas, é preciso que substâncias como compostos fenólicos, por exemplo, cheguem na sua forma livre ao organismo, o que pode ocorrer durante e após as fases da digestão. Alguns componentes podem ser hidrolisados já na fase oral em contato com as enzimas salivares, enquanto outros precisam passar por todo o processo de digestão, sendo possível ser absorvidos no final do mesmo, se tornando, assim, biodisponíveis. O processo da digestão de um alimento é complexo e isso pode alterar a sua bioacessibilidade. Assim, os estudos *in vitro* e *in vivo* são importantes, pois auxiliam a verificar o comportamento destes constituintes e também a quantidade bioacessível obtida após digestão, e que poderá ser absorvida e biodisponibilizada para uso em diferentes funções (CARDOSO *et al.*, 2015; ALMINGER *et al.*, 2014; CILLA *et al.*, 2018; DIMA *et al.*, 2020).

Com base nas informações acima, observamos que há uma lacuna na literatura quanto

à caracterização da polpa, das cascas e das sementes do gravatá, no que diz respeito à sua composição físico-química, ao perfil de compostos fenólicos e às propriedades bioativas, principalmente a capacidade antioxidante. A literatura reporta, por exemplo, a determinação da capacidade antioxidante do gravatá apenas pelo método de redução do radical ABTS, e não por três métodos, como realizado no presente estudo. Além disso, ensaios de digestibilidade *in vitro* para avaliar os compostos fenólicos ainda não foram aplicados para este fruto, até o momento.

Assim, este estudo envolveu, em um primeiro momento, a realização de uma prospecção científica e tecnológica sobre compostos bioativos presentes em frutas classificadas como PANCs, de forma a traçar um panorama sobre os estudos e as invenções a respeito deste tema. Em seguida, foi realizada a caracterização da polpa, da casca e das sementes de gravatá, no que diz respeito à quantificação e à identificação de substâncias de interesse e à determinação da capacidade antioxidante das amostras, o que permitiu o levantamento de dados que irão contribuir para aumentar o conhecimento na área. Este estudo oportunizou, ainda, a indicação de possibilidades de aplicação deste material, visando sua valorização e o incentivo à socioeconomia local, inclusive de Santa Catarina, e aos pequenos produtores.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi investigar, em bases científica e de patentes, os compostos bioativos presentes em frutas consideradas PANCs, bem como determinar a composição físico-química, o teor e o perfil de compostos fenólicos, e a capacidade antioxidante de amostras de polpa, casca e sementes do fruto do gravatá (*Bromelia Antiacantha* Bertol), verificada também através da digestão gastrointestinal simulada.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar prospecção tecnológica e científica sobre frutas consideradas PANCs e seus compostos bioativos, com foco nas substâncias com capacidade antioxidante;
- Caracterizar a polpa, a casca e as sementes do fruto quanto à composição físico-química (umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibra alimentar, e, por diferença, os carboidratos), acidez titulável total, aw, cor, pH; e determinar os sólidos solúveis totais da polpa;
- Extrair os compostos fenólicos da polpa, das cascas e das sementes utilizando-se diferentes misturas de solventes (água e etanol);
- Determinar os compostos fenólicos totais, o teor de flavonoides totais, o perfil de fenólicos e a capacidade antioxidante *in vitro* (métodos DPPH, 2,2-difenil-1-picrilhidrazila; ABTS 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e FRAP, redução do Fe<sup>3+</sup>) da polpa, das cascas e das sementes;
- Determinar os compostos fenólicos totais, o perfil de fenólicos e a capacidade antioxidante *in vitro* da polpa, da casca e das sementes do gravatá, durante ensaio de digestão humana gastrointestinal simulada *in vitro*.



**CAPÍTULO 1**  
**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs)

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) são plantas que não são conhecidas e produzidas em grande escala, portanto, seu consumo é limitado a algumas regiões (RANIERI *et al.* 2017). O termo “Alimentícias” quer dizer que são plantas usadas na alimentação, já o termo “Não Convencionais” significa que não são produzidas ou comercializadas em grande escala (RANIERI *et al.*, 2017). O Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp foi o primeiro a usar este termo em 2008, quando referia-se às plantas que não estão incluídas em um cardápio do dia a dia (KINUPP; LORENZI, 2014). Podem possuir uma ou mais partes comestíveis, podem ser espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas (KELEN *et al.*, 2015). No mundo, estima-se que cerca de 390 mil espécies de plantas sejam conhecidas (RBG, 2017). Apesar dessa elevada riqueza, o homem atualmente utiliza cerca de 300 espécies na dieta. Sabe-se que cerca de 90% da alimentação do mundo baseia-se somente em 15 espécies, (o arroz, o trigo, o milho, o sorgo, a cevada, a cana-de-açúcar, a beterraba, a batata, a batata-doce, a mandioca, o feijão, a soja, o amendoim, o coco e a banana) sendo os dois últimos pertencentes à categoria de frutas (REIFSCHNEIDER *et al.*, 2015; PATERNIANI, 2001).

As PANCs, quando cultivadas pelos agricultores, trazem uma oferta maior de alimentos ao longo do ano. Associado a isso, tem-se uma dieta diversificada e variada, trazendo nutrientes que o organismo humano precisa, sendo então um ótimo caminho para uma alimentação adequada, saudável e responsável (RANIERI *et al.*, 2017). Por fim, as PANCs geram possibilidades para o ser humano, tanto na busca por nutrientes, quanto na sua escolha pelo que mais o agrada. Esta autonomia, associada às culturas biodiversas, gera uma emancipação, que pode ser chamada de soberania alimentar ecológica (KELEN, *et al.*, 2015). Dentro das diversas espécies de plantas existentes, o gravatá, planta cultivada e consumida no sul do Brasil, pertence à família Bromeliaceae.

#### 3.2 FAMÍLIA Bromeliaceae

A família Bromeliaceae Juss. possui 3.651 espécies distribuídas em 78 gêneros (GOUDA; BUTCHER; GOUDA, 2018) e atualmente está dividida em oito subfamílias (Bromelioideae, Brocchinioideae, Hechtioideae, Lindmanioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae e Tillandsioideae) (GIVNISH *et al.*, 2011). Na família Bromeliaceae, que inclui o

abacaxi ou ananás (*Ananas comosus* L. Merrill) (EMBRAPA, 2020), encontra-se o gravatá. Fotos destas frutas estão apresentadas na Figura 1.

As bromélias são plantas herbáceas que podem ser: epífitas, rupícolas ou terrícolas. As folhas geralmente contêm espinhos, e estão distribuídas ao longo do caule ou formam rosetas; sua superfície apresenta tricomas especializados que são responsáveis pela sua adaptação (BENZING, 2000). As sépalas apresentam diferentes cores, variando de verdes, amarelas, vermelhas ou brancas. De modo semelhante, as pétalas são coloridas, responsáveis principalmente por proteger o néctar (SIQUEIRA-FILHO; MACHADO, 2001). Seu fruto é uma cápsula ou baga. No caso do gênero *Ananas*, forma-se um sincarpo (SOUZA; LORENZI, 2012).

Figura 1: Fotos do gravatá da espécie *Bromelia antiacantha* Bertol (fotos A e B), sendo possível observar como grandes comunidades, e o fruto no estágio verde (chamado de baga ou cápsula) que se criam em uma espécie de caule; e do gênero *Ananas*, popularmente chamado de abacaxi do mato (fotos C e D). Em A e C, observam-se os espinhos presentes nas folhas dessas duas espécies.



Fonte: Elaborada pelo autor (2021) (Figuras 1A, B e C); FATIOLA PAISAGISMO, 2015 (Figura 1D).

A maioria das Bromélias tem formas e cores chamativas, sendo usadas como um potencial ornamental (artigo decorativo), o que explicaria o declínio de algumas espécies (SOUZA; LORENZI, 2012). As espécies variam no tamanho e na coloração das folhas, na morfologia das flores, bem como no hábito de crescimento (BENZING, 2000). Dentro da família Bromeliaceae, tem-se a espécie Alcantarea, à qual pertence o gravatá (*Bromelia antiacantha* Bertol).

### 3.2.1 *Bromelia antiacantha* Bertol

*Bromelia antiacantha* é conhecida popularmente como banana-do-mato ou bananinha-de-macaco, devido à aparência de seus frutos (bagas amarelas), sendo também chamada de caraguatá e gravatá (FILIPPON *et al.*, 2012). Desenvolve-se principalmente em solos muito úmidos das florestas, de restinga e de vegetação secundária (REITZ, 1983). Podem chegar a até 2 m de altura, apresentando características próprias de dinâmica populacional e de estrutura espacial (densidade, dispersão, distribuição) ao formar densos agrupamentos (REITZ 1983; SANTOS, 2001; FILIPPON, 2009). Tem um caule curto e grosso, sua folha ereta pouco recurva faz com que as folhas da base sejam voltadas para o chão, enquanto as centrais são voltadas para cima, e contém espinhos nas margens (REITZ, 1983; SANTOS, 2001). Todas essas características citadas podem ser observadas na Figura 2.

No Brasil, a floração ocorre de forma anual, iniciando em dezembro e podendo terminar até o início de fevereiro (REITZ, 1983). Sua reprodução pode ser tanto de forma sexuada como assexuada, na qual emitem brotos (um ou mais) após o período floral (REITZ, 1983; SANTOS, 2001; SANTOS *et al.*, 2004). O final do seu ciclo reprodutivo representa o final aparente do seu ciclo de vida. Após a floração, ocorre a frutificação, tendo início em torno de fevereiro, podendo ir até o mês de junho (REITZ, 1983). Segundo Santos (2001), o processo inicia com a alteração da coloração das folhas centrais da roseta, antes do aparecimento da inflorescência (em média 8 dias); as folhas próximas do centro da roseta tornam-se vermelhas, indicando que os indivíduos estão iniciando sua fase reprodutiva, e permanecendo assim até o final da floração. No Brasil, há registros do seu cultivo nos três estados do sul do país (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e também nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (FILIPPON *et al.*, 2011).

Figura 2: Sequência da frutificação do gravatá: A) Fase da floração com as folhas avermelhadas na parte inferior, B) algumas bagas em desenvolvimento e verdes, e C) um cacho de bagas maduras de gravatá.



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Seu uso pode ser alimentício, ornamental e industrial, sendo utilizado em maior frequência o fruto e a planta inteira. Seu uso já foi observado na fabricação de fibras para uso em tecidos; na cordoaria, mediante o uso de suas folhas; e na fabricação de sabão a partir do fruto (BARROS; SOUZA, 1995; HAVERROTH, 1997; MERCIER YOSHIDA, 1998; REITZ, 1983). Além do que foi citado acima, foi observado o seu uso como cerca-viva (planta inteira) e também como fonte de extração de “palmito”, o qual é utilizado em conservas, posteriormente em saladas, molhos, omeletes, refogados e em pastéis (FILIPPON, 2009).

No estudo de Amancio (2016), o fruto inteiro foi caracterizado visualmente em três estágios de maturação (verde, intermediário e maduro). Uma observação é que, no trabalho citado, após a separação da polpa e da semente do fruto, somente a polpa com a casca foi analisada. O mesmo realizou algumas análises com as amostras *in natura*, e outras com amostras liofilizadas. O teor de umidade variou de 79,97 a 82,51%, já o teor de cinzas foi encontrado de 1,06 a 1,24%, quanto ao teor de sólidos solúveis o mesmo encontrou variação de 15,2°Brix no estágio verde, para 17,57°Brix no estágio maduro, a acidez titulável variou de 0,95 a 1,03% e a cor onde sua variação ocorreu conforme amadurecimento do fruto a qual 41,04 no estágio verde e 48,05 no estágio maduro. Os parâmetros de pH e  $a_w$  foram considerados iguais, tendo um valor de 0,96 de  $a_w$  e uma variação de 4,33 a 4,35 no pH.

Amancio (2016) encontrou uma variação no teor de lipídios de 1,26 a 5,49% no estágio maduro. Quanto ao teor proteico, Krumreich *et al.* (2015) encontrou valor  $0,62 \pm 0,15$ , enquanto Amancio (2016) encontrou uma variação de 3,29 a 3,87%. Para o teor de fibra bruta, Amancio (2016) encontrou uma variação de 0,95 a 1,73% para o estágio maduro.

O teor de vitamina C já foi determinado para o fruto, Krumreich *et al.* (2015) encontraram  $60,01 \pm 5,04$ . Além disso ao teor de carotenoides, Krumreich *et al.* (2015)

encontrou para o fruto maduro do gravatá um valor de carotenoides totais de 162,67 mg 100g<sup>-1</sup>. Rodriguez-Amaya *et al.* (2008) afirmam que, para que um alimento seja considerado fonte de carotenoides, é necessário possuir no mínimo 20 µg g<sup>-1</sup> (2 mg 100g<sup>-1</sup>), logo o gravatá pode ser considerada uma fonte rica nesse composto.

Krumreich *et al.* (2015) realizaram o estudo da capacidade antioxidante de frutos frescos de *Bromelia antiacantha* Bertol, que foi medida frente ao radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), e calculada através de uma curva-padrão de trolox. O resultado foi de 178,56 ± 2,65 mg de equivalente ao Trolox 100 g<sup>-1</sup> de amostra. A amostra apresentou 70,73 ± 4,34 mg equivalente ao ácido gálico 100g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos totais.

A espécie apresenta propriedades medicinais, sendo que, em 1940, foi descrita sua utilização na medicina popular, apresentando propriedades como anti-helmíntico, antitussígeno e no tratamento de cálculos renais (REITZ, 1983). Filippon (2009); Jorge e Ferro (1993); Mors *et al.* (2005) e Zanella (2009) relataram a ação do fruto nas infecções respiratórias e com ação expectorante, além de contribuírem no tratamento de asma e bronquite.

Os frutos de gravatá possuem um grande potencial para a confecção de geleias e licores. A sua comercialização se dá tanto em cacho como por massa; em menor procura, por mudas, licores e geleias. É geralmente encontrado em bancas medicinais, em mercados públicos, feiras e eventos relacionados à biodiversidade ou a plantas medicinais (VIEIRA DA SILVA, 2009 *apud* CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011).

### 3.2.2 GRAVATÁ: ESTADO DA ARTE

Foi realizada uma pesquisa de artigos científicos, por meio de consulta às bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Science Direct*. As palavras-chave utilizadas foram: "*Gravata bromelia*", "*Bromelia antiacantha*", "*Bromelia*", "*Gravatá*", sendo que a pesquisa ocorreu entre os dias 29/04/2020 e 20/05/2020. Posteriormente, foi refeita a busca de 20 a 22/04/2022, com o uso dos mesmos termos adicionando o “caraguatá” para uma atualização dos resultados. Deve-se também citar o uso do termo booleano OR para as buscas. Os resultados detalhados com palavras-chave, a base de dados consultada, o título da publicação, a parte do fruto estudada, o tipo de estudo realizado e o autor/ano estão apresentados na Tabela 01.

Para a base de dados *Scopus*, com o uso das palavras-chave acima, foram selecionados 14 artigos de interesse; na base da *Scielo*, foram recuperados 7 artigos; e por fim, na base do *Science Direct* na busca científica, foram localizados apenas 4 artigos relacionados às palavras pesquisadas. Deste total, 6 artigos estavam duplicados, ou seja, apareciam em duas bases ao

mesmo tempo. O período de publicação dos artigos selecionados variou de 2007 a 2019. Com a atualização da busca, teve-se a adição de 3 novos artigos, referentes aos anos 2020, 2021 e 2024 com um artigo por ano em que dois também eram duplicados (identificados na Tabela).

Quanto à parte do fruto, três trabalharam com o extrato bruto de protease extraída desta matéria-prima, dois com a polpa do fruto, um com o subproduto e um com o fruto inteiro (extrato). Quando observado pelo conteúdo dos artigos, quatro abordaram a extração e/ou uso de protease presente no fruto em diferentes contextos, um utilizou o extrato da enzima, e apenas três aplicaram métodos semelhantes aos utilizados no presente estudo. Já na atualização da busca, apenas um trabalhou com o fruto inteiro e os outros dois abordaram uma revisão e o impacto da solução salina no crescimento e cultivo *in vitro*.

Foram encontrados outros artigos publicados de 2008 a 2019, em que foi feito o estudo de diferentes partes do fruto (extrato das folhas, fruto em si e das fibras), porém, quando analisado o conteúdo, não abordam o que foi estudado no presente trabalho. Os demais artigos apenas têm ligação com as palavras-chave utilizadas na pesquisa. Já na nova busca (os 3 últimos da Tabela 1) apenas 1 aborda assunto relevante ao estudo, os demais somam-se à exclusão dos artigos da busca inicial.

Na busca de artigos científicos, observou-se que houve um aumento nas publicações sobre o tema a partir de 2015, com a publicação de 5 artigos referentes ao uso do fruto em estudo, porém apenas 2 abordaram resultados relacionados ao tema do presente projeto. Através da pesquisa de artigos científicos sobre o gravatá, foi possível confirmar que este é um fruto pouco estudado até o momento, sendo assim com poucas informações científicas publicadas, sendo que a pesquisa e a geração de informações sobre o mesmo são promissoras.

Assim, verificou-se, através do estado da arte, as lacunas existentes na literatura sobre o fruto de gravatá, e que estão relacionadas à caracterização físico-química, química, física e à determinação da capacidade antioxidante de sua polpa, casca e sementes.

Tabela 01 - Resultado da busca de artigos científicos nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Science Direct*, relacionados ao fruto gravatá.

Palavras-chave do artigo	Base de dados	Título	Parte do fruto em estudo	O que foi determinado?	Autor(es) e ano de publicação
<i>Bromelia antiacantha</i> Proteinases de frutas ( <i>Fruit proteinases</i> ) Protease de cisteína ( <i>Cysteine protease</i> )	<i>Science Direct e Scopus</i>	Caracterização de novas enzimas proteolíticas de frutos maduros de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol. (Bromeliaceae)	O extrato bruto (CE) do fruto maduro de <i>B. antiacantha</i> .	Extraíram e caracterizaram uma protease desse fruto.	VALLÉS, D.; FURTADO, S.; CANTERA, A. M. B. 2007
<i>Plant protease Cysteine peptidase</i> Bromeliaceae	<i>Science Direct e Scopus</i>	<i>Antiacanthain A: New proteases isolated from Bromelia antiacantha</i> Bertol. (Bromeliaceae)	O extrato bruto (CE) da polpa (fruta madura)	Foi isolada a protease com o pl mais baixo Antiacanthain A (AntA).	VALLÉS, D.; CANTERA, A. M. B. 2018
<i>α-lactalbumin Bioactive peptides ACE inhibitors Cysteine peptidases Whey Bromelia antiacantha</i> Bertol	<i>Science Direct e Scopus</i>	<i>New ACE-inhibitory peptides derived from α-lactalbumin produced by hydrolysis with Bromelia antiacantha</i> peptidases	O extrato bruto (CE) do fruto maduro de <i>B. antiacantha</i>	A segunda proteína de soro de leite mais abundante, a lactalbumina (ALA) foi hidrolisada com proteases de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol., uma planta nativa.	VILLADÓNIGA, C.; CANTERA, A. M. B. 2019
Banana-do-mato, carotenoides, compostos fenólicos, fibras, capacidade antioxidante.	<i>Scielo e Scopus</i>	Composição físico-química e de compostos bioativos em FRUTOS de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol.	A polpa da fruta	Presença de compostos bioativos, incluindo carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos.	KRUMREICH, F. D.; CORRÊA, A. P. A.; DA SILVA, S. D. S.; ZAMBIAZI, R. C. 2015



Bromeliaceae, <i>Bromelia antiacantha</i> , caraguatá, gravatá, atividade citotóxica	Scielo	Avaliação das atividades antimicrobiana, citotóxica, moluscicida e antioxidante de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol. (Bromeliaceae)	Extratos das folhas e frutos desta espécie.	Atividades antifúngica, antibacteriana, citotóxica, moluscicida e antioxidante.	MANETTI, L. M.; TURRA, A. F.; TAKEMURA, O. S.; SVIDZINSKI, T. I. E.; LAVERDE JUNIOR, A. – 2010
<i>Hydrolysis tissue, Epigyne, Bromelia antiacantha</i>	Scopus	<i>Proteolytic enzymes from Bromelia antiacantha as tools for controlled tissue hydrolysis in entomology</i>	Frutos maduros	Uso de extrato enzimático para hidrolisar e remover tecidos moles da epígine de <i>Apopyllus iheringi</i> .	MACCIÓ, L.; VALLÉS, D.; CANTERA, A. M. 2013
Catalytic; ferromagnetic; magnetic; nanostructure	Scopus	The use of magnetic nanoparticles for immobilization and recycling of enzymes	Frutos inteiros.	Determinaram a síntese de nanopartículas magnéticas para adsorção de enzimas cisteína-proteolíticas extraídas do fruto de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol.	FURTADO, S.; BRANDES, M.; ALAMÓN, C.; BOTASINI, S.; CANTERA, A.M.B. 2018
<i>Bromelia antiacantha</i> , antioxidante, citotoxicidade, genotoxicidade, carboidratos, ácidos graxos.	Scielo e Scopus	<i>Ripe fruits of Bromelia antiacantha: investigations on the chemical and bioactivity profile</i>	Frutos inteiros.	Os frutos foram abertos. Fervidos e liofilizados produzindo um resíduo extraído.	SANTOS, V. N. C.; DE FREITAS, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; BIAVATTI, M. W. - 2009
<i>Fruit by-product valorization Bromelia antiacantha</i> Bertol.	Science Direct e Scopus	<i>Valorization of fruit by-products of Bromelia antiacantha</i> Bertol.: <i>Protease obtaining and</i>	Subprodutos de frutas	Isolar e estudar o desempenho de uma protease alcalina, por sua potencial aplicação como	BERSI, G.; VALLÉS, D.; PENNA, F.;

<i>Cystein phytoprotease</i> Laundry detergente		<i>its potential as additive for laundry detergents</i>		aditivo de formulações de detergentes para a roupa.	CANTERA, A. M.; BARBERIS, S.  2019
<i>Cellulose nanocrystals; pantanal fibers; gravata; macauba; characterization</i>	Scopus	<i>Cellulose Nanocrystals from Fibers of Macauba (Acrocomia Aculeata) and Gravata (Bromelia Balansae) from Brazilian Pantanal</i>	Fibras	Trabalhou com as fibras brutas submetidas à hidrólise ácida, seguida de várias análises.	CORRÊA, A. C.; CARMONA, V. B.; SIMÃO, J. A.; GALVANI, F.; MARCONCINI, J. M.; MATTOSO, L. H. C. 2019
<i>Araucaria angustifolia; Bromelia antiacantha; Cultural landscapes; Ethnobotany; Genetic diversity; Ilex paraguariensis; Local management system; Non-timber forest products</i>	Scopus	Domesticated landscapes in araucaria forests, southern Brazil: A multispecies local conservation-by-use system	Não se aplica	Buscaram evidências de domesticação e conservação dos recursos manejados em três espécies - erva-mate, araucária e caraguatá ( <i>Bromelia antiacantha</i> ) caracterizando práticas de manejo, estrutura demográfica e diversidade genética nas populações dos mesmos locais.	REIS, M.S.; MONTAGNA, T.; MATTOS, A.G.; FILIPPON, S.; LADIO, A.H.; DA CUNHA MARQUES, A.; ZECHINI, A.A.; PERONI, N.; MANTOVANI, A. 2018
Mata Atlântica, plantas medicinais, manejo de populações naturais	Scielo	Estrutura demográfica e produção de frutos de <i>Bromelia antiacantha</i> Bertol.	Não se aplica	Estudar a estrutura demográfica e a produção de frutos de uma população natural de <i>B. antiacantha</i> na	DUARTE, A. S.; VIEIRA DA SILVA, C.; PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S.

---

				Floresta Nacional de Três Barras	2007
Manejo sustentável, PFNM, plantas medicinais	Scielo	Produção de frutos para uso medicinal em <i>Bromelia antiancatha</i> (caraguatá) : fundamentos para um extrativismo sustentável	Não se aplica	Quantificar a produção de frutos e fundamentar estratégias para possível manejo de populações naturais de <i>B. antiacantha</i>	FILIPPON, S.; FERNANDES, C. D.; FERREIRA, D. K.; DUARTE, A. S.; REIS, M. S. 2012
<i>Brazilian Atlantic Rainforest; bromeliad; clonal species; conservation; gene flow; genetic diversity; microsatellites; polyploidy; southern Brazil</i>	Scopus	<i>Genetic structure and phenotypic variation in wild populations of the medicinal tetraploid species Bromelia antiacantha</i> (Bromeliaceae)	Não se aplica	Padrões de estrutura genética e variação morfológica de populações de <i>Bromelia antiacantha</i> (Bromeliaceae).	ZANELLA, C. M.; BRUXEL, M.; PAGGI, G. M.; GOETZE, M.; BUTTOW, M. V.; CIDADE, F. W.; BERED, F. M. 2011
Corredores de biodiversidade, espécies ameaçadas, endemismo	Scielo	Bromeliaceae da mata atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação	Não se aplica	Disponibilizar a lista de táxons de Bromeliaceae ocorrentes no domínio da Mata Atlântica no Brasil e o status de conservação de cada espécie de acordo com as listas oficiais, bem como a distribuição destas nos estados e nos corredores da biodiversidade.	MARTINELLI, G.; VIEIRA, C. M.; GONZALEZ, M.; LEITMAN, P.; PIRATININGA, A.; DA COSTA, A. F.; FORZZA, R. C. 2008

---

<i>Bromelia Antiacantha</i> ; cervical câncer cells; HaCaT cells; phytochemical profile; SiHa lineage	<i>Scopus e Scielo</i>	Phytochemical profile and biological activities of <i>Bromelia antiacantha</i> extracts	Frutos inteiros.	Avaliaram o perfil fitoquímico de extratos aquoso e etanólico obtidos de frutos de <i>B. antiacantha</i> , bem como a sua possível ação antioxidante, antitumoral e citotóxica.	RODRIGUES, K.F.; BITENCOURT, T.C.; NÚÑEZ, J.G.; GARCIA, H.O.; BUHL, B.; PADILHA, G.L.; ETHUR, E.M.; HOEHNE, L.; BRUNO, A.N.; FREITAS, E.M. 2024
Bromeliad; Chlorophyll a fluorescence; Plant physiology; Tissue culture	<i>Scopus e Scielo</i>	Impact of saline solution on growth and photosystem II during <i>in vitro</i> cultivation of <i>Bromelia antiacantha</i> (Bromeliaceae)	Não se aplica	Verificaram os impactos da solução salina do meio de cultivo no desempenho do aparato fotossintético e crescimento de <i>Bromelia antiacantha</i> durante o cultivo <i>in vitro</i> , e dessa forma, elucidaram a mitigação do desbalanço nutricional que poderia interferir na cadeia de transporte de elétrons nas plantas.	CIPRIANO, R.; MARTINS, J.P.R.; DE ALMEIDA RODRIGUES, L.C.; FALQUETO, A.R.; GONTIJO, A.B.P.L. 2021
Biological activity; <i>Bromelia antiacantha</i> ; <i>Brosimum gaudichaudii</i> ; <i>Genipa americana</i> ; Natural compounds; Pharmacological	<i>Scopus</i>	Ethnopharmacology of Fruit Plants: A Literature Review on the Toxicological, Phytochemical, Cultural Aspects, and a Mechanistic Approach to	Não se aplica	Revisaram informações das pesquisas mais atuais sobre a composição fitoquímica, propriedades biológicas e toxicológicas de quatro espécies frutíferas amplamente utilizadas pela	DE CARVALHO, A.T.; PAES, M.M.; CUNHA, M.S.; BRANDÃO, G.C.; MAPELI, A.M.; RESCIA, V.C.; OESTERREICH, S.A.; VILLAS-BOAS, G.R.

---

activity; Phytochemistry; Plant secondary metabolites; Plant side effects; <i>Talisia esculenta</i>	the Pharmacological Effects of Four Widely Used Species	população mundial, a fim de 2020 apoiar o uso medicinal seguro dessas espécies e incentivar novos estudos sobre suas propriedades terapêuticas.
---	---	--

---

Fonte: Elaborada pelo autor (2022). \*Os termos apresentados em inglês foram mantidos conforme realizado na pesquisa.

### 3.2.3 VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SOB ENFOQUE DA ECONOMIA CIRCULAR

Quando avaliamos as potencialidades tecnológicas de matérias-primas de interesse para a dieta humana, incluindo as PANCs, é importante fazer uma abordagem dentro do conceito de Economia Circular, para o total aproveitamento de cada matriz. Alvez (2013), através de um relatório produzido pela *Institution of Mechanical Engineers*, comenta que anualmente, em todo o planeta, são produzidos 4 bilhões de toneladas de alimentos. Assim, estima-se que entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente, para o consumo humano, se perde ou é desperdiçado. Isso equivale a cerca de 1,3 bilhões toneladas de alimentos. Se observarmos por classe, 30% destes resíduos provém dos cereais; os resíduos de raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas variam de 40 e 50%; 20% de resíduos se referem às carnes e aos produtos lácteos; e 35% de resíduos provém de peixes (FAO, 2018).

No Brasil, estima-se que entre verduras, folhas e frutos, do campo até a mesa do consumidor, ocorra uma perda de 30 a 40% (GOULART, 2008; VAL, 2012; SOARES, 2013). A produção dos principais frutos frescos comercializados no Brasil é de aproximadamente 17,7 milhões de toneladas/ano, e estima-se que um total de 5,3 milhões de toneladas/ano desses frutos não sejam consumidos. Supondo que o Brasil tenha cerca de 150 milhões de habitantes, 35 kg/hab./ano é o índice de perdas com frutos (SOARES, 2020).

Uma maneira de evitar o desperdício seria a utilização de todas as partes dos alimentos, tais como folhas, talos, cascas e sementes, que acabam sendo desperdiçadas, mas que contêm quantidades consideráveis de nutrientes (MARQUES *et al.*, 2008). Rocha *et al.* (2008), em seu estudo com cascas, talos e folhas, afirmam que estes resíduos podem ser boas fontes de fibras alimentares e de lipídios. A valorização integral das matérias-primas, dentre elas, frutas e resíduos do seu processamento, se encaixam no conceito de economia circular, que é um modelo de produção e de consumo que tem como foco alargar o ciclo de vida dos mesmos, reduzindo o desperdício ao mínimo (PARLAMENTO EUROPEU, 2020).

Desde 2013, diversos países têm iniciado campanhas ou estabelecido suas próprias metas de redução das perdas e do desperdício de alimentos. Isso ocorreu devido ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e à Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) lançarem a iniciativa *Save Food*. Mais recentemente (2015), surgiram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas, nos quais, para o ramo alimentício, destaca-se o Consumo e Produção Sustentáveis (ODS 12), que sugere "Reduzir pela metade, até 2030, o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos nas outras etapas da cadeia

agroalimentar" (FAO, 2015).

Desta forma, mesmo que a comercialização do gravatá não seja amplamente difundida, esta fruta tem importância em algumas localidades do Brasil, podendo vir a ser fonte de renda para famílias de agricultores. Isto justifica a caracterização da mesma, bem como dos resíduos gerados em seu despolpamento, dentro do conceito de Economia Circular no processamento de alimentos. Neste sentido, é fundamental conhecer as características desta fruta.

### 3.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

As frutas são alimentos ricos em diversos macro e micronutrientes e podem conter muitos constituintes bioativos, alguns dos quais apresentam atividade antioxidante, daí a sua importância para uma dieta saudável. Dado tal variedade de compostos bioativos, as pesquisas mostram que o consumo de frutas pode combater o desenvolvimento de doenças cardíacas e câncer de próstata, dependendo das substâncias consideradas (JENAB *et al.*, 2004; SERINI *et al.*, 2009).

#### 3.3.1 Compostos Fenólicos

São produtos naturais originados pela via metabólica secundária dos vegetais (LARCHER, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2013). Apresentam funções importantes como crescimento e reprodução, podem atuar como agentes antipatogênicos e contribuem na pigmentação. São formados em condições problemáticas como em condições de estresse, infecções, fermentos, radiações ultravioletas (UV), entre outros. Nos alimentos, apresentam relação direta com a cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007; MELO *et al.*, 2008; MELO, 2010).

Possuem ação antioxidante através de diversos mecanismos, entre os quais, a sua capacidade para a remoção de radicais livres e a inibição da formação de espécies reativas durante o metabolismo. Assim, previnem a ocorrência de danos nos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, e consequentes lesões ou morte celular (ZHANG *et al.*, 2008). São conhecidos mais de 8.000 compostos fenólicos com estruturas químicas diferentes e, consequentemente, com atividades biológicas variadas (YÁÑEZ *et al.*, 2004; YAZAKI; SASAKI; TSURUMARU, 2009).

Segundo Pimentel; Francki; Gollücke, (2005):

As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas a exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa do que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos.

Nos vegetais, podem se apresentar na forma livre, ou então estar ligados a açúcares (glicosídeos) ou a proteínas (SHAHIDI; NACZK, 1995). Os compostos fenólicos são um grande grupo de substâncias orgânicas (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010); têm uma ampla variedade tanto de estruturas como de funções; e apresentam como característica ter em sua estrutura química pelo menos um anel aromático com um ou mais grupamentos hidroxila (ESKIN; SHAHIDI, 2015). Os fenólicos costumam ser encontrados mais em frutas do que em hortaliças, tendo como destaque frutas imaturas, pois, durante o amadurecimento, acabam sendo degradados devido a fatores externos (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010).

Outra forma de classificação é pela ocorrência nos vegetais, podendo ser divididos em quatro grupos: fenóis simples, ácidos fenólicos, derivados do ácido cinâmico e flavonoides (ESKIN; SHAHIDI, 2015). As várias classes dos compostos fenólicos apresentam estruturas variadas, atuando de diferentes formas na matriz para o controle da oxidação, ou seja, podem atuar como agente redutor, apresentar poder de sequestrar os radicais livres e de desativar o oxigênio singlete (LARCHER, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2013). Logo, devido às propriedades benéficas à saúde, atualmente vêm sendo alvo de estudos (TAIZ e ZEIGER, 2013; ROSSA, 2013). Sua atividade anticarcinogênica tem sido relacionada à inibição de diferentes cânceres como de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele. Resveratrol, a quercetina, o ácido cafeico e os flavonois são os compostos fenólicos que possuem ligação comprovada com esta atividade (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

Na literatura, não foram encontrados registros do perfil de compostos fenólicos do gravatá.

### 3.3.3.1 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

O método de Folin-Ciocalteu (FC) é muito utilizado para a determinação de compostos fenólicos totais, e acabou virando um indicador quando utilizado para a determinação de compostos antioxidantes (RUFINO, 2006). É um método analítico conveniente e simples, pois não requer nenhum equipamento particular e pode ser útil na caracterização e padronização de amostras botânicas (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005), bem como por sua reprodutibilidade para a determinação de polifenóis totais em materiais biológicos (EVERETTE *et al.*,



2010, HUANG *et al.*, 2005).

O ensaio mais utilizado e que vem sendo aplicado para diferentes matrizes é o que emprega o reagente de fenol de Folin-Ciocalteu desenvolvido por Singleton e Rossi (1965). Na presença de agentes redutores como os compostos fenólicos, molibdênio e tungstênio, que estão no estado de oxidação 6+, reagem através da transferência de elétrons, e, em meio alcalino, formam um complexo azul. A intensidade dessa cor varia com a quantidade de substâncias redutoras presentes como: polifenóis, ácidos orgânicos (ácido ascórbico), açúcares (por exemplo a frutose) e alguns aminoácidos. A taxa de absorção reside entre 620 a 760 nm (SOUSA *et al.*, 2007), tendo uma alta absorvidade próximo a 750nm (ROGINSKY; LISSI, 2005). Ao utilizar esse método espectrofotométrico com o reagente de fenol, ele nos apresenta uma estimativa do teor de fenólicos naquela matriz, sendo chamado de “teor fenólico”. Normalmente para a sua determinação, é amplamente utilizado o ácido gálico como padrão, em alimentos ou produtos naturais (CHEN; CHENG; LIANG, 2015).

### 3.4 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os antioxidantes são um grupo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e enzimas, que visa o bloqueio ou retardamento da rancidez oxidativa controlando os precursores dessa reação, que são os radicais livres (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Este controle pode ser por reações metabólicas ou por fatores exógenos, como as radiações ionizantes. Sua obtenção ocorre através de alimentos como frutas, legumes, hortaliças e cereais integrais, o que explica parte das ações saudáveis que os mesmos exercem sobre o organismo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2016).

Os antioxidantes utilizados em alimentos são de origem natural ou sintética, sua classificação varia com a função. Os antioxidantes primários, por exemplo, atuam na remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação. Eles doam um átomo de hidrogênio ao radical livre, gerando moléculas estáveis e, desta forma, interrompem a reação em cadeia (RAMALHO; JORGE, 2006). Os antioxidantes primários mais conhecidos são o hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT) e o terc-butil-hidroquinona (TBHQ), e o propil galato (PG) que são polifenóis sintéticos, e os tocoferóis, que são naturais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2016). Além de primários, podem ser: sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e antioxidantes mistos (RAMALHO; JORGE, 2006).

Diversos estudos apontam que a ingestão diária de antioxidantes na dieta auxilia os mecanismos endógenos de defesa, já nos processos oxidativos do organismo pode produzir uma ação protetora efetiva, e que uma série de doenças, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio denominadas de “espécies reativas oxigenadas” ou simplesmente ROS. As formas comumente observadas são do oxigênio singlete e os radicais livres que estão associadas a doenças como câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS e doenças do coração (BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; YILDRIM; MAVI; KARA, 2002). Conforme Rossa (2013), na literatura é encontrada uma gama de efeitos biológicos dos compostos fenólicos, aqui pode-se citar sua ação antioxidante, a antimicrobiana, a anti-inflamatória e também vasodilatadora.

O uso de antioxidantes na indústria de alimentos vem sendo amplamente estudado no aumento do *shelf life* de produtos. Na escolha, são observadas algumas propriedades como: eficácia em baixas concentrações (0,001% a 0,01%); que não cause efeitos indesejáveis que acabem alterando a cor, o sabor, e o odor; que seja compatível e de fácil aplicação no alimento; que tenha estabilidade no processo e armazenamento, e que não seja tóxico, mesmo tendo seu consumo em excesso (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2015).

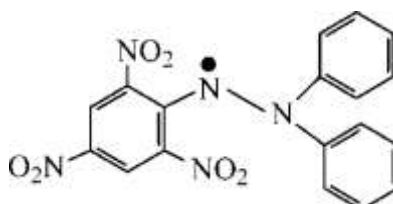
Os antioxidantes podem ser divididos, ainda, em duas classes: a primeira com atividade enzimática, onde as enzimas removem as ROS's ali presente, sendo capazes de bloquear a iniciação da oxidação. Na segunda classe, temos as substâncias sem atividade enzimática, na qual durante a reação as moléculas que interagem com as espécies radiculares acabam por ser consumidas; nesta classe incluem-se os antioxidantes naturais e sintéticos como os compostos fenólicos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004). A seguir, temos a explicação dos três métodos mais utilizados para a determinação da atividade antioxidante em experimentos *in vitro*, sendo eles: sequestro do radical DPPH, e do radical ABTS e a redução do ferro<sup>3+</sup> (FRAP).

### **3.4.1 Sequestro do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazila)**

O método DPPH consiste na redução do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) de coloração púrpura ou violeta que absorve em solução de etanol ou metanol a uma faixa de 515-520 nm (DENQ *et al.*, 2011). Um antioxidante ao doar um H ou um elétron ao DPPH•, torna-se estável, adquire a forma reduzida DPPH-H mudando sua coloração de violeta para violeta-claro ou amarelo pálido (CIESLA *et al.*, 2012; KEDARE; SINGH, 2011; AMATATONGCHAI *et al.*, 2012; MUSA *et al.*, 2013). A mudança de cor resulta na diminuição da absorbância podendo ser monitorada por um espectrofotômetro UV/ visível.

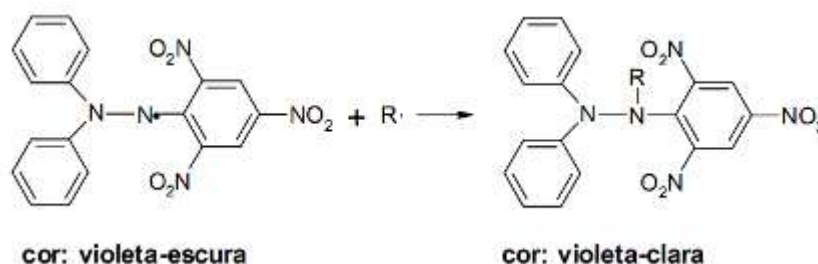
Esse monitoramento deve ser realizado no escuro pois a luz é um fator que interfere na reação (SCHERER; GODOY, 2009; MISHRA; OJHA; CHAUDHURY, 2012). A ação antioxidante é expressa em %, que representa a quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50%, na literatura é chamada de concentração inibitória ( $IC_{50}$ ) ou concentração eficiente ( $CE_{50}$ ). Resumindo: quanto maior o consumo de DPPH, maior será a atividade antioxidante da amostra e menor será a sua  $IC_{50}$  (SOUSA *et al.*, 2007). Na Figura 3, é apresentada a estrutura do radical DPPH e, na Figura 4, a estabilização do radical livre DPPH•.

**Figura 3:** Estrutura do radical DPPH



Fonte: Liu (2010)

**Figura 4:** Estabilização do radical DPPH



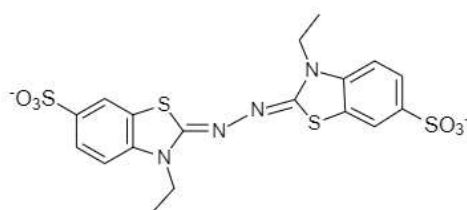
Fonte: Rufino *et al.* (2007a)

### 3.4.2 Capacidade de sequestro do radical ABTS<sup>•+</sup> 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

O radical 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS<sup>•+</sup>) à base de cátions, juntamente com o DPPH e o FRAP, estão entre os ensaios de capacidade antioxidante mais utilizados (ILYASOV *et al.*, 2020). Na Figura 5 tem-se a estrutura química do ABTS. Este ensaio é uma abordagem mais simples e frequente baseada na inibição da formação de ABTS por um oxidante de elétrons (TIRZITIS; BARTOSZ, 2010). Ocorre através da captura do cátion radical que pode ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática (KUSKOSKI *et al.*, 2005), reagindo com um forte agente antioxidante (persulfato de potássio) na presença de sal ABTS (SHALABY e SHANAB, 2013). Com essa metodologia, pode-se medir a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI *et al.*, 2005).

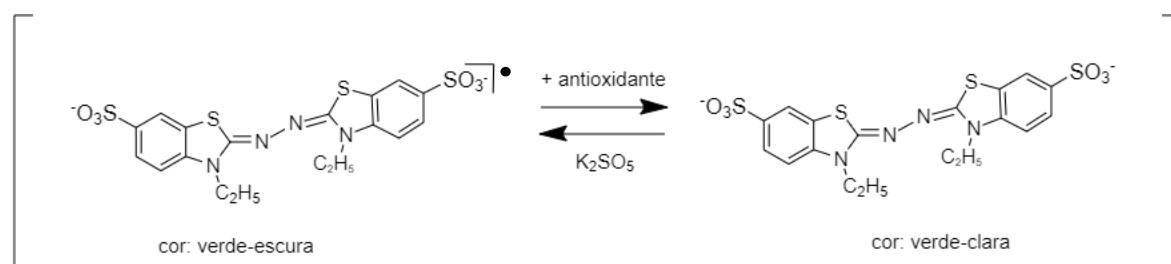
Este método usa um espectrofotômetro de arranjo de diodos para medir a perda de cor quando um antioxidante é adicionado ao cromóforo, variando de azul para verde, sendo mais frequente a tonalidade verde (ALAM; BRISTI; RAFIQUZZAMAN, 2013). Espera-se que ABTS seja incolor, contudo, a substância ABTS é geralmente esverdeada pálida. Pode ser facilmente detectada pelo espectro de absorção em 414, 417, 645, 734 e 815 nm, sendo que normalmente as características máximas aplicadas ao monitor são 414-417 nm e 730-734 nm no entanto, o uso da última faixa é recomendada devido à possível interferência de muitas amostras (ARNAO, 2000). Após usa-se o Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), um análogo solúvel em água da vitamina E, que pode ser usado como um padrão antioxidante. Uma curva de calibração padrão é construída para Trolox em diferentes concentrações, e os resultados são expressos em atividade antioxidante equivalente a 1 mM de trolox (SEERAM *et al.*, 2006). A reação pode ser vista na Figura 6.

**Figura 5:** Estrutura do radical ABTS



Fonte: LIU (2010) adaptado pelo autor (2022).

**Figura 6:** Estabilização do radical ABTS por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.



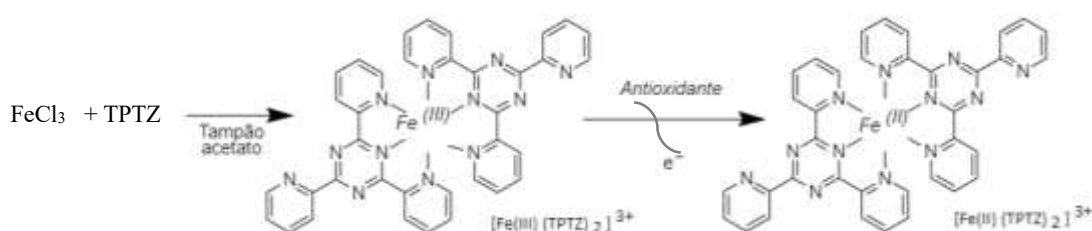
Fonte: RUFINO *et al.* (2007b) adaptado pelo autor (2022).

### 3.4.3 Poder antioxidante de redução do ferro (FRAP)

O método do FRAP (do inglês: *Ferric Reducing Antioxidant Power*) foi originalmente desenvolvido como uma alternativa para determinar a redução do ferro em fluidos biológicos e soluções aquosas de compostos isolados (BENZIE e STRAIN, 1996). Posteriormente, este

método foi adaptado por Rufino *et al.* (2006), está baseado no método de redução do ferro  $\text{Fe}^{3+}$  (forma férrica) na produção do íon  $\text{Fe}^{2+}$  (forma ferrosa) presente no complexo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ). Quando a redução ocorre, dependendo do poder de redução de cada composto, há uma alteração na tonalidade da mistura de reação, passando de roxo claro a um roxo intenso (Figura 7), cuja absorvância pode ser medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 595 nm. O potencial antioxidante irá variar dependendo do valor da absorvância ou então da intensidade da coloração após reação (RUFINO *et al.*, 2006).

**Figura 7:** Redução do  $\text{Fe}^{3+}$  ao  $\text{Fe}^{2+}$



Fonte: URREA-VICTORIA *et al.* (2016) adaptado pelo autor (2022).

### 3.5 BIOACESSIBILIDADE E BIODISPONIBILIDADE

Atualmente, tem-se estudado a presença de nutrientes, inclusive compostos bioativos nos alimentos, especialmente para identificar e isolar substâncias destinadas a consumo direto ou posterior adição como ingrediente em uma matriz alimentícia (KORHONEN, 2002). Estudos que avaliam a eficácia do consumo destes compostos na melhora do estado nutricional em humanos vem aumentando nestes últimos anos. Assim, levantar informações sobre a bioacessibilidade e a biodisponibilidade de nutrientes nos alimentos se faz necessário (CONSTANT, 2016).

Do ponto de vista nutricional, há fração de nutrientes presente em um alimento, que foi digerida e está disponível para ser usada nas funções fisiológicas ou para ser estocado, é chamado de biodisponibilidade (SRINI SRINIVASAN, 2001). Este é um conceito-chave para a eficácia nutricional, pois indica que apenas certas quantidades de todos os nutrientes e compostos bioativos em alimentos serão utilizados de forma eficaz pelo organismo (GARCÍA; LÉRIDA; GÁLVEZ, 2009). Já a bioacessibilidade é definida como a fração de um nutriente que está na matriz do alimento e acaba sendo liberada durante adigestão no trato intestinal, para então ser absorvida e disponibilizada na corrente sanguínea (CARDOSO *et al.*, 2015).

A determinação da biodisponibilidade de compostos é constituída de três etapas. A primeira é a fração do nutriente que será liberada da matriz do alimento, que estará disponível para ser transportada através do epitélio intestinal. A segunda está relacionada ao transporte, onde a fração bioacessível do nutriente será transportada do lúmen para o epitélio intestinal até a linfa e a circulação portal. E, finalmente, a última etapa representa o efeito no qual os nutrientes são metabolizados no epitélio intestinal ou no fígado e será transportada pelo corpo através da circulação sistêmica (OOMEN *et al.*, 2003). Nesse contexto existem duas formas de determinar a quantidade de nutriente e compostos bioativos em um alimento: testes *in vivo* e *in vitro*. Ambas apresentam vantagens e desvantagens, sendo que, para a escolha, deve-se observar qual o propósito da análise, e qual a disponibilidade de material e reagentes.

Os modelos de digestão *in vitro* simulam as condições fisiológicas e os eventos que ocorrem durante a digestão no trato intestinal humano, estes podendo ser classificados como estáticos (amplamente utilizado em diversos estudos) ou dinâmicos (WANG *et al.*, 2021). Os modelos estáticos simulam o processo de digestão, que abrange três áreas do sistema digestivo (boca, estômago e intestino delgado), sendo omitidos os movimentos peristálticos ou a existência da microbiota intestinal (GONZÁLEZ-ARIAS *et al.*, 2013). Os modelos dinâmicos utilizam pH, força iônica e concentrações de enzimas fixas. É indicado quando um grande número de alimentos é submetido à digestão, e se busca identificar os principais parâmetros que podem afetar este processo (MÉNARD *et al.*, 2014). Os principais fatores da simulação que devem ser monitorados são temperatura, velocidade de agitação e composição química e enzimática, que variam desde a saliva até os sucos gástricos, duodenal e biliar (CARDOSO *et al.*, 2015).

Os modelos de digestão *in vitro* são amplamente utilizados para simular o processo de digestão *in vivo*. Estes modelos visam reproduzir as condições fisiológicas, utilizando enzimas digestivas, pH, tempo de digestão e sais biliares similares ao modelo gastrointestinal *in vivo* (MINEKUS *et al.*, 2014)

Os métodos *in vivo*, executados em humanos ou em modelos animais, abrangem três principais técnicas: estudos de balanço, técnicas de respostas plasmáticas e amostragem do lúmen gastrointestinal e técnicas de perfusão intestinal (FAILLA; CHITCHUMROONCHOKCHAI, 2005). Embora sejam bastante relevantes do ponto de vista fisiológico, têm um custo elevado, e a falta de padrões para comparar os dados entre os estudos realizados são considerados pontos fracos para a realização de ensaios *in vivo* (GARCÍA; LÉRIDA; GÁLVEZ, 2009). Por outro lado, os métodos *in vitro* têm se mostrado substitutos de baixo custo para uma avaliação inicial da bioacessibilidade de vários compostos. Assim, os

ensaios podem ser realizados por diferentes métodos, sendo que os modelos mais utilizados para o estudo de características e regulação dos processos associados com a digestão e absorção são a simulação dos processos digestivos, a utilização de células intestinais isoladas ou de segmentos intestinais, e a utilização de vesículas da membrana basolateral (FAILLA; CHITCHUMROONCHOKCHAI, 2005).

Os ensaios *in vitro* possibilitam o fornecimento de informações detalhadas de cada etapa do processo, ou seja, da digestão, da absorção e dos mecanismos de transporte, além de serem menos trabalhosos quando comparados aos ensaios *in vivo*. Entretanto, acabam por não simular o efeito da microflora intestinal e do metabolismo hepático, ou seja, um ambiente dinâmico e real do intestino (GARCÍA; LÉRIDA; GÁLVEZ, 2009). Esses ensaios possibilitam a identificação dos nutrientes na digestão ou compostos bioativos na digestão sob condições de pH e enzimas, e também interações com outros componentes dos alimentos como fibra, carboidratos e lipídios, além de poder realizar um grande número de repetições, logo esses modelos podem ser considerados como técnicas de *screening* (CONSTANT, 2016).

Por fim, a grande diversidade de modelos de digestão *in vitro* desenvolvidos (com variações como: diferenças de enzimas, variação do pH, tempo de digestão, entre outras) impedia a comparação de resultados entre diversos grupos de investigação, já que os resultados eram muito variáveis entre si (MINEKUS *et al.*, 2014). De forma a contornar esta dificuldade, a INFOGEST (COST ACTION INFOGEST FA 1005), reuniu diversos investigadores através de especialistas multidisciplinares (em, por exemplo, ciência alimentar, nutrição, gastroenterologia, engenharia e enzimologia) de mais de 35 países (DUPONT *et al.*, 2011), entre 2011 e 2015, com foco nos problemas da digestão humana dos alimentos. Pretendia-se criar um modelo padrão, que fosse de fácil aplicação e com uma ampla margem de aplicação em diversos estudos, permitindo a comparação de resultados dos mesmos. O método harmonizado propunha três passos principais: fase oral, gástrica e intestinal, mantendo a semelhança com outros métodos de digestão *in vitro* desenvolvidos anteriormente (EGGER *et al.*, 2016), como a de Minekus *et al.* (2014) entre outros. O guia foi publicado em 2019.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DA ARTE SOBRE SUBSTÂNCIAS POTENCIALMENTE BIOATIVAS PRESENTES EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ÊNFASE EM FRUTAS**



## Estado da arte sobre substâncias potencialmente bioativas presentes em plantas alimentícias não convencionais: ênfase em frutas

### Resumo

As frutas e hortaliças contêm diferentes substâncias com ação antioxidante, tais como compostos fenólicos, pigmentos (carotenoides, por exemplo) e vitaminas C e E. Nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estas substâncias, uma vez que evidências apontam a importância das mesmas para a saúde, principalmente humana. Entre as frutas e hortaliças, existe uma classe chamada Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), que são plantas não tão conhecidas, pouco cultivadas e consumidas, mas que apresentam um alto valor nutricional, sendo uma importante fonte de compostos bioativos relevantes, inclusive para a dieta humana. O objetivo deste artigo foi realizar uma prospecção científica e tecnológica para identificar o panorama de estudos e invenções sobre compostos bioativos presentes em frutas consideradas PANCs, com foco em compostos antioxidantes. As buscas foram realizadas nas bases científicas *Scopus*, *Science Direct* e *Scielo*, bem como nas bases de patentes internacional e brasileira Espacenet® e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), respectivamente. Os artigos sobre o assunto em pauta, encontrados nas bases científicas, eram relacionados a estudos com diferentes PANCs, principalmente o fruto juçara e o *physalis*, em que o foco era a determinação de sua composição físico-química e compostos bioativos. Já na busca tecnológica, foram recuperadas patentes sobre o tema de interesse somente no INPI (5, no total), com destaque para dois grupos conforme análise pela Classificação Internacional de Patentes (CIP) (A23 e A01), ambos ligados à alimentação. Observou-se um aumento nos pedidos de patentes de 2015 até fevereiro de 2022, com destaque para 2021, indicando a relevância deste tema no Brasil. Nesse sentido, as principais substâncias identificadas foram os ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides, fitoesteróis e a vitamina C, e verificação de capacidade antioxidante por meio dos métodos de 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH) e 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS). Os principais fenólicos individuais encontrados foram o ácido quinino, o ácido *p*-cumárico, *m*-cumárico e formononetina. A obtenção destas substâncias a partir destas matrizes pode ser útil para aplicações em diversos setores industriais como as indústrias alimentícia, farmacêutica, têxtil e cosmética, assim como reportado nas patentes analisadas. De modo geral, a prospecção científica e tecnológica mostrou que há relatos da presença de substâncias com propriedades potencialmente bioativas – especialmente compostos fenólicos - em PANCs, e, ainda, que estudos nesta área têm potencialidades para serem explorados de forma promissora, visando futuras aplicações.

**Palavras-chave:** vegetais; plantas alimentícias não convencionais; capacidade antioxidante e compostos fenólicos.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de notável biodiversidade, cuja vegetação nativa é uma fonte rica de nutrientes e compostos bioativos, os quais podem ser utilizados em diversas áreas, como na alimentícia, farmacológica, cosmética e afins (CHANG, ALASALVAR, & SHAHIDI, 2016). É o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia (ABRAFRUTAS, 2021). O Ano Internacional das Frutas, Legumes e Verduras (AIFLV) da ONU, em 2021, foi uma oportunidade para destacar a relevância das frutas e hortaliças na dieta, com foco, também, nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ABRAFRUTAS, 2021; NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2021). Em média, a população brasileira consome menos da metade da quantidade de frutas e hortaliças preconizada pelo Guia Alimentar para a População Brasileira, na qual recomenda-se o consumo de 400 gramas diários, refletindo desfavoravelmente nas estatísticas de morbidade e mortalidade da população deste país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

Dentre os produtos vegetais, existe uma classe que vem ganhando destaque no país, que são as plantas alimentícias não convencionais (PANCs). São plantas pouco conhecidas ou que foram esquecidas no decorrer das gerações, e que, por estes motivos, acabaram sendo pouco cultivadas ou produzidas, e, muito menos, consumidas (RANIERI et al., 2017). O termo foi usado pela primeira vez em 2008, pelo Professor Valdely Ferreira Kinupp (KINUPP; LORENZI, 2014). Exemplos de PANCs incluem a ora-pro-nóbis, a capuchinha, a vinagreira e o dente de leão, além de frutos como o araçá do campo, juçara, cambuci e o cambucá, entre outros (MAPA, 2020; CONEXÃO AMBIENTAL, 2021).

De acordo com Kinupp e Lorenzi (2014), as PANCs não costumam ser utilizadas na alimentação humana, nem de forma sazonal, mas apresentam potencialidades para consumo, devido ao seu alto valor nutricional, sendo fonte de compostos bioativos, como flavonoides e antocianinas (KAISOON *et al.*, 2012). Os compostos bioativos são fitoquímicos presentes em frutas e hortaliças, que exercem uma potente atividade biológica, um efeito sinérgico sobre os radicais livres, podendo desempenhar outros papéis, como estimulação do sistema imune, redução da agregação plaquetária, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão sanguínea, ou atividades antibacteriana e antiviral, ocasionando, conseqüentemente, um efeito protetor sobre o organismo, contribuindo, por exemplo, para a manutenção da saúde humana (CARRATU; SANZINI, 2005.; CARDOSO *et al.*, 2011).

As frutas e hortaliças são reconhecidas como fontes de fibras alimentares solúveis e insolúveis, que desempenham um papel importante na alimentação (SCHIASSI *et al.*, 2018).

Também são uma fonte potencial de substâncias com propriedades potencialmente bioativas, especialmente com capacidade antioxidante, como os compostos fenólicos, vitaminas, carotenoides, além de minerais. A investigação sobre os antioxidantes em frutas tem atraído grande interesse devido ao seu potencial na prevenção dos processos degenerativos de câncer, nas doenças cardiovasculares e cerebrovasculares em humanos (ORREGO; SALGADO; BOTERO, 2013).

Muitas espécies de plantas brasileiras, incluindo frutas comestíveis, ainda são em grande parte desconhecidas e não totalmente caracterizadas (ALMEIDA *et al.*, 2017). No Brasil, ainda são escassos os trabalhos científicos sobre as PANCs e a divulgação sobre as mesmas é restrita. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo elaborar uma prospecção científica e tecnológica sobre publicações referentes à investigação de compostos bioativos presentes em frutas consideradas PANCs ou que utilizem o termo em questão, identificando quais foram as descobertas sobre este assunto nos artigos científicos disponíveis em três bases científicas internacionais, bem como as invenções descritas nas patentes depositadas ou em tramitação em bases internacional e brasileira.

## 2 METODOLOGIA

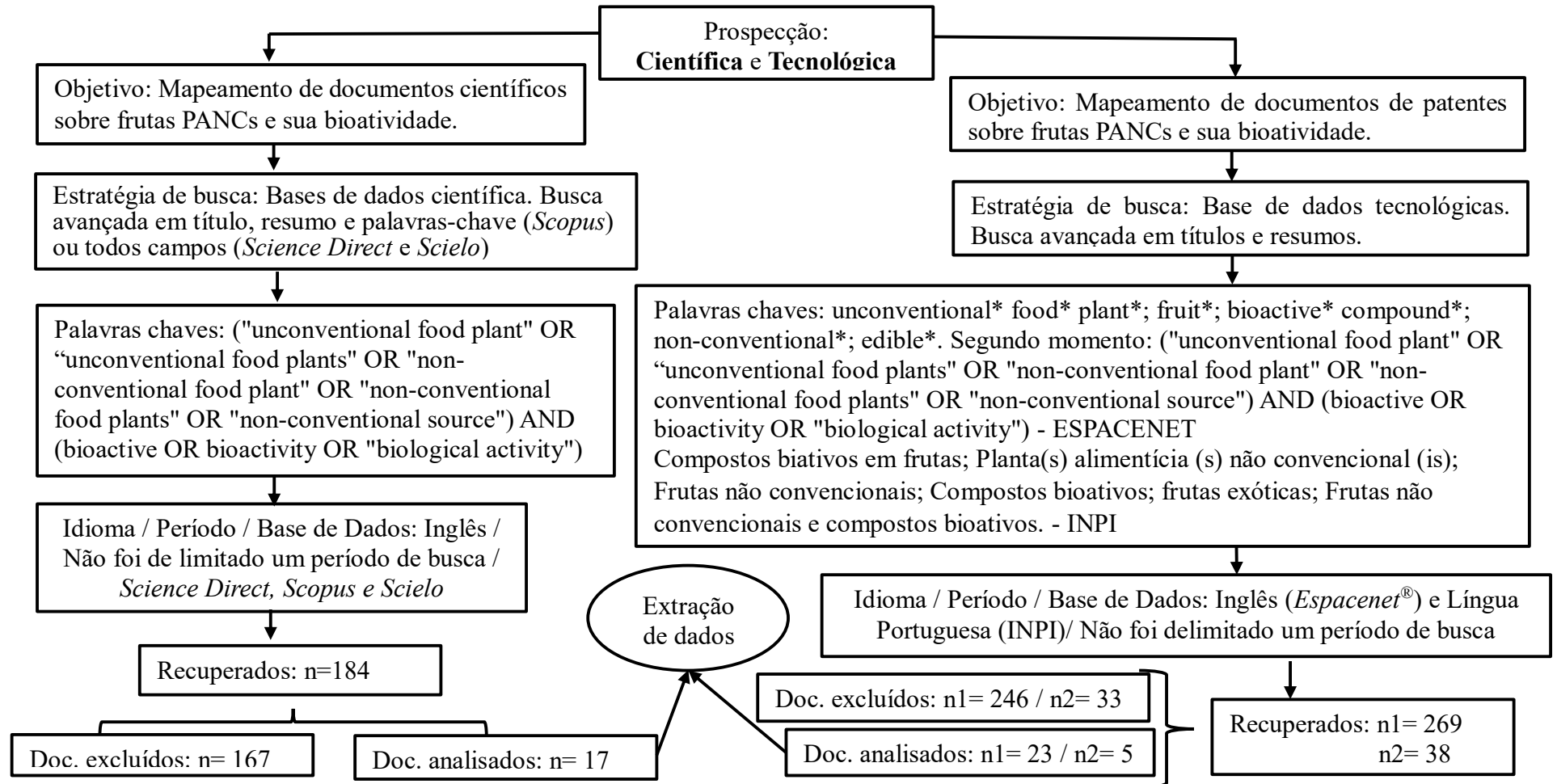
A prospecção científica consistiu em uma busca avançada de publicações nas bases de dados *Science Direct* (busca em todos os campos do artigo), *Scielo* (em todos os campos do artigo) e *Scopus* (título, resumo e palavras-chaves), utilizando-se os termos de busca da Figura 1, selecionados após testes prévios para identificar os termos mais adequados e mais recorrentes nas publicações, sobre o tema em estudo. A busca foi realizada no mês de dezembro de 2022. Não houve delimitação de ano quanto à data de publicação dos mesmos. Foram considerados válidos os artigos que apresentavam os termos de interesse no título e/ou resumo e/ou palavras-chave.

A prospecção tecnológica consistiu em uma busca avançada na plataforma *Espacenet Patent Search* (*Espacenet*®). A pesquisa foi realizada em dezembro de 2022 e não houve restrição quanto ao período das publicações. Os termos utilizados para a busca estão indicados na Figura 1. Foram considerados válidos os documentos em Inglês que apresentavam, no título e/ou resumo, os termos de interesse para este estudo.

Para a busca na base de dados do INPI, foram utilizadas as mesmas palavras-chave citadas acima, porém, na Língua Portuguesa, bem como os mesmos critérios de busca e de

seleção já mencionados. Todos dados foram analisados e as figuras foram elaboradas no *software* Microsoft Excel® 2016.

Figura 1: Fluxograma das etapas da busca realizada nas bases científicas e tecnológicas para a extração dos dados sobre compostos bioativos presentes em frutas consideradas PANCs.



Legenda: n1: *Espacenet*®; n2: *INPI*.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As buscas científicas realizadas nas três bases de dados forneceram as informações apresentadas na Tabela 1.

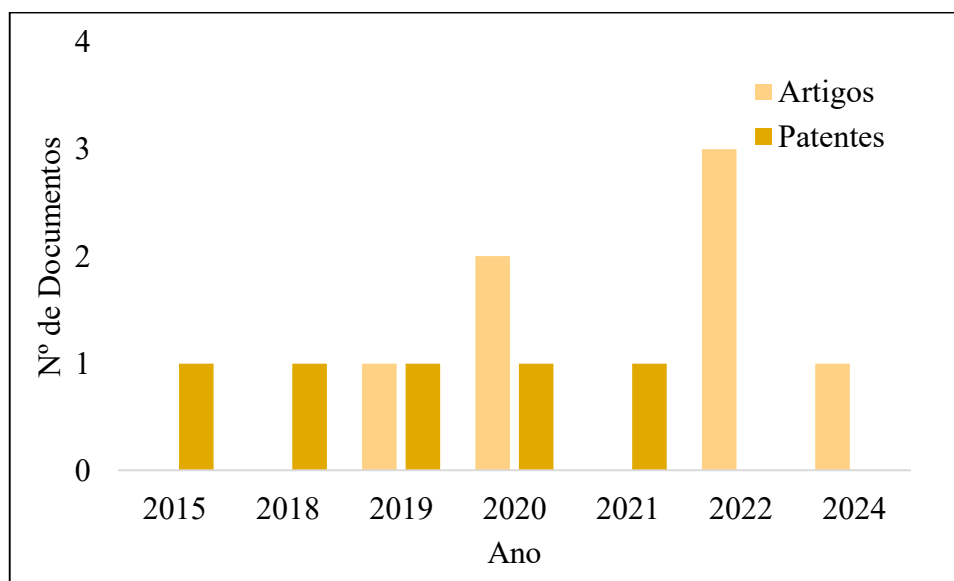
Tabela 1 – Prospecção científica com o total de artigos recuperados em cada base de dados pesquisada usando os termos de busca de interesse para o estudo sobre compostos bioativos em frutas consideradas PANCs.

Palavras-chave	Science Direct	Scielo	Scopus
("unconventional food plant" OR "unconventional food plants" OR "non-conventional food plant" OR "non-conventional food plants" OR "non-conventional source" OR "non-conventional sources") AND ( bioactive OR bioactivity OR "biological activity")	149	2	33

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Após a leitura do título e resumo destes artigos recuperados, chegou-se a um total de 17 artigos selecionados, sendo 6 artigos da base *Science Direct*, 10 da base *Scopus* e 1 da *Scielo*. Quanto à área de publicação, a maioria destes artigos pertence às áreas de concentração de Ciências Agrárias e Alimentos. Após exclusão de um artigo que estava em duplicidade, e depois da leitura dos artigos na íntegra, reduziu-se a quantidade de artigos a 7 (Figura 2).

Figura 2 – Número de documentos de artigos e patentes selecionados sobre frutas consideradas PANCs contendo compostos bioativos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Conforme a Figura 2, podemos observar que teve o surgimento nas publicações sobre o tema de 2019 para cá, porém com nenhuma publicação no ano de 2021, e destaques para os anos de 2020 e 2022 com as maiores publicações. Observou-se um artigo com data de publicação de 2024 (conforme Tabela 2). Os artigos de interesse selecionados foram publicados de 2019 até 2024. Já quanto às patentes, a primeira publicação sobre o assunto ocorreu em 2015 e a quantidade vem mantendo-se com o mesmo número (1 por ano) até o ano de 2021. Maiores informações das patentes estarão descritas mais adiante.

Na Tabela 2, é apresentado um detalhamento dos artigos selecionados, contendo o objeto de estudo (com foco em frutas e também seus derivados), bem como o que foi estudado (processo, análises e outros), o ano de cada publicação, a base científica na qual a mesma foi encontrada e a sua referência.

Tabela 2: Resultados obtidos nos artigos científicos selecionados nas três bases pesquisadas, referentes aos compostos bioativos presentes em diferentes frutas consideradas PANCs ou produtos desenvolvidos a partir das mesmas.

Objeto de estudo	Análises feitas para caracterização	Composição e/ou propriedades da fruta ou produto obtido, com foco nos compostos bioativos	Ano de Publicação	Base científica	Referência
Extratos de <i>Bromelia antiacantha</i>	Perfil fitoquímico de extratos aquosos e etanólicos, atividades antioxidante, antitumoral e citotóxica.	O extrato aquoso exibiu compostos fenólicos e flavonoides, enquanto os extratos etanólicos indicaram a presença de flavonoides e cumarina em sua composição, independente da região de coleta. O extrato etanólico demonstrou um efeito antioxidante mais promissor do que o extrato aquoso e também induziu uma inibição significativa na viabilidade de células de câncer cervical humano da cepa SiHa. Além disso, o tratamento com ambos os extratos não alterou a viabilidade das células não tumorais da linhagem de queratinócitos humanos imortalizados (HaCaT).	2024	<i>Science Direct</i>	RODRIGUES <i>et al.</i> (2024)
Bacupari ( <i>Garcinia brasiliensis</i> (Mart.))	Produção e caracterização de farinhas a partir de seus subprodutos (casca e semente) em dois estágios de maturação.	Farinhas com alto teor de fibra (> 15%) e fonte potencial de proteína (> 5%). Contêm compostos fenólicos, sendo que os majoritários foram quinino ( $\cong 111 \mu\text{g g}^{-1}$ ), ácido <i>p</i> -cumárico ( $\cong 25 \mu\text{g g}^{-1}$ ), ácido cumárico ( $\cong 15 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e formononetina ( $\cong 21 \mu\text{g g}^{-1}$ ),	2022	<i>Science Direct</i>	MELO <i>et al.</i> (2022)
Cabeludinha ( <i>Myrciaria glazioviana</i> ), sapoti ( <i>Manilkara zapota</i> ), pitomba ( <i>Talisia esculenta</i> )*, grumixama amarelo ( <i>Eugenia</i>	Avaliação do potencial antioxidante (DPPH), carotenoides, antocianinas e determinação das características físico-químicas de frutas pouco	A pitomba apresentou elevados teores de sólidos solúveis (24,6° Brix) seguido pela seriguela (15,07° Brix). Quanto à quantidade de açúcares totais, a pitomba apresentou quantidade superior à seriguela (14,93% e 10,14%, respectivamente). Quanto às concentrações de antocianinas e carotenoides, a polpa de seriguela apresentou valores superiores (185,71 e 275,31 $\mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente) à pitomba (57,51 e 13,77 $\mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente). Para compostos fenólicos e capacidade antioxidante realizou-se	2019	<i>Scopus</i>	MENDONÇA, VIEITES. (2019)



<i>brasiliensis</i> var. <i>conventionais</i> brasileiro Leucocarpus) e as seriguela ( <i>Spondias purpúrea</i> )*.		extrações com diferentes solventes (etanol, metanol e acetona a 80%), sendo que a extração com acetona forneceu os melhores resultados (191,41 mg de ácido gálico 100g <sup>-1</sup> polpa e 96,80%, respectivamente) para pitomba, contra (185,85 mg de ácido gálico 100 g <sup>-1</sup> polpa e 96,17%, respectivamente) para a seriguela.			
Biribiri ( <i>Averrhoa bilimbi</i> )	Caracterização física, composição química, vitaminas A e E, carotenoides e minerais.	Expressivos teores de fibras alimentares, vitamina C, ferro, manganês, molibdênio, cromo, zinco e cobre. Baixo teor de lipídios, proteínas e carboidratos, e, conseqüentemente, baixo valor energético total (25,36 kcal 100g <sup>-1</sup> ), também de vitamina E total (17,62 µg 100g <sup>-1</sup> ) e de carotenoides totais (0,32 g 100g <sup>-1</sup> ).	2022	Scopus e Scielo	FERREIRA <i>et al.</i> (2022)
Jaracatiá ( <i>Vasconcellea quercifolia</i> )	Caracterizar a composição nutricional da farinha de frutos verdes do jaracatiá a fim de aplicá-la em um alimento funcional. A farinha foi caracterizada em relação a macro e micronutrientes, fatores antinutricionais, pH, atividade da água e cor.	Esta farinha apresentou teores de carboidratos de 22,31%; proteínas de 9,65%; fibra alimentar dietética de 32,80%; lipídios de 14,95%, dos quais 63,56% são ácidos graxos insaturados, especialmente ácido oleico; e cinzas de 9,10%, com maiores concentrações para potássio, cálcio e magnésio. Portanto, a farinha de <i>V. quercifolia</i> tem características nutritivas e pode ser utilizada como suplemento alimentar.	2022	Scielo	SILVA <i>et al.</i> (2022)
Fisális ( <i>Physalis pubescens</i> L.)	Composição química e física, incluindo substâncias com	A fruta apresenta características ácidas (acidez total titulável 4,8%), 7,30 °Brix, e carboidratos (10,85%) como componente majoritário. A caracterização da polpa e das	2020	Scopus	ZIMMER <i>et al.</i> (2020)

	propriedades potencialmente bioativas (vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos).	sementes da fruta indicou a presença de carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C principalmente na polpa na qual estavam presentes na quantidade de 171,36 µg caroteno g <sup>-1</sup> , 142,83 mg EAG 100g <sup>-1</sup> e 6,07 mg ácido L-ascorbico 100g <sup>-1</sup> respectivamente.			
Frutos de Juçara ( <i>Euterpe edulis</i> Mart.)	Composição proximal, cristalinidade, perfil térmico, morfologia e umidade de equilíbrio; fenólicos totais, teor de antocianinas totais e capacidade antioxidante <i>in vitro</i> .	O bagaço de juçara sem sementes é rico em antocianinas monoméricas (7,19 a 7,23 mg cianidina 3-O-glicosídeo g <sup>-1</sup> matéria seca), apresenta alto potencial antioxidante, fibras dietéticas elevadas (72,7%, bs), quantidade considerável de lipídios (12,8%, bs). Já a semente de juçara é uma fonte rica em carbono (76,91% de fibras, bs); 12,21% de reserva amilácea). Por ser rica em carboidratos, principalmente amido, pode ser classificada como farinha com alto teor de amido.	2020	<i>Scopus</i>	CARPINÉ <i>et al</i> (2020)

---

Obs: \*Plantas consideradas PANCs segundo o livro de Kinupp; Lorenzi, 2014.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Conforme se observa na Tabela 2, entre as matérias-primas utilizadas nos estudos com frutas consideradas PANCs, nos quais foram investigados compostos bioativos, encontra-se a *Bromelia antiacantha*, o bacupari, o biribiri, a jaracatiá, o fisális, a pitomba e a seriguela, e também frutos de juçara. Também foi recuperada outra publicação sobre produção de farinhas a partir de bacupari.

Ainda, segundo a Tabela 2, pode-se verificar que as amostras de frutas investigadas apresentaram capacidade antioxidante, sendo que os principais compostos identificados nestas matrizes foram os compostos fenólicos, em especial os ácidos fenólicos e as antocianinas. Outras substâncias identificadas que podem exercer efeito benéfico e atuar em sinergismo com os compostos fenólicos, é a vitamina C, além da classe de pigmentos dos carotenoides.

Substâncias com propriedades potencialmente bioativas apresentam inúmeros benefícios à saúde. Os compostos fenólicos, por exemplo, possuem ação antioxidante, dentre elas, na remoção de radicais livres e na inibição da formação de espécies reativas durante o metabolismo, assim, previnem a ocorrência de danos nos constituintes celulares, que podem levar a lesões ou morte celular (ZHANG et al., 2008). Sua atividade anticarcinogênica tem sido relacionada à inibição de cânceres como de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

A vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico, não pode ser sintetizada por humanos e outros primatas, e deve ser constantemente reposta pela dieta. Seus benefícios biológicos são vários, é essencial para o bom dobramento e deposição de proteínas de colágeno que dá suporte, forma e volume aos vasos sanguíneos e na cicatrização de tecidos, e desempenha um papel significativo na manutenção da homeostase da enzima da matriz extracelular. Além disso, foi identificada como um regulador crítico da identidade e comportamento das células-tronco que acabam por melhorar a reprogramação celular (D'ANIELLO *et al.*, 2017). Atua como cofator enzimático, aumentando a absorção de ferro (reduzindo-o ao íon ferroso,  $Fe^{2+}$ ), além de ser um potente antioxidante inativando os radicais livres (CERQUEIRA *et al.*, 2007; ARANHA *et al.*, 2000). Por fim, tem um potencial envolvimento no câncer e doenças cardiovasculares, bem como seus efeitos no sistema nervoso e em pacientes com doenças crônicas (GROSSO *et al.*, 2013).

Mais de 650 carotenoides naturais já foram descobertos e catalogados (MERCADANTE; EGELAND, 2004), sendo que frutas, raízes e os vegetais de coloração vermelha, amarela e laranja são ricos nestes pigmentos. O  $\beta$ -caroteno, o  $\alpha$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina são os carotenoides mais estudados, pois comumente exercem a atividade de pró-vitamina A. Basicamente, o  $\beta$ -caroteno, ao ser hidrolisado, dá origem a 2 moléculas de retinol

(Vitamina A), porém ele exerce apenas 50% da sua atividade como vitamina A. Estima-se que mais de 50 carotenoides desempenham essa atividade (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

No corpo humano, a vitamina A exerce diversas funções: é essencial para a diferenciação celular; auxilia na visão, no crescimento ósseo e na reprodução; e, por fim, sua deficiência resulta em anemia (LAYRISSE, 2000). De modo geral, os carotenoides estão associados com a proteção a doenças crônicas, como câncer do cólon e reto, de próstata, de esôfago, de estômago e da cavidade oral (OLSON, 1999).

Entre os artigos inicialmente selecionados, alguns abordavam a composição química e a capacidade antioxidante de amostras de flores, folhas ou caules comestíveis. Apesar de estes estudos focarem na investigação de substâncias com propriedades potencialmente bioativas, estas publicações não foram incluídas na tabela, pois não se referiam ao objeto deste estudo. Dentre os artigos excluídos, um deles investigou o uso de tomate liofilizado, o qual não é considerado uma PANC, já outro artigo comentava sobre a aplicação de tecnologias não convencionais como campo elétrico pulsado, ultrassom e secagem em micro-ondas, em frutos de *cranberry*. Outro artigo abordava o uso de fontes alternativas de alimentos para melhorar a saúde e garantir o acesso e a ingestão alimentar. Por fim, outro artigo abordou um método não convencional de extração de flavonoides em matriz vegetal.

Já quanto aos assuntos estudados nas publicações da Tabela 2, destaca-se a determinação da composição proximal e do perfil de minerais, compostos fenólicos, carotenoides, vitaminas, entre outros; a determinação das características físico-químicas, e a realização de análises microbiológicas e sensoriais. A capacidade antioxidante das amostras também foi avaliada em alguns destes estudos após extração e por meio de métodos analíticos *in vitro*.

Além da busca científica, realizou-se uma busca de documentos de patentes na base *Espacenet*<sup>®</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 – Prospecção tecnológica por patentes na base Espacenet® sobre invenções relacionadas a frutas consideradas PANCs, com foco em compostos bioativos: busca por palavras-chave no período de dezembro de 2022.

<i>Unconventional* food* plant*</i>	<i>fruit*</i>	<i>bioactive* compound*</i>	<i>Non- conventional*</i>	<i>Edible*</i>	Total recuperado
X	X				1.252
	X		X		1.176
			X	X	945
	X	X	X	X	41
	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>126</b>
<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>143</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

As partes em negrito na Tabela se referem às duas combinações de termos para realizar posterior leitura e seleção dos documentos de interesse para o presente estudo.

O número de documentos recuperados havia sido superior quando os termos foram usados de forma individual, como por exemplo 3.480 para *Unconventional\* food\* plant\**, mais de 26 mil para *Non-conventional\** e mais de 1 milhão para *fruit\**. Com a combinação de palavras o número foi reduzido, sendo que a escolha pelos termos usados deve-se ao fato de serem comumente encontrados em artigos sobre o tema. Foram, então, escolhidas duas combinações de termos (em negrito na tabela) para realizar posterior leitura e seleção dos documentos de interesse para o presente estudo.

A combinação dos termos “*non-conventional, bioactive compound AND fruit*” resultou em 126 patentes, enquanto a combinação dos termos “*unconventional food plant, bioactive compound AND fruit*” recuperou 143 documentos, sendo que utilizou-se \* para selecionar também as palavras-chave no plural. Com o total de 269 documentos recuperados, foi realizada uma seleção com base na leitura dos resumos, sendo excluídas deste estudo as patentes que não abordavam frutos ou plantas consideradas PANCs e que não mencionassem a presença de alguma substância com propriedades bioativas. Ao final desta avaliação, foram selecionadas 25 patentes, sendo que 2 delas estavam repetidas, utilizando-se, assim, 23 patentes para uma análise mais minuciosa neste estudo.

Em dezembro de 2022 a busca foi refeita utilizando a seguinte combinação: (“unconventional food plant” OR “unconventional food plants” OR “non-conventional food plant” OR “non-conventional food plants” OR “non-conventional source”) AND (bioactive OR bioactivity OR “biological activity”), na qual obteve-se um total de 6 patentes, destas nenhuma se enquadrava, continuando não obtendo patentes em base internacional relacionadas ao tema.

Após a leitura detalhada das patentes selecionadas, identificou-se que nenhuma atendeu à presente proposta, pois houve a variação da parte da planta utilizada, sendo ela em alguns

momentos o uso do fruto, folha e matriz vegetal, ou então substâncias antifúngicas. Quando observou-se a matriz investigada, identificou-se a descrição do uso de oliva, cacau, canela, cogumelos, alho, biomassa de resíduos alimentares, ervas medicinais, e a elaboração de vinagre de vinho e bebida fermentada, dentre as quais nenhuma envolvia o uso de PANCs. Já os processos descritos estavam relacionados com a extração de diferentes substâncias, de fração bioativa, aditivo alimentar e aromatizador aplicado na obtenção do cacau e na aplicação de um aditivo na forma líquida em especiarias, ao uso de método verde para extração de caroteno, sem uso de solventes que são usualmente aplicados, com o uso do *capsicum* como extrator desses compostos, estes últimos com foco basicamente na descrição de seus métodos.

Realizou-se, ainda, uma busca na base nacional do INPI, cujos detalhes estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Prospecção tecnológica por patentes na base INPI sobre invenções relacionadas a frutas consideradas PANCs, com foco em substâncias com propriedades potencialmente bioativas: busca por palavras-chave em dezembro de 2022.

<i>Compostos bioativos em frutas</i>	<i>Planta(s) alimentícia (s) não convencional (is)</i>	<i>Frutas não convencionais</i>	<i>Compostos bioativos</i>	<i>Frutas exóticas</i>	<i>Frutas não convencionais e compostos bioativos</i>	Total recuperado
			X			210
<b>X</b>						<b>20</b>
		<b>X</b>				<b>09</b>
	<b>X</b>			<b>X</b>		<b>05</b>
						<b>03</b>
					<b>X</b>	<b>01</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

As partes em negrito na Tabela se referem ao uso do termo para realizar posterior leitura e seleção dos documentos de interesse para o presente estudo.

Na base do INPI, na primeira busca utilizando o termo compostos bioativos, foi possível recuperar 210 patentes, com o uso de combinações. Como pode ser visto na Tabela 4, o número foi reduzido a 20 para compostos bioativos em frutas, 05 para frutas exóticas, 03 para planta alimentícia não convencional (utilizando os termos no singular e plural), 09 para frutas não convencionais e 01 para frutas não convencionais e compostos bioativos. O uso da expressão “fruta exótica” foi necessário visto que, em uma patente, verificou-se que foram utilizadas 5 frutas consideradas exóticas, sendo que duas delas são consideradas PANCs. Na Tabela 5, é possível observar com maior detalhe as patentes selecionadas na base do INPI e suas principais características.

Tabela 5: Informações mais relevantes das invenções descritas nas patentes selecionadas na base INPI, referentes aos compostos bioativos presentes em diferentes frutas consideradas PANCs ou produtos desenvolvidos a partir das mesmas.

Nº da Patente	País	Ano de publicação	Título	CIP	Objeto de Estudo	Método/produto e tecnologia usada e teores de substâncias potencialmente bioativas (quando aplicável)
BR 10 2020 006872 5 A2	Brasil	2021	Molho tipo <i>barbecue</i> à base de goiaba, acerola e tamarindo*.	A23L 27/60; A23L 19/00	Molho à base de Tamarindo	As formulações foram submetidas a tratamento térmico (100 °C por 3 minutos) seguidas de envase <i>hot-fill</i> , resfriamento, rotulagem e refrigeração. Posteriormente, as formulações foram caracterizadas quanto aos aspectos físico-químicos, compostos bioativos, reológicos e sensoriais.
BR 10 2016 021263 4 A2	Brasil	2020	Molho agridoce à base de fruta(s) e hortaliça(s) não-convencional(is) e seu processo de obtenção.	A23L 27/60; A23L 23/00; A23L 19/00	Molho agridoce	Elaborado sob tecnologia adequada que consiste em pesagem, homogeneização dos ingredientes, aplicação de tratamento térmico, resfriamento e envase (embalado) a quente ou não e armazenamento sob refrigeração ou à temperatura ambiente.
PI 1106027-1 B1	Brasil	2013 com concessão em 2019	Processo de fabricação de passas de <i>Physalis peruviana</i> desidratada osmoticamente.	A23B 7/02 ; A23L 19/00	Passas de Fisális	Esta invenção compreende duas etapas: promover o aproveitamento e consumo da fruta durante o ano todo, através de produtos concentrados, compactos com estabilidade no armazenamento e facilidade de transporte. E o desenvolvimento de um produto com valor agregado por ser uma fruta rica em vitaminas, sais minerais e compostos bioativos similar ao <i>in natura</i> .
BR 10 2017	Brasil	2018	Potencial antimicrobiano de	A01N 65/00;	Resíduos de frutas	Avaliação <i>in vitro</i> do potencial antimicrobiano de extratos de resíduos de frutas exóticas frente às

001368 5 A2	extratos de resíduos de frutas exóticas (tamarindo* ( <i>Tamarindus indica</i> ), granadilla ( <i>Passiflora ligularis</i> ), noni* ( <i>Morinda citrifolia</i> ), dekopon ( <i>Citrus reticulata</i> 'Shiranui'), sapoti ( <i>Manilkara zapota</i> ), tamarillo* ( <i>Solanum betaceum</i> ) e mirtilo ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )).	A01N 65/20; A01N 65/08; A01N 65/36; A01N 65/38; A01N 65/16	(cascas e sementes). bactérias patogênicas <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> e <i>Salmonella enteritidis</i> .
BR 10 Brasil 2015 2013 032164 8 A2	Processo para obtenção de suco probiótico líquido e desidratado extraído a partir do grão de juçara.	A23L 2/02; A23L 2/08	Suco Esta invenção descreve um processo para extração de probiótic suco probiótico das frutas da Juçara, com uma o do grão composição química rica em compostos bioativos e de juçara elevada capacidade antioxidante.

---

Classificação Internacional de Patentes (CIP) \* Plantas consideradas PANCS segundo o livro de Kinupp; Lorenzi, 2014.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

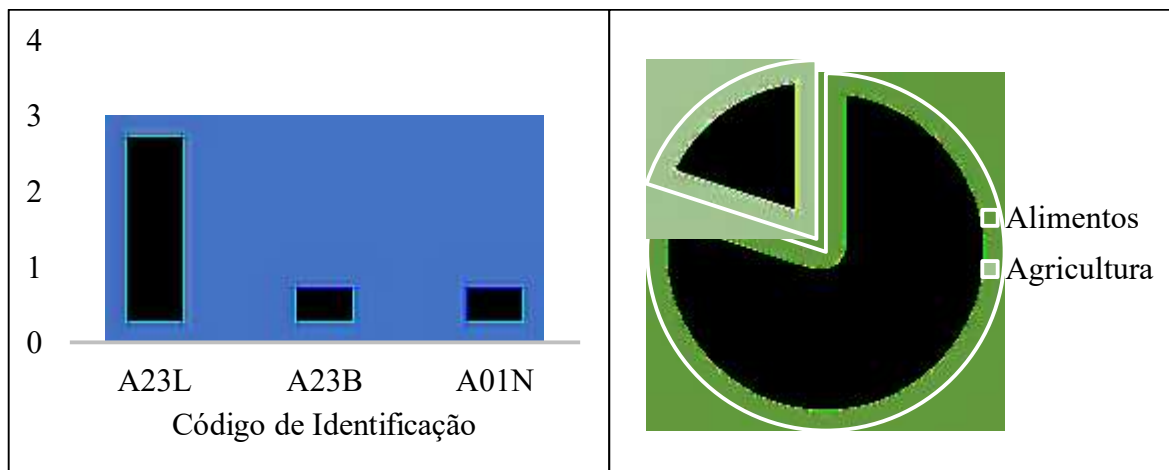


Nas 5 patentes apresentadas na Tabela 5, foram abordadas inovações ligadas a molhos que utilizam frutas ou hortaliças não convencionais, a fabricação de um produto desidratado osmoticamente bem como um suco probiótico, e por fim o uso de resíduos de frutas como potencial antimicrobiano. Os processos descritos para a obtenção envolviam extração e tratamento térmico, e a reutilização de resíduos também foi abordada, sendo que as substâncias identificadas apresentaram principalmente capacidade antioxidante. Ao verificarmos as inovações e os processos relacionados às substâncias potencialmente bioativas presentes em PANCs, foram encontradas diversas formulações alimentícias, filmes antimicrobianos, dentre outros.

De um total de 38 patentes selecionadas após leitura detalhada do título e da descrição da mesma, foram excluídas 33 por não se tratarem do assunto voltado ao presente estudo, por exemplo geleias, gelados comestíveis (sorvete), doce em pasta, molho de frutas, vinhos tipo espumante, obtenção de bebida tipo *smoothie* e gelo aromatizado, nos quais não foram utilizadas frutas consideradas PANCs. Outras patentes estavam ligadas a formulações medicinais e cosméticos, biofilmes, a tratamento pré-colheita e recipiente. Dentre elas, houve uma patente que abordava o uso das palavras mais assertivas na busca que foi planta alimentícia não convencional, mas a mesma acabou sendo excluída pois se tratava de um tempero seco derivado de PANCs (*Hibiscus sabdariffa* e *Talinum paniculatum*), na qual se utilizava uma farinha provinda das folhas e dos caules.

Na Figura 3, está apresentada a CIP bem como a área de pesquisa das patentes selecionadas.

Figura 3 – O gráfico da esquerda apresenta a frequência de códigos de identificação das patentes relacionadas com as PANCs, de acordo a Classificação Internacional de Patentes (CIP), e o gráfico da direita apresenta o percentual de publicações por área de pesquisa, conforme patentes da base INPI.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A23L – Alimentos, gênero alimentícios ou bebidas não alcoólicas não abrangidas nas subclasses A21D ou A23B – A23J sua preparação ou tratamento; A23B – conservas: carnes, peixes, ovos, frutas, vegetais, sementes e comestíveis; amadurecimento químico de frutas ou vegetais; produtos conservados, amadurecidos ou enlatados; A01N – conservação de corpos humanos ou animais ou plantas ou partes dos mesmo; biocidas como desinfetantes, como pesticidas ou herbicidas; repelentes ou atrativos de pragas; reguladores de crescimento de plantas.

A avaliação das patentes pelo CIP indica que houve predominância de duas áreas: a A23, relacionada a 4 patentes (representando 80% do total), que se refere à área de Alimentos e Tabaco; e a A01, que representa 01 patente (20% do total), e que tem relação com a Agricultura. As patentes destas áreas são categorias pertencentes às necessidades humanas. De forma geral, pode-se verificar que todas as patentes estão ligadas à área de alimentos. Por fim, analisou-se quanto aos depositantes das patentes selecionadas, e verificou-se que as 5 patentes estão relacionadas com Universidades públicas.

#### 4 CONCLUSÃO

Os artigos científicos e as patentes investigadas mostram que os estudos e as invenções sobre substâncias potencialmente bioativas presentes em frutas consideradas PANCs são recentes e têm apresentado crescimento desde 2015. As publicações foram principalmente na caracterização das substâncias presentes nas diferentes matrizes, envolvendo a determinação da composição proximal, do perfil químico, das características físicas, físico-químicas e sensoriais das frutas inteiras, ou de suas polpas, cascas e sementes. A maioria das investigações focou na determinação da capacidade antioxidante das amostras, ou, ainda, na sua atividade

antimicrobiana, o que indica sua possibilidade de inserção nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética, dentre outras. A aplicação de frutas consideradas PANCs já é relatada, embora seja incipiente e limitada. Logo, é possível notar uma grande lacuna do conhecimento científico e tecnológico a respeito das PANCs disseminadas no território brasileiro. Por fim, incentivar a proteção de suas tecnologias se torna fundamental para gerar um desenvolvimento tecnológico favorável para o país.

### **CAPÍTULO 3**

**CONHECENDO AS PROPRIEDADES BIOATIVAS DE UMA PANC NATIVA DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA, CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E DIGESTÃO *IN VITRO* DA POLPA, DA CASCA E DAS SEMENTES DO FRUTO DO GRAVATÁ**

## RESUMO

O gravatá (*Bromelia antiacantha* Bertol) é uma fruta nativa do Brasil, sendo reportada sua incidência principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e também nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa espécie apresenta um grande potencial de uso, seja ornamental, industrial, alimentício e farmacêutico. Os dados sobre a composição da sua polpa e resíduos do despulpamento (casca e sementes), entretanto, são escassos, embora fundamentais para sua caracterização e conhecimento sobre suas potencialidades nutricionais e bioativas. O objetivo deste estudo foi determinar a composição físico-química e química, os compostos fenólicos e flavonoides totais, a capacidade antioxidante *in vitro*, bem como o perfil fenólico presente nas frações polpa, casca e sementes do gravatá. Realizou-se um teste com duas concentrações de solvente de extração, a saber: razão solvente etanol: água de 70:30 e 80:20 (v/v). Também foram realizados ensaios de digestão *in vitro* para a avaliação do perfil dos compostos fenólicos presentes no gravatá e da capacidade antioxidante do seu extrato hidroetanólico. Quanto à composição físico-química e química, a polpa e a casca apresentaram alta umidade (superior a 72 g 100g<sup>-1</sup>), teor de fibra alimentar maior do que 5 g 100 g<sup>-1</sup>, teor de SST acima de 16 °Brix, e o pH ficou próximo a 4, classificando as partes do fruto como ácidas. Já quando observado pela semente, mesmo sendo a parte com menor rendimento, possuiu destaques, tendo as maiores concentrações de fibra alimentar (49,05 g 100g<sup>-1</sup>), carboidratos totais (16,99 g 100g<sup>-1</sup>), proteínas (8,40 g 100g<sup>-1</sup>), e valor energético maior se comparado às demais partes (107,59 kcal 100g<sup>-1</sup>). Para o teor de fenólicos totais (CFT) e análises de DPPH, ABTS e FRAP, os valores encontrados foram muito próximos para as duas concentrações de solventes testadas, por esse motivo optou-se por trabalhar e analisar a concentração com menor quantidade de etanol (etanol:água 70:30, v/v). Como resultados, o CFT da casca foi maior, seguido pela polpa e semente (173,98 ± 3,47; 138,74 ± 3,11 e 105,47 ± 4,11 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) 100g<sup>-1</sup>, respectivamente). Já para os flavonoides, o teor encontrado na semente foi maior, seguido pela polpa e casca (155,82 ± 5,75; 28,71 ± 1,39 e 26,93 ± 0,00 mg de equivalentes de catequina (EC) 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente). Para ABTS e DPPH, o teor da polpa foi maior, seguido de semente e casca (675,56 ± 18,73 e 899,33 ± 23,23; 554,44 ± 29,64 e 848,38 ± 10,03; e 337,22 ± 32,16 e 425,05 ± 32,49 µmol TEAC 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente), e pelo método FRAP, a casca foi maior seguida pela semente e polpa (426,58 ± 17,02; 150,21 ± 8,83 e 92,03 ± 8,40 µmol TEAC 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente). Quanto ao perfil de fenólicos, na polpa obteve-se em maior concentração os ácidos p-cumárico, ferúlico e cafeico (486,15; 408,90 e 297,25 µg 100 g<sup>-1</sup> respectivamente), para a casca obteve-se em maior concentração a rutina, o ácido clorogênico, o ácido cafeico e o ácido ferúlico (1368,15; 405,80; 274,00 e 273,90 µg 100 g<sup>-1</sup> respectivamente) e na semente as maiores concentrações foi a catequina, a epicatequina, a rutina, o ácido ferúlico e o ácido cafeico (547,70; 522,70; 474,35; 394,85 e 221,70 µg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente). A presente pesquisa permitiu levantar informações sobre a composição química, bioquímica e bioativa do gravatá, contribuindo para agregar valor às partes deste fruto após seu despulpamento, e incentivando a utilização do mesmo como opção para uma alimentação saudável, e até mesmo para utilização para outras finalidades, como na indústria de cosméticos e fármacos.

**Palavras-chave:** Compostos fenólicos; Flavonoides; Digestão *in vitro*.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do mundo, atualmente, é produzir alimentos para uma

população em constante crescimento, e quando falamos especificamente em frutas, o Brasil é um dos principais produtores do mundo (COUTO, 2015; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016). As frutas são fundamentais para a nutrição humana devido à sua composição físico-química e química, com a presença de substâncias biologicamente ativas que oferecem benefícios comprovados à saúde. Nesse sentido, o mercado brasileiro destes vegetais cresceu devido à alta procura da população por alimentos nutritivos, ricos em compostos bioativos, como os compostos fenólicos, carotenoides e vitaminas (CARNEIRO, 2016). Sabe-se, no entanto, que existem diversos desafios econômicos, sociais e culturais para garantir alimentos em quantidade e qualidade para a população. Uma maneira de contornar tais problemáticas é a valorização de resíduos do processamento de frutas, que são comumente descartados, mas que podem ser incluídos na dieta humana, tais como casca e sementes (SACHS, 2015).

Uma maneira de evitar o desperdício é a utilização de todas as partes dos alimentos, que acabam sendo desperdiçadas, mas que contêm quantidades consideráveis de nutrientes relevantes (MARQUES *et al.*, 2008). Rocha *et al.* (2008), em seu estudo com cascas, talos e folhas, afirmam que estes resíduos podem ser fontes de fibras alimentares e lipídios. Nesse contexto, a valorização integral das matérias-primas, dentre elas, frutas e resíduos do seu processamento, se encaixam no conceito de economia circular, que é um modelo de produção e de consumo que tem como foco alargar o ciclo de vida dos mesmos, reduzindo o desperdício e maximizando seus benefícios (PARLAMENTO EUROPEU, 2020).

Nesse sentido, podemos destacar o gravatá (*Bromelia antiacantha* Bertol), uma fruta nativa principalmente da região sul do Brasil, sendo reportado registros do seu cultivo nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já foi verificada sua incidência nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (FILIPPON *et al.*, 2011). Essa espécie apresenta um grande potencial de uso em diferentes áreas (FILIPPON *et al.*, 2012). Apresenta em sua composição substâncias importantes como compostos fenólicos, vitamina C, carotenoides e ácidos graxos essenciais, além de apresentar atividade antioxidante (KRUMREICH *et al.*, 2015). O gravatá também apresenta propriedades terapêuticas, sendo relatado seu uso em tratamentos anti-helmíntico, antitussígeno e no tratamento de cálculos renais (REITZ, 1983).

Estudos apontam que essas propriedades benéficas do gravatá estão diretamente relacionadas à presença de compostos fenólicos, devido principalmente à alta atividade antioxidante dos mesmos, atuando no estresse oxidativo, protegendo o organismo dos danos causados pelos radicais livres (BATISTA *et al.*, 2018). Também exibem várias propriedades fisiológicas, como atividades antitumorais, anti-inflamatórias, antidiabéticas e cardioprotetoras

(ABBASZADEH *et al.*, 2019; PÉREZ *et al.*, 2019). Uma maneira de avaliar as propriedades benéficas do gravatá é por meio de ensaios de digestão *in vitro* ou simulação gastrointestinal *in vitro*.

A simulação gastrointestinal *in vitro* é uma ferramenta valiosa para investigar o efeito da digestão sobre a bioacessibilidade de diferentes substâncias de interesse nutricional, dentre elas, os compostos fenólicos, obtendo dados essenciais para apoiar afirmações de relevância biológica para a saúde humana. A bioacessibilidade pode ser definida como a fração de um composto ou espécie que é liberada da matriz para o trato gastrointestinal e, assim, torna-se disponível para a absorção intestinal (CARDOSO *et al.*, 2015). Este parâmetro contribui para avaliar a qualidade nutricional de um nutriente ou composto bioativo, incentivando o desenvolvimento de alimentos com alegações de propriedades funcionais (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZGÁLVEZ, 2009).

Assim, este estudo objetivou a caracterização físico-química e química da polpa, da casca e das sementes de gravatá, com a quantificação dos compostos fenólicos totais e dos flavonoides totais, a identificação dos compostos fenólicos individuais e a determinação da capacidade antioxidante das amostras. Verificou-se, ainda, o efeito da digestão *in vitro* sobre a quantidade, a composição e a capacidade antioxidante das amostras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL

As amostras de gravatá foram colhidas em uma comunidade particular de Barra do Tigre, na linha Mandorim localizada no interior da cidade de Concórdia – SC, Brasil, com as coordenadas geográficas a seguir: latitude 27° 16'03.2"S e longitude 51° 51'53.6"W (-27.267559; -51.864875). Os frutos foram colhidos, transportados e imediatamente processados na primeira semana do mês de maio de 2021.

O tratamento inicial do fruto ocorreu no laboratório de embalagens do Instituto Federal Catarinense *campus* Concórdia (Santa Catarina, Brasil). Inicialmente, as bagas de gravatá foram cuidadosamente inspecionadas quanto a contusões e danos por compressão e apenas aqueles sem defeitos visuais e uniformes foram selecionados para processamento. Na Figura 1, à esquerda, tem-se os frutos após a sanitização, e à direita, os frutos separados e embalados a vácuo para congelamento e uso posterior.

Figura 1: Processamento inicial para higienização (foto à esquerda) e envase (foto à direita) das amostras de gravatá.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após o processo de higienização dos frutos, com o uso de solução com hipoclorito de sódio a 1 ppm por 15 minutos, ocorreu o enxágue com água corrente e colocou-se na mesa para uma seleção. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em embalagens de alta barreira aos gases, composta de multicamadas de polietileno e poliamida (dimensões de 30 x 25 cm e espessura de 900 micrômetros) e processadas na seladora a vácuo Selovac 4860. As amostras foram mantidas em freezer, para uso posterior.

Os reagentes empregados nas análises deste estudo eram de grau analítico ou cromatográfico, conforme o requerimento das análises.

## 2.2 EXSICATA

Todos os estudos científicos com plantas pouco conhecidas e exploradas comercialmente, necessitam que uma amostra do material (chamada "exsicata") seja depositada em herbário, para que a espécie possa ser verificada a qualquer tempo (Figura 2). Para isso, uma muda inteira e folhas inteiras do gravatá foram coletadas com cuidado, para garantir a coleta adequada da base da folha, sendo que também foram coletados frutos e o cacho da planta. Após a coleta, o material foi enviado para o Herbário Flor da Universidade Federal de Santa Catarina, para identificação. Preencheu-se uma ficha com todas as informações sobre a coleta, como: local, coordenadas geográficas, descrição do ambiente, data da coleta, nome da pessoa que coletou, características da planta que não serão visíveis após secagem. O processamento das amostras da planta, que envolveu secagem e prensagem do material, bem como a



digitalização no sistema, foram realizados pela equipe do Herbário Flor da UFSC. O nº da exsicata para consulta é FLOR0071860. Na Figura 2A, estão apresentadas as folhas e os flores secas, bem como a identificação realizada pelo Herbário Flor; já na Figura 2B, é possível observar uma folha da planta com a identificação (dados) levantada pelo autor, bem como os dados catalogados pelo Herbário.

Figura 2: Exsicata da planta do gravatá. A) A foto apresenta folhas e flores secas, bem como a identificação realizada pelo Herbário Flor; B) A foto indica uma folha da planta com a identificação (dados) levantada pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 2.3 PROCESSAMENTO DA FRUTA: DESPOLPAMENTO

Antes do processamento do gravatá, foram determinadas as dimensões e a massa do fruto. Para isso, com o auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), 100 bagas foram medidas em diâmetro longitudinal e transversal. Posteriormente, os frutos inteiros foram pesados em balança analítica de precisão da marca Shimadzu modelo AY220 para o cálculo da média de massa. Em seguida, foram abertos de forma manual com uma faca afiada de aço inoxidável, para a separação da polpa, da casca e das sementes. Cada fração obtida foi pesada individualmente utilizando-se balança analítica de precisão, e o cálculo do teor de polpa, casca e semente ( $n = 25$ ) ocorreu da seguinte forma: durante o despulpamento, foi feita a separação das três partes, seguido da pesagem de cada uma delas, sendo que os resultados foram expressos

em gramas, para o cálculo da proporção de cada fração. Cabe salientar que, durante o corte do fruto, ocorreu a perda do sumo, o que provocou uma diferença de massa, após o despulpamento.

Em seguida, tanto a polpa quanto as cascas foram trituradas separadamente em mini processador doméstico (Vicini Di casa, EPV-86, China) até a completa homogeneização; já a semente foi seca em estufa (100 °C por 1 hora) e triturada manualmente com auxílio de almofariz e pistilo. Algumas amostras foram analisadas imediatamente e outras foram envasadas e congeladas em freezer até o uso.

## 2.4 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

A composição proximal da polpa, da casca e das sementes foi determinada conforme descrito pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) (2010). Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os valores estão apresentados como a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. A umidade foi determinada mediante secagem direta em estufa de acordo como método oficial nº 934.01 (AOAC, 2010). Em cadinhos, cada amostra com aproximadamente 5 g de amostra foi levada à estufa a 105 °C e mantida até massa constante. Para a determinação das cinzas, utilizou-se o método oficial nº 942.05 (AOAC, 2010). Amostras com aproximadamente 2 g foram pesadas em cadinhos previamente preparados. Posteriormente, as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C, até calcinar obtendo-se cinzas da cor branca, resfriada em dessecador até o momento da pesagem. A determinação de proteína bruta foi realizada através da determinação da quantidade de nitrogênio presente por Kjeldahl, e seguiu-se o método oficial nº 991.20 (AOAC, 2010). O experimento foi feito em três etapas: digestão, destilação e titulação (fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25). A análise das amostras para a determinação de lipídios totais foi feita por meio de extração a quente das amostras com éter de petróleo de acordo com o método oficial nº 920.85 (AOAC, 2010). As fibras totais, solúveis e insolúveis foram determinadas pelo método enzimático gravimétrico nº 992.16 (AOAC, 2010). Para esta análise, as amostras foram previamente secas e moídas, sendo que, devido ao baixo teor de lipídios (menor do que 10%), não foi necessário desengordurá-las. O teor de carboidratos totais foi determinado conforme resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003 item 3.3.3, que determina que o cálculo destes nutrientes pode ser realizado pela diferença entre 100 e a somatória do teor de proteínas, fibra alimentar, lipídios, umidade e cinzas, sendo o resultado expresso em % mássico. Todos os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos com média  $\pm$  desvio padrão (g 100g<sup>1</sup>).

O valor energético total foi calculado conforme resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003 item 3.3.1, que define que deve ser calculado utilizando-se os seguintes fatores de conversão: proteínas 4 kcal g<sup>-1</sup>, lipídios 9 kcal g<sup>-1</sup> e carboidratos (exceto polióis) 4 kcal g<sup>-1</sup>, sendo que o resultado foi expresso na forma de quilocalorias (kcal) por 100 g (BRASIL, 2003).

## 2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E FÍSICAS

O potencial hidrogeniônico (pH) da polpa e da casca foi determinado em pHmetro de acordo com o método nº 981.12 da AOAC (2010) na proporção de 1:10, m/v (5 g de amostra e 50 mL de água destilada) com o uso do equipamento Tec 7 (Tecnal, Piracicaba/SP, Brasil). Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados de acordo com o método refratométrico nº 932.12 (AOAC, 2010). Para isso, colocou-se a amostra entre os prismas de refratômetro digital marca Pal- BX/RI (Atago, Tóquio, Japão), e os resultados obtidos foram expressos em °Brix. A determinação da acidez total titulável foi realizada conforme o princípio de solução potenciométrica do método 310/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por meio da titulação de solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, utilizando como indicador a fenolftaleína a 1%, na proporção volumétrica de 1:5 (10 mL de amostra e 50 mL de água destilada).

A atividade de água ( $a_w$ ) foi determinada utilizando-se um higrômetro eletrônico modelo AquaLab 4TE (Decagon Devices, Pullman WA). As amostras de polpa, casca e sementes foram colocadas em cubetas plásticas para a leitura automática do aparelho previamente calibrado. A avaliação da cor foi realizada na polpa, na casca e na semente do fruto, com o uso do colorímetro Chroma Meter, CR-400 (Konica Minolta®, Ozaka, Japan), previamente calibrado, segundo o método descrito pela AOAC nº 978.18 (AOAC, 2000), que tem por objetivo avaliar a cor em números. A cor foi medida automaticamente, com a determinação das coordenadas L\* (luminosidade, variando de 0 para o preto e 100 para o branco), a\* (verde quando negativo e vermelho para positivo) e b\* (azul quando negativo e amarelo quando positivo).

Todos os experimentos foram realizados nas diferentes partes do fruto (polpa, casca e semente) em triplicata e os resultados foram expressos como média ± desvio padrão.

## 2.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E INDIVIDUAIS, FLAVONOIDES TOTAIS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

### 2.6.1 Obtenção dos extratos

As amostras foram submetidas a um preparo prévio para a obtenção de extratos visando posterior determinação de compostos fenólicos totais e individuais, flavonoides totais e capacidade antioxidante *in vitro*. Inicialmente, polpa e casca foram liofilizadas em liofilizador (LIOTOP L101), na qual foram colocadas em placas de petri plásticas envolvidas por papel alumínio e deixadas por 48 horas consecutivas sob temperatura de -52 °C e uma pressão conforme manual do equipamento.

Em seguida, foi feita a extração dos compostos de interesse, a partir das amostras liofilizadas e das sementes secas e moídas. Nesta etapa, os solventes de extração utilizados foram etanol e água, seleção baseada em sua polaridade e na sua atoxicidade (solventes ambientalmente amigáveis). As razões testadas de etanol:água para a obtenção dos extratos foram de 80:20 (v/v) e 70:30 (v/v). A proporção de sólido: solvente foi padronizada em 1:10 (m/v). As amostras foram extraídas utilizando o método de agitação em vórtex da marca Kasvi Basic (K45-2820, Porto Alegre, Brasil), em uma velocidade de rotação de 2800 rpm e o tempo de extração foi padronizado em 5 min.

Os extratos obtidos utilizando-se as duas misturas hidroalcoólicas foram filtrados usando um filtro de seringa PTFE de 0,45 µm. Os extratos foram então analisados para determinar os compostos fenólicos totais, flavonoides totais e a capacidade antioxidante *in vitro* por DPPH, ABTS e FRAP. Todas análises foram realizadas em triplicata e os valores foram apresentados como média ± desvio padrão, e coeficiente de variação (CV).

### 2.6.2 Determinação dos compostos fenólicos totais (CFT)

Para a determinação dos compostos fenólicos totais dos extratos, utilizou-se o método descrito por Singleton e Rossi (1965). Uma alíquota de 500 µL da solução do extrato corretamente diluída foi misturada a 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu a 2 mol L<sup>-1</sup>. Após 5 minutos, adicionou-se 2 mL de solução aquosa de carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a 7,5%. A mistura foi incubada a 25 °C por 1 hora e a absorbância (de cor azul) foi medida a 760 nm com um espectrofotômetro. Os compostos fenólicos totais foram determinados a partir da curva padrão de ácido gálico, na faixa de 0 a 100 mg L<sup>-1</sup>. A análise foi realizada em triplicata e os

resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra (mg EAG 100g<sup>-1</sup>).

### 2.6.3 Quantificação de flavonoides totais

A quantificação do teor de flavonoides totais dos extratos seguiu o método de Dewanto *et al.* (2002). Uma alíquota de 250 µL da solução do extrato corretamente diluída foi misturada com 1,25 mL de água deionizada e com 75 µL de solução aquosa de nitrito de sódio (NaNO<sub>2</sub>) a 5% (m/v). Após 6 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 150 µL de solução aquosa de cloreto de alumínio (AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) a 10% (m/v) e esta mistura ficou em repouso por 5 minutos à temperatura ambiente. Depois, adicionou-se 500 µL de solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L<sup>-1</sup> e 2,5 mL de água deionizada. A solução foi agitada e a absorbância foi lida em 510 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de catequina por grama de fruto fresco (mg CA g<sup>-1</sup> fruto fresco).

### 2.6.4 Capacidade sequestradora do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

Seguiu-se o método de DPPH descrito por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995), por espectrofotometria, de modo a avaliar a capacidade dos antioxidantes presentes nas amostras em sequestrar o radical estável 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH). Primeiramente, uma alíquota de 100 µL da solução do extrato foi diluída e misturada a 3,9 mL de solução metanólica de DPPH 60 mM. Agitou-se a mistura, a qual foi incubada a 25 °C por 60 minutos em ausência de luz. O decréscimo da absorbância foi medido a 510 nm. A capacidade de sequestro de radical DPPH foi calculada de acordo com a Equação 1. A análise foi realizada em triplicata e os resultados, expressos como a média ± desvio padrão de inibição do radical DPPH.

$$\%DPPH = \frac{A_0 - A_1}{(A_0)} \times 100 \quad (1)$$

Onde, A<sub>0</sub> é a absorbância do controle e A<sub>1</sub> é absorbância no extrato, respectivamente.

### **2.6.5 Capacidade antioxidante pelo método de redução do radical ABTS [2,2' - azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)]**

A capacidade de sequestro do radical  $ABTS^+$  foi determinada conforme Re *et al.* (1998). O radical  $ABTS^+$  foi gerado por uma reação do ABTS em solução aquosa a 7 mM/L com o persulfato de potássio ( $K_2S_2O_8$ ) a 2,45 mM/L. A mistura foi de 1:1 (v/v) das soluções que foram agitadas e ficaram de repouso por 16 horas, ao abrigo da luz (escuro) em temperatura ambiente (30°C), sendo ajustado a absorbância de 734 nm para 0,700 de etanol. Então, 15  $\mu$ L da solução do extrato foi misturada com 1,485 mL da solução de  $ABTS^+$  previamente preparada, agitou-se a mistura e ficou em repouso por 1 minuto no escuro. Passado este tempo, a absorbância foi imediatamente medida a 734 nm. A análise foi realizada em triplicata e os resultados foram expressos em mmol de equivalente Trolox por 100 g de amostra ( $mmol ET 100g^{-1}$ ).

### **2.6.6 Potencial antioxidante redutor férrico (FRAP)**

O poder de redução das amostras foi determinado de acordo com o método proposto por Rufino *et al.* (2006). O reagente FRAP foi preparado a partir da mistura, na seguinte ordem: tampão acetato de sódio 0,1 mol/L (pH 3,6), solução de TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) 10 mol/L e solução de cloreto férrico 20 mmol/L, na proporção 10:1:1 (v/v/v), respectivamente. Para cada diluição, uma alíquota recém preparada de 90  $\mu$ L será misturado a 270  $\mu$ L de água destilada e 2,7 ml do reagente FRAP. Aqueceu-se em banho a 37°C ( $\pm 1$ ), e após 30 minutos, a absorbância das amostras foram determinadas por espectrofotômetro UV-VIS (SP 2000, Belphotonics, Piracicaba-SP, Brasil) em 595 nm, usando o reagente FRAP como branco. Os resultados foram expressos em  $\mu$ mol/g de sulfato ferroso a partir da interpolação da curva padrão construída e calculados com base em uma curva de Trolox.

### **2.6.7 Identificação e quantificação de compostos fenólicos individuais por CLAE-DAD**

O perfil dos compostos fenólicos individuais da polpa, casca e semente do gravatá, foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) conforme protocolo proposto por Seraglio *et al.* (2016). A determinação e a quantificação dos compostos foram feitas a partir de curvas padrão por cromatografia líquida – ionização eletro spray – espectrometria de massa em tandem (LC-ESI-MS/MS), foram utilizados os padrões apigenina, isoramnetina, pinobanksina, ácido ferúlico, ácido benzoico, ácido sinápico, ácido paminobenzoico, ácido p-

cumárico, 4-metilumbeliferona, ácido vanílico, rutina, naringina, (+)catequina, sinapaldeído, ácido cafeico, ácido clorogênico, coniferaldeído, siringaldeído, crisina, hesperidina, ácido siríngico, kaempferol, naringenina, (-)epigalocatequina galato, (-)epicatequina, pinocembrina, galangina e luteolina obtidos da Sigma-Aldrich (Saint Louis, Missouri, E.U.A.), ácido salicílico da Nuclear (Diadema, São Paulo, Brasil), quercetina da Fluka (Saint Gallen, Suíça), ácido gálico da Vetec (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) e ácido 3,4-dihidroxibenzóico da Acros Organic (Geel, Bélgica). Metanol, acetonitrila e dimetilsulfóxido foram adquiridos da Merck (Darmstadt, Hessen, Alemanha) e ácido fórmico da J. T. Baker (Phillipsburg, New Jersey, E.U.A.). Foram preparadas soluções padrões individuais na concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup>, com exceção da isoramnetina (1250 mg L<sup>-1</sup>) e pinobanksina (1150 mg L<sup>-1</sup>), em dimetilsulfóxido ou metanol e estocadas a -20 ± 2 ° C.

As condições cromatográficas estão indicadas a seguir: utilizou-se um cromatógrafo Agilent série 1290 (Agilent Technologies, Wilmington, DE, EUA) acoplado a um espectrômetro de massa de armadilha de íons linear quadrupolo híbrido QTRAP 5500 (Sciex, Foster City, CA) munido de uma fonte de ionização por eletrospray (ESI). Utilizou-se uma coluna VENUSIL C18 (100 mm × 2,1 mm; diâmetro de partícula de 3 µm; Bona Angela Technologies, Wilmington, DE, EUA), a uma taxa de fluxo de 300 µL/min e 5 µL de injeção. A fase móvel foi composta por um sistema gradiente onde A (água acidificada com 0,1% de ácido fórmico) e solvente B (acetonitrila acidificada com 0,1% de ácido fórmico). O gradiente do método consistia em 98% A (v/v) de 0 a 4,0 min, 98 – 80% A (v/v) de 4,0 – 7,0 min, 80 – 10% A (v/v) de 7,0 – 14,0 min, 10% A (v/v) de 14,0 – 15,0 min, 10 – 98% A (v/v) de 15,0 – 17,0 min. O tempo total de corrida foi de 17 min. A temperatura da coluna foi mantida a 40 °C. As análises de espectrometria de massa foram realizadas no modo MRM, de acordo com os parâmetros a seguir: Tensão Ion Spray (IS): 5500 V; gás de cortina: 25 psi; gás nebulizador (GS1) e gás auxiliar (GS2): 55 psi; temperatura da fonte: 400 °C. O nitrogênio foi usado como nebulizador e gás de colisão. Para obtenção e processamento dos dados utilizou-se o *software* Analyst 1.6.2 (Sciex, Foster City, CA). Cada composto foi quantificado em triplicata por calibração a partir de uma curva padrão externa (SERAGLIO *et al.*, 2016).

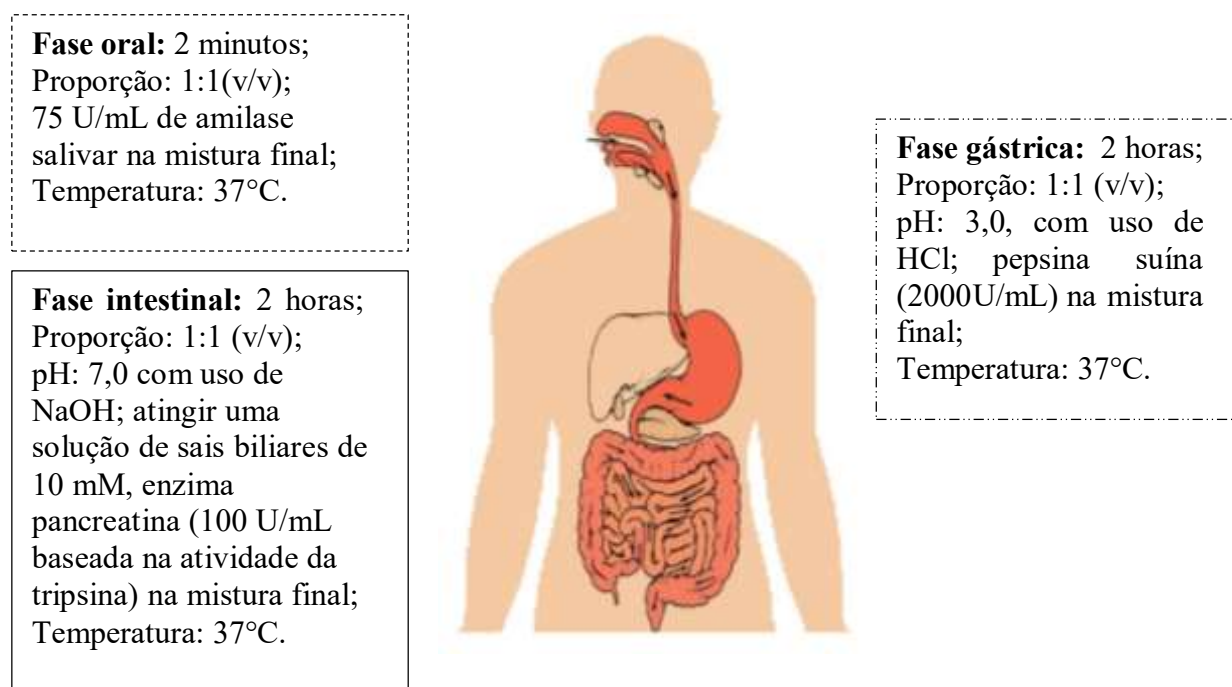
## 2.7 DIGESTIBILIDADE

### 2.7.1 Digestão gastrointestinal simulada *in vitro*

O ensaio de digestão gastrointestinal *in vitro* foi realizado para as amostras de polpa,

casca e sementes *in natura*. As amostras digeridas foram analisadas quanto aos compostos fenólicos totais e a sua capacidade antioxidante *in vitro*, na qual utilizou-se o protocolo criado pela INFOGEST (2019) (BRODKORB *et al*, 2019). Na Figura 3, tem-se uma representação sucinta das três etapas do ensaio de digestão *in vitro* (fases oral, gástrica e intestinal).

Figura 3: Resumo das três fases dos ensaios de digestão humana gastrointestinal *in vitro*, segundo INFOGEST, das amostras de polpa, casca e sementes de gravatá.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os procedimentos de cada fase são descritos a seguir. Antes de começar os ensaios, foram preparados os reagentes e os tubos de digestão, bem como as soluções das enzimas e de bile. As soluções foram mantidas no gelo até o uso. As soluções de eletrólito para os fluidos de digestão simulados para as fases de digestão oral (FDO), gástrica (FDG) e intestinal (FDI) (BRODKORB *et al*, 2019) foram pré-aquecidas a 37 °C. Para realizar ajustes de pH mais eficientes durante as fases digestivas, foi preparada uma réplica do tubo, sendo que os volumes de HCl e NaOH foram medidos e registrados através de seu pH. Em um tubo, foi preparado um ensaio replicado como um branco para digestão sem amostra (substituído por água), mas com todas as enzimas e bile usadas.

Na fase oral, ocorreu uma diluição da amostra com FDO na proporção de 1:1 (v/v). Foi adicionada amilase salivar preparada em água para atingir uma atividade de 75 U/mL na mistura final. Foi adicionada a água restante para obter uma concentração de 1x do FDO. E por fim



incubou-se por 2 min a 37 °C.

A segunda fase é a gástrica, onde a solução estoque do eletrólito FDG a 37 °C foi adicionada ao bolo oral, até atingir uma proporção final de 1:1 (v/v). O pH foi ajustado para 3,0 com solução definida de HCl, posteriormente adicionado à solução de CaCl<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>, para atingir uma concentração final de 0,15 mM em FDG. Preparou-se uma solução de pepsina suína preparada em água, onde adicionou-se até atingir uma atividade de 2.000 U/mL. As amostras foram incubadas a 37 °C, misturando a mistura digestiva durante 2h a partir do ponto em que a pepsina foi adicionada.

A fase intestinal teve um tempo de processo parecido com a gástrica (2 h). A solução estoque do eletrólito FDI foi adicionada ao quimo gástrico, para atingir uma proporção final de 1:1 (v/v). O pH foi ajustado para 7,0 com solução de NaOH. Posteriormente, uma solução biliar foi adicionada à solução FDI, a fim de atingir uma concentração final de 10 mM. A solução de CaCl<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>O) foi adicionada para atingir uma concentração de 0,6 mM em FDI. Utilizou-se nesta fase a pancreatina a 100 U/mL.

Após a realização de cada etapa e após o processo de digestão *in vitro*, os sobrenadantes foram coletados através de uma filtração com seringa e filtro de 0,45µm. O sobrenadante foi então coletado e utilizado para as seguintes análises: compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante *in vitro* utilizando os ensaios ABTS, FRAP e DPPH. Todos os métodos aqui mencionados seguiram os procedimentos descritos nos itens 2.6.2 a 2.6.7.

## 2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e os dados foram expressos como média ± desvio padrão e coeficiente de variância, sendo as médias dos resultados comparadas entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ). Para o processamento dos dados, foram utilizados os *softwares* *Statistica* v. 13.3 (StatSoft Inc., EUA), Microsoft Office Excel<sup>®</sup> v. 2016 (Microsoft Inc., EUA).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 RENDIMENTO

Na Tabela 1, estão apresentados os dados do comprimento longitudinal e transversal, e da massa do fruto ( $n = 100$ ). Observando-se os parâmetros estudados, o comprimento longitudinal foi maior do que o transversal. Já as bagas apresentaram massa média de 14,21 g. Processou-se um total de 2346,30 g do fruto, obtendo-se 1829,87 g de polpa, 378,45 g de casca e 6,56 g de semente.

Tabela 1: Dimensões e massa do fruto de gravatá e proporção (percentual mássico) de polpa, casca e semente do mesmo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Fruto inteiro</b>
Comprimento Longitudinal (cm)	3,62 ± 0,22
Comprimento Transversal (cm)	2,38 ± 0,18
Massa (g)	14,21 ± 1,74
<b>Parte do fruto</b>	<b>*Parte do fruto relativa ao total (% mássico)</b>
Polpa**	78,21 ± 7,14
Casca	15,86 ± 4,62
Semente	0,28 ± 0,02

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão.

\*Percentual (m/m) de cada fração referente ao fruto inteiro.

\*\* No despolpamento, parte do sumo foi perdida.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

#### 3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E QUÍMICAS

Informações sobre a composição físico-química e química de frutas consideradas PANCs no Brasil e de resíduos do seu despolpamento, a saber: cascas e sementes, ainda são incipientes. A população brasileira não possui o hábito de consumir os resíduos do despolpamento de frutas, normalmente descartando-as e desperdiçando quantidades consideráveis de diversas substâncias de interesse para a nutrição e para a saúde, o que torna cada vez mais importante o incentivo à inclusão dessas porções na alimentação humana

(GONDIM *et al.*, 2005; MARQUES *et al.*, 2008). Na Tabela 2, são apresentados os resultados encontrados para as propriedades físico-químicas e físicas da polpa e da casca de gravatá.

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas, composição físico-química e propriedades físicas da polpa e da casca do fruto de gravatá.

Parâmetros	Polpa	Casca
Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	80,01 ± 0,78 (0,97)	72,81 ± 0,47 (0,64)
Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	0,85 ± 0,04 (4,62)	1,23 ± 0,05 (4,25)
Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	0,53 ± 0,05 (9,30)	1,10 ± 0,08 (7,03)
Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	0,06 ± 0,00 (6,33)	0,13 ± 0,00 (6,16)
Fibra alimentar (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	5,05 ± 0,33	15,15 ± 0,42
Fibra solúvel (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	1,80 ± 0,44 (24,65)	2,95 ± 0,51 (17,37)
Fibra insolúvel (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	3,25 ± 0,23 (7,15)	12,20 ± 0,34 (2,82)
Carboidratos totais (g 100 g <sup>-1</sup> ; b.u.)	13,50	9,58
Valor energético total (kcal 100g <sup>-1</sup> )	56,66	43,89
Sólidos solúveis totais (SST, °Brix)	16,07 ± 0,45 (2,85)	16,81 ± 0,21 (1,26)
Acidez titulável (AT, %)	1,37 ± 0,10 (7,14)	1,40 ± 0,06 (4,03)
pH	4,00 ± 0,02 (0,38)	4,09 ± 0,02 (0,42)
a <sub>w</sub>	0,99 ± 0,01 (0,51)	0,99 ± 0,01 (0,52)
L*	52,61 ± 0,91 (1,72)	46,64 ± 1,04 (2,23)
a*	-3,18 ± 0,51 (-15,87)	10,62 ± 0,24 (2,29)
b*	35,61 ± 0,50 (1,42)	46,81 ± 0,59 (1,26)



Legenda: NR: Não realizado; b.u.: base úmida. Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão (coeficiente de variação, %), ( $n = 3$ ), ( $p < 0,05$ ). Carboidratos totais = (100 - Σ dos teores de proteínas, fibra alimentar, lipídios, umidade e cinzas). a<sub>w</sub> = atividade de água.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A umidade foi superior para a polpa seguida da casca do fruto. Segundo a tabela de composição de alimentos do Estudo Nacional de Despesa Familiar do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1999), a umidade do fruto é de 85,4% confirmando que o valor encontrado no presente estudo está próximo à literatura. Em estudo realizado por Amancio

(2016), o fruto retirado de uma comunidade de Barra do Tigre, localizada no interior da cidade de Concórdia – SC, e colhido na terceira semana do mês de abril de 2016, foi caracterizado em três estágios de maturação (verde, intermediário e maduro). O autor observou uma umidade de 82,51% no fruto verde a 79,97% para o maduro, também sendo um valor muito similar ao encontrado na polpa de gravatá deste estudo. Krumreich *et al.* (2015) encontraram um valor de 82,63% para amostra de polpa do fruto no estágio maduro (casca amarela), obtido de uma propriedade rural da cidade de Canguçu – RS e colhido na segunda semana do mês de maio de 2011. A umidade pode influenciar características do fruto como textura, sabor e aparência. A mesma não fornece informações de como se encontra distribuída ou sua forma de ligação com o alimento (CECCHI, 2003).

A casca apresentou o maior teor de cinzas, seguido pela polpa. A Tabela de Composição de Alimentos do IBGE (1999) indica um valor de 0,4 g 100g<sup>-1</sup> para o fruto, ficando dentro dos valores encontrados para o presente trabalho. Amancio (2016) obteve uma variação de 1,09 a 1,24 g 100g<sup>-1</sup> para o fruto em diferentes estágios de maturação, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Já Krumreich *et al.* (2015) encontraram um teor de cinzas de 0,93 g 100g<sup>-1</sup> para o estágio maduro do gravatá.

O teor de proteínas foi baixo na polpa e na casca. As proteínas geralmente são encontradas nas cascas e sementes, que, na maioria das vezes, não são consumidas (SOUSA, 2011; MONTEIRO, 2009). Amancio (2016) encontrou uma variação no teor proteico do fruto (3,29 a 3,87%) entre os estágios de maturação avaliados. Krumreich *et al.* (2015) encontraram um valor de 3,57% de proteínas em base seca para o gravatá maduro. O teor médio de proteínas em frutas e hortaliças costuma ser em torno de 1 a 2 %, sendo considerado baixo, logo em geral acabam por não serem fontes potenciais de proteínas (ALMEIDA *et al.*, 2013).

O teor de lipídios foi próximo de zero. Amancio (2016) encontrou uma variação de 1,26% de lipídios no estágio verde a 5,49% no estágio maduro, resultados similares aos encontrados por Krumreich *et al.* (2015). Estes autores, por sua vez, encontraram 5,07% de lipídios para amostra de gravatá maduro. Segundo GONDIM *et al.* (2005), que realizou o estudo com diferentes partes do abacaxi, não foram encontrados lipídios na polpa e na casca, demonstrando comportamento similar ao gravatá. Geralmente, o teor de lipídios encontrados em frutas é baixo, não excedendo 0,6%, com exceção de algumas frutas, como, por exemplo, o abacate, que apresenta 8,4% de lipídios (TACO, 2011). Para o estudo em questão, os dados encontrados enquadram-se dentro do esperado, podendo afirmar que o fruto gravatá não é um fruto rico em lipídios.

Santos *et al.* (2009), em seu estudo utilizando os frutos secos de gravatá sem sementes, e posteriormente moídos, determinaram primeiramente o teor lipídico e encontraram 18,2% (m/m). Avaliaram a composição em ácidos graxos da fração lipídica, a qual apresentou principalmente os ácidos palmítico (C16:0) (30,12%), linoleico (C18:2) (30,7%) e oleico (C18:1) (20,1%). Os lipídios têm como função auxiliar a absorção das vitaminas A, D, E e K, além de serem fonte de energia (PEREIRA, 2010).

Segundo a *American Association Cereal Chemistry* (AACC) e o *Codex Alimentarius* (2010), fibra alimentar é a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado de humanos, com fermentação total ou parcial no intestino grosso. Conforme a Tabela 2, o teor de fibra alimentar foi três vezes maior na casca se comparado com a polpa.

Amancio (2016) determinou o teor de fibra bruta do fruto de gravatá e encontrou uma variação de 0,95 a 1,73%. Segundo a Tabela de Composição de Alimentos (IBGE, 1999), o gravatá apresenta aproximadamente 1,3 g 100g<sup>-1</sup> de fibras, sendo bem inferior ao teor encontrado na polpa conforme a Tabela 2. Rodriguez *et al.* (2016) trabalharam com a polpa liofilizada de abacaxi, manga e mamão, e encontraram teores de, 3,90, 1,82 e 2,35 g 100g<sup>-1</sup> para fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, respectivamente, em amostras de abacaxi

As fibras podem ser classificadas em solúveis ou insolúveis. Asolúvel promove a formação de géis viscosos, que retardam a evacuação gástrica, permitindo a absorção de nutrientes (SOLIMAN, 2019). Já a fibra insolúvel aumenta o volume das fezes, o que está relacionado à melhora de distúrbios digestivos como a constipação (JOHNSON, 2020).

O teor de carboidratos totais foi maior na polpa, seguido pela casca. Krumreich *et al.* (2015) encontraram um valor de 8,75% para uma mistura de polpa e casca do gravatá. O abacaxi, que pertence à mesma família do gravatá, contém 13,53% de carboidratos segundo a TACO (2011), valor que é similar ao encontrado no presente estudo. O mesmo ainda descreve o teor de outras frutas comumente consumidas como maçã (15,2%), mamão (10,4-11,6%), banana (26,0%). Lima *et al.* (2017) trabalharam com o abacaxi pérola e encontraram 12,46 g 100g<sup>-1</sup> para a polpa e 9,27 g 100g<sup>-1</sup> para a casca, teores muito próximos ao encontrado no presente estudo.

Os teores de carboidratos em frutas e hortaliças variam, podendo ser superior a 60%. Eles são normalmente estimados em cerca de 50% a 80% do peso seco de vegetais e frutas. Em geral, os carboidratos em vegetais folhosos e caule são em torno de 2% a 9%, em tubérculos e tubérculos são de 15% a 25%, e em frutas cítricas são de 10% a 12% da massa, em base úmida.

Os carboidratos são muito importantes em produtos hortícolas devido à sua contribuição para a textura, o sabor, a cor e o valor nutricional desses produtos (YAHIA *et al.* 2019).

Para o valor energético total, a polpa apresentou o maior valor, seguido pela casca. Segundo a Tabela de Composição de Alimentos (IBGE, 1999), o fruto apresenta 61 kcal 100g<sup>-1</sup> e a polpa apresenta 31 kcal 100g<sup>-1</sup>. Segundo Lima *et al.* (2017), para a polpa do abacaxi pérola encontrou 55,35 kcal 100g<sup>-1</sup>, já para a casca 45,38 kcal 100g<sup>-1</sup>, tendo um comportamento semelhante ao presente estudo. O valor energético pode ser útil para o profissional da nutrição (DERAM, 2019).

Os valores de SST e de acidez titulável (AT) foram muito próximos para a polpa e a casca (Tabela 2). O teor de SST representa o equilíbrio de açúcares e ácidos presentes em uma matriz, tendo impacto principalmente no sabor da fruta (GUILLÉN-RÍEOS *et al.*, 2006). Já a AT está relacionada com a concentração total de prótons livres que podem ser neutralizados por uma base forte. No caso das frutas, a acidez se deve ao teor de diversos ácidos orgânicos como cítrico, málico, fumárico, acético, ascórbico ou galacturônico, que variam conforme a matéria-prima (ALAMO *et al.*, 1993; ALBUQUERQUE *et al.*, 2006, FLORES *et al.*, 2001).

Na Tabela 3, encontram-se os valores de SST, AT e sua relação SST/AT para estudos feitos com gravatá e outras frutas. Os dois parâmetros associados são indicadores de sabor e do ponto de maturação dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 3 - Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) na polpa e na casca de gravatá e em outras frutas.

Fruto (maduro)	SST (°Brix)	AT (%)	SST/AT
Gravatá – polpa	16,07	1,37	11,73
Gravatá – casca	16,81	1,40	12,01
Gravatá - Krumreich <i>et al.</i> (2015)	15,9	1,53	10,39
Gravatá – Amancio (2016)	17,57	1,03	17,06

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Outro fator fundamental para a vida-de-prateleira do alimento é o pH, pois a acidez do mesmo é fator determinante para a multiplicação dos microrganismos. Um pH próximo à neutralidade são os mais favoráveis ao crescimento microbiano (6,6 a 7,5) (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005). Já em pH ao redor de 3,0 a 3,5, os microrganismos são impedidos de crescer mesmo sem tratamento térmico, pois os íons H e os ácidos orgânicos combinam com as

proteínas, e em seguida, com enzimas microbianas, que causam sua desnaturação (SPOTO, 2006).

O valor do pH da polpa e da casca ficou em torno de 4 (Tabela 2), caracterizando estas partes da fruta como ácida. De acordo com Jay; Loessner; Golden, (2005), Franco; Landgraf (2005) e Ray (2004), os alimentos podem ser classificados como: alimentos de baixa acidez ( $\text{pH} > 4,5$ ), alimentos ácidos ( $\text{pH}$  entre 4,0 e 4,5) e alimentos muito ácidos ( $\text{pH} < 4,0$ ). Essa característica ácida é importante, pois desfavorece o desenvolvimento de bactérias. Alimentos com pH superior a 4,5 e com alta  $a_w$  permitem o desenvolvimento de *Clostridium botulinum*, bacilo Gram positivo que produz esporos e é causador da doença botulínica (EDUARDO *et al.*, 2002; FREAN *et al.*, 2004).

A atividade de água é uma medida de água livre ou disponível em um produto para o crescimento microbiano, as reações químicas e enzimáticas e, conseqüentemente, processos de deterioração (PITT; HOCKING, 2009; JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005). Os resultados de  $a_w$  não apresentaram variações entre polpa e casca. Quando comparado com a literatura, Amancio (2016) encontrou 0,96 para os três estágios de maturação do gravatá, valor muito próximo ao encontrado neste trabalho.

Alimentos com  $a_w > 0,85$  são considerados de alta umidade e ficam sujeitos à deterioração microbiológica (AZEREDO *et al.* 2004c). Outro ponto importante é que, para o crescimento dos microrganismos, há um limite mínimo de atividade para realizar suas atividades metabólicas: bactérias deteriorantes não crescem bem em  $a_w$  inferior a 0,91, as leveduras iniciam o crescimento em um valor de 0,88, enquanto que os bolores podem deteriorar produtos com  $a_w$  superior a 0,80 (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

A análise instrumental de cor foi realizada de acordo com a escala criada pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), que trabalha com os parâmetros  $L^*a^*b^*$ . Em relação à luminosidade, valores mais próximos de 100 indicam cores mais claras e tendem ao branco. O oposto indica cores mais escuras, como os valores obtidos para polpa e casca. Vale destacar que a cor é um fator importante a ser considerado para uma potencial aplicação da fruta e dos resíduos de seu despulpamento em diferentes produtos alimentícios.

Quanto aos parâmetros de cor, a polpa apresentou a maior luminosidade, seguida da casca. Para o parâmetro  $a^*$ , a casca obteve o maior valor, com valores positivos, tendendo ao vermelho, já a polpa apresentou valor negativo, tendendo à cor verde. Para os resultados de  $b^*$ , as amostras de casca e polpa tenderam ao amarelo, com valores mais expressivos para a casca, seguida da polpa. Segundo Wanderlew (2021), que trabalhou com a uvaia, uma fruta com coloração parecida com o gravatá, foram observados valores de 43,59, 5,68 e 24,45 para os

parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente, bem próximos aos encontrados no presente estudo. A coloração amarela, laranja e vermelha em frutas está relacionada à presença de carotenoides (YAHIA, 2018). Essas substâncias são pigmentos naturais encontrados principalmente em frutas e hortaliças. Promovem efeitos benéficos à saúde, principalmente pela ação antioxidante e por serem pró-vitamina A, além de serem utilizados pela indústria de alimentos, por exemplo, em substituição aos corantes sintéticos (YAHIA, 2018).

Percebe-se que a composição química das partes do fruto apresentou certa variação em relação a valores já reportados na literatura. Fatores externos do ambiente onde crescem as plantas, como por exemplo a adubação, e muitos outros, são capazes de alterar esta composição, aumentando ou diminuindo a quantidade dos constituintes (LIBERAL; COELHO, 1980).

### 3.3 SEMENTES SECAS: CARACTERIZAÇÃO

As sementes de frutas ainda são consideradas resíduos, porém, nos últimos anos, devido às importantes propriedades nutricionais e medicinais de seus componentes bioativos, têm recebido um interesse crescente. Além disso, podem ser consideradas recursos renováveis dos quais vários produtos úteis podem ser derivados (GÓRNAŚ *et al.*, 2015, GÓRNAŚ; RUDZIŃSKA, 2016). Na Tabela 4, são apresentados os resultados encontrados para as propriedades físico-químicas e físicas da semente de gravatá.

Tabela 4 - Propriedades físico-químicas, composição físico-química e propriedades físicas das sementes secas do fruto de gravatá.

Parâmetros	Sementes
Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$22,96 \pm 0,21$ (0,92)
Cinzas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$1,93 \pm 0,02$ (1,07)
Proteínas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$8,40 \pm 0,17$ (2,02)
Lipídios ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$0,67 \pm 0,04$ (5,99)
Fibra alimentar ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$49,05 \pm 5,43$
Fibra solúvel ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	0,00
Fibra insolúvel ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	$49,05 \pm 5,43$ (11,05)
Carboidratos totais ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , b.u.)	16,99
Valor energético total ( $\text{kcal } 100\text{g}^{-1}$ )	107,59
$a_w$	$0,33 \pm 0,00$



L*	75,81 ± 0,18 (0,24)
a*	1,11 ± 0,16 (14,75)
b*	9,73 ± 0,43 (4,47)



Legenda: NR: Não realizado; b.s.: base seca. Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão (coeficiente de variação, %), ( $n = 3$ ), ( $p < 0,05$ ). Carboidratos totais =  $(100 - \Sigma \text{ dos teores de proteínas, fibra alimentar, lipídios, umidade e cinzas})$ .  $a_w$  = atividade de água.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Moraes *et al.* (2017) determinaram a composição centesimal, teores de minerais e a composição em ácidos graxos de diferentes partes (casca, polpa e sementes) de sete frutas tropicais: abacate (*P. americana*), abacaxi (*A. comosus*), banana (*Musa sp.*), mamão (*C. papaya*), maracujá (*P. edulis*), melancia (*C. lanatus*) e melão (*C. melo*). Para o teor de umidade, as sementes de mamão, maracujá, melancia e melão variaram obtendo os seguintes resultados  $5,8 \pm 2,5$ ;  $6,0 \pm 2,0$ ;  $25,1 \pm 0,25$  e  $9,4 \pm 0,5$  g por 100 g em base úmida, respectivamente. Quando comparado ao resultado encontrado no presente estudo, as sementes de melancia obtiveram um resultado muito próximo, já as demais foram menores conforme a Tabela 3.

Os valores de cinzas encontrado por Moraes *et al.* (2017) em sementes de mamão, maracujá, melancia e melão obtiveram os seguintes resultados  $6,0 \pm 1,6$ ;  $1,4 \pm 0,1$ ;  $2,3 \pm 0,7$  e  $6,1 \pm 0,8\%$  em b.s. respectivamente. Quando comparados com o presente trabalho, foram observados valores aproximados para maracujá e melancia, e menor que do mamão e do melão conforme a Tabela 3. Mallek-Ayadi *et al.* (2018), que estudaram as sementes de melão (*Cucumis melo L.*), variedade Maazoun, encontraram para as cinzas  $4,83 \pm 0,12$  sendo maior se comparado com o presente trabalho.

As proteínas geralmente são encontradas nas cascas e sementes, que, na maioria das vezes, não são consumidas (SOUSA, 2011; MONTEIRO, 2009). Moraes *et al.* (2017), nas sementes de mamão, maracujá, melancia e melão, obtiveram os seguintes resultados ( $23,3 \pm 0,4$ ;  $13,1 \pm 1,0$ ;  $22,3 \pm 4,1$  e  $17,2 \pm 2,0$  em g 100g b.s. respectivamente). Quando comparados com este trabalho, observou-se um valor aproximado para maracujá, porém para as demais sementes os valores encontrados quase dobram de valor. Logo, é possível perceber que tanto as sementes quanto a casca apresentam teores elevados de proteína conforme Tabela 2 e 4, respectivamente, podendo a semente do gravatá ser considerada como uma proteína vegetal alternativa.

As mudanças que ocorrem no interior do fruto alteram sua composição e seus nutrientes, sendo que as alterações podem estar relacionadas com suas próprias características, das condições climáticas ou pelo seu amadurecimento (AMARANTE *et al.*, 2011). Nas sementes, as proteínas exercem funções importantes, atuando como substâncias de reserva, armazenando principalmente nitrogênio, carbono e enxofre; proteínas estruturais e metabólicas, essenciais para o crescimento e a estrutura; e proteínas de proteção, conferindo resistência a patógenos microbianos (BUCKERIDGE *et al.*, 2004a; MARCOS FILHO, 2005).

Moraes *et al.* (2017) determinaram o teor de lipídios totais nas sementes de mamão, maracujá, melancia e melão. Obtiveram os seguintes resultados:  $20,5 \pm 3,7$ ;  $27,5 \pm 1,4$ ;  $24,1 \pm 4,1$  e  $13,9 \pm 2,0$  em g 100g b.s. respectivamente. Quando comparados com este trabalho, os valores são valor muito maiores, já podendo concluir que a semente de gravatá não é rica neste constituinte.

Os teores de lipídios são geralmente baixos nas frutas, principalmente na casca e na polpa, porém podem ser encontrados em maiores concentrações nas sementes (ROESLER *et al.*, 2008). Nas sementes, encontram-se as reservas nutritivas que servirão ao desenvolvimento do embrião durante a germinação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Os lipídios também são importantes constituintes de reserva em sementes de muitas espécies. Juntamente com as proteínas, os fosfolipídios são os principais constituintes das membranas celulares, e assim como os carboidratos, são importantes fontes de energia (MARCOS FILHO, 2005), sendo também importantes para o seu desenvolvimento (BUCKERIDGE *et al.*, 2004).

Para o teor de fibra alimentar, a semente de gravatá apresentou um valor expressivo de fibras insolúvel (conforme Tabela 4), e não apresentou fibras solúveis. No estudo de Mallek-Ayadi *et al.* (2018), que determinaram a composição química e compostos bioativos de sementes de melão (*Cucumis melo* L.), encontraram para o teor de fibra alimentar total 25,32%, em que a fibra alimentar insolúvel constituiu 22,18% e o teor de fibra alimentar solúvel foi igual a 3,14%. Quando comparados, o gravatá apresenta praticamente o dobro de fibras em sua composição.

O gravatá apresentou um valor característico para a  $a_w$  das sementes secas (conforme Tabela 3). Leite *et al.* (2022), em seu estudo com sementes de melancia africana, submeteram as sementes a secagem por secador com variação de 50 a 80 °C, e encontraram uma variação de 0,340 a 0,293, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Já Mallek-Ayadi *et al.* (2018) encontraram um valor de 0,44 para a  $a_w$  de sementes de melão (variedade Maazoun), sendo maior que os citados até aqui. O teor de umidade e a atividade de água baixos são características importantes, o que é benéfico para prolongar a vida útil das sementes, pois o alto

teor de umidade pode causar decomposição de ácidos graxos por ação microbiana (MALLEK-AYADI *et al.*, 2018), por exemplo.

Quanto à colorimetria, os conceitos foram descritos no item 3.2., porem em relação à luminosidade, valores mais próximos de 100, indicam cores mais claras e tendem ao branco, isso pode ser observado na semente. Para o parâmetro  $a^*$ , a semente apresentou valores positivos, tendendo ao vermelho. Para os resultados de  $b^*$ , que também ficou positivo e com isso tendeu ao amarelo.

Portanto, a composição química das sementes de gravatá, submetidas a secagem prévia, mostra que elas podem ser consideradas uma fonte valiosa de nutrientes devido aos seus altos teores de fibras e proteínas, podendo ser usadas em alimentos com apelo nutricional.

#### 3.4 EFEITO DA PROPORÇÃO DOS SOLVENTES DE EXTRAÇÃO SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, O TEOR DE FLAVONOIDES E A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ

Nesta etapa do estudo, devido à pandemia de Covid-19, optou-se por trabalhar apenas com uma mistura de solventes ambientalmente amigáveis para os testes de extração, a saber: etanol e água, que foram testados em duas proporções diferentes. Na Tabela 5, são apresentados compostos fenólicos totais (CFT), teores de flavonoides e da capacidade antioxidante das amostras de polpa, casca e semente de gravatá.

Tabela 5 - Resultados dos compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais (FLV) e da capacidade antioxidante *in vitro* (DPPH, ABTS e FRAP) de amostras de polpa, casca e semente de gravatá utilizando-se duas proporções diferentes dos solventes de extração etanol e água.

	Etanol: água (v/v)	Polpa liofilizada	Casca liofilizada	Sementes secas e moídas*
CFT	80:20	140,76 ± 1,28a (0,91)	166,15 ± 12,65a (7,62)	109,49 ± 9,22a (8,42)
	70:30	138,74 ± 3,11a (2,24)	173,98 ± 3,47a (1,99)	105,47 ± 4,11a (3,90)
FLV	70:30**	28,71 ± 1,39 (4,83)	26,93 ± 0,00 (0,00)	155,82 ± 5,75 (3,69)
DPPH	80:20	821,71 ± 2,86b (0,35)	492,67 ± 32,65a (6,63)	790,76 ± 30,18b (3,82)
	70:30	899,33 ± 23,23a (2,58)	425,05 ± 32,49a (7,64)	848,38 ± 10,03a (1,18)
ABTS	80:20	660,00 ± 37,23a (5,64)	534,44 ± 44,92a (8,40)	585,56 ± 27,11a (4,63)
	70:30	675,56 ± 18,73a (2,77)	337,22 ± 32,16b (9,54)	554,44 ± 29,64a (5,35)
FRAP	80:20	212,94 ± 6,82a (3,20)	309,91 ± 8,77b (2,83)	196,58 ± 8,20a (4,17)
	70:30	92,03 ± 8,40b (9,13)	426,58 ± 17,02a (3,99)	150,21 ± 8,83b (5,88)

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão (coeficiente de variação, %), ( $n = 3$ ). Compostos fenólicos totais (CFT) = mg EAG  $100\text{g}^{-1}$  e flavonoides (FLV) = mg catequina  $100\text{g}^{-1}$ . DPPH, ABTS e FRAP =  $\mu\text{mol TEAC } 100\text{g}^{-1}$ . Letras diferentes na mesma coluna para a mesma característica indicam diferenças significativas entre cada amostra, comparando-se as diferentes misturas de solventes ( $p < 0,05$ ). \* As amostras de sementes foram secas em estufa a  $100\text{ }^\circ\text{C}$  por 1 hora e moídas. \*\*Os flavonoides foram determinados utilizando-se somente a proporção 70/30 (v/v) etanol:água.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A extração utilizando as duas misturas hidroalcólicas não apresentou variações significativas para os compostos fenólicos. Observou-se, ainda, que os CFT mostraram valores superiores na casca, seguido da polpa e da semente. Quanto à capacidade antioxidante, as diferentes proporções testadas de solventes afetaram a maior parte dos resultados, aumentando ou diminuindo com as diferentes proporções de solventes. Além disso, a maior capacidade antioxidante por ABTS e DPPH foi observada para a polpa, seguido da semente e da casca. A casca, por sua vez, mostrou o maior valor de capacidade antioxidante por FRAP, em relação às demais partes da fruta.

A extração com solventes é a técnica mais utilizada para o isolamento de compostos fenólicos de matrizes naturais. A extração de fitoquímicos de tecidos vegetais está intimamente relacionada à polaridade do solvente (Moure *et al.*, 2001). Segundo Bazykina *et al.* (2002), o etanol extrai eficientemente os flavonoides e seus glicosídeos, catecol e taninos. Ainda, sabe-se que, em relação ao tempo de extração, o uso de tempos prolongados pode acelerar a degradação de compostos fenólicos, além de ser trabalhoso e demorado (CARRERA *et al.*, 2012). Portanto, desenvolver métodos mais simples e viáveis em análises de rotina se faz

necessário (HAAS, 2018). No presente estudo, aplicou-se um tempo fixo de extração para as duas proporções testadas de solventes.

Atualmente, não existe um método oficial para a determinação da atividade antioxidante em alimentos de origem vegetal e seus subprodutos, tendo em vista os vários mecanismos antioxidantes que podem ocorrer, bem como a diversidade existente de compostos bioativos. Os métodos propostos na literatura consideram as diferenças nos tipos de radicais livres, nos mecanismos de ação, na sensibilidade e nas diferentes formas de ação nos organismos vivos, e que geram resultados que podem variar consideravelmente. O uso de diferentes métodos para determinar a capacidade antioxidante, portanto, permite maior certeza e precisão para indicar o potencial antioxidante da fruta (BATISTA *et al.*, 2018). Entre os métodos que têm sido utilizados, destacam-se aqueles que utilizam os radicais livres sintéticos DPPH e ABTS<sup>+</sup>, pela facilidade de execução e pela boa correlação com os demais métodos existentes (SOUSA; VIEIRA; LIMA, 2011).

Krumreich *et al.* (2015) determinaram fenólicos totais e encontraram um valor de  $70,73 \pm 4,34$  mg EAG  $100g^{-1}$ , para amostra de polpa de gravatá no estágio maduro (casca amarela). Segundo estudo com amostras de uva realizado por Haas *et al.* (2018), o aumento da polaridade do solvente resultou em uma maior extração de compostos fenólicos totais.

A extração pode ser explicada pela lei de difusão de Fick, que prevê um equilíbrio final entre as concentrações de soluto na matriz sólida e na solução de massa após determinado tempo de extração (SILVA *et al.*, 2007). Assim, considerando que os compostos fenólicos são formados por uma variedade de moléculas de diferentes polaridades, procura-se misturar o solvente orgânico escolhido (etanol) com água. A mistura de solvente com água é considerada mais eficiente que os mono solventes na extração de compostos fitoquímicos (SPIGNO; DE FAVERI, 2007). Segundo Vatai *et al.* (2009), a eficiência da extração dos compostos fenólicos é menor quando se utiliza solventes puros. Segundo Spigno e De Faveri (2007), a adição de água a solventes orgânicos contribui com o aumento da polaridade e facilita a extração dos compostos fenólicos. Pérez-Jimenez *et al.* (2008) ressaltam que, para a eficiência do processo de extração, deve-se utilizar uma extração exaustiva, utilizando-se soluções de solventes aquosos, com diferentes polaridades, de modo a extrair compostos com diferentes estruturas químicas.

Salihović; Pazalja; and Ajanović (2022) determinaram a capacidade antioxidante de sementes de melancia e obtiveram melhores resultados com o uso de etanol (73,43 e 90,39  $\mu\text{mol TEAC } 100g^{-1}$ ) do que metanol (46,07 e 49,76  $\mu\text{mol TEAC } 100g^{-1}$ ).

Lasunon *et al.* (2022) trabalharam com subprodutos de abacaxi, incluindo casca, caroço e bagaço. Realizaram a extração com 100 mL de etanol em micro-ondas por 2 minutos e determinaram a capacidade antioxidante, os compostos fenólicos totais e o teor total de flavonoides. Encontraram a maior atividade sequestrante do radical ABTS no extrato da casca de abacaxi, a saber:  $3,19 \pm 0,02$  mg Trolox  $g^{-1}$  extrato seco. Já Farias *et al.* (2020) estudaram a parte comestível e as sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis*), uma fruta nativa brasileira, na qual a fração foi extraída por uma mistura etanol-água (8:2, v/v) usando ultrassom. A capacidade antioxidante pelos métodos de ABTS e DPPH, tanto para a parte comestível quanto para as sementes, foram maiores por ABTS ( $83,39 \pm 0,79$  e  $427,86 \pm 1,19$   $\mu\text{mol TEAC } 100g^{-1}$  extrato seco respectivamente), cujos valores foram superiores aos obtidos por DPPH ( $51,20 \pm 0,31$  e  $235,02 \pm 1,99$   $\mu\text{mol TEAC } 100g^{-1}$ , respectivamente). Os resultados mencionados apresentaram um comportamento semelhante ao presente estudo, no qual tanto a polpa quanto as sementes tiveram capacidade antioxidante superiores à casca por ABTS e DPPH.

Fundo *et al.* (2018) determinaram características físico-químicas, compostos bioativos e a capacidade antioxidante de suco, polpa, casca e sementes de melão Cantaloupe. Em se tratando da capacidade antioxidante determinada por ABTS, os pesquisadores encontraram  $220,38 \pm 40,50$ ;  $336,78 \pm 102,86$ ; e  $653,67 \pm 169,20$   $\mu\text{g } g^{-1}$ , na polpa, casca e sementes, respectivamente, com destaque para as sementes. Contreras-Calderón *et al.* (2011) apontaram as sementes como uma importante fonte de antioxidantes naturais. A presença de fenólicos, flavonoides, antocianinas, vitaminas, minerais, lipídios bioativos, contribuem para as propriedades antioxidantes, principalmente a presença de ácidos fenólicos e flavonoides (DUDA-CHODAK; TARKO, 2007).

Houve variação nas atividades obtidas dos ensaios DPPH e ABTS, possivelmente devido ao tipo de mecanismo de reação, transferência de átomo de hidrogênio e transferência de um único elétron, respectivamente (JAYAPRAKASHA *et al.*, 2008; SCHAICH *et al.*, 2015). Além disso, as diferenças podem refletir diferenças no tipo de antioxidantes presentes na fruta, uma vez que o DPPH $\cdot$  é eliminado por antioxidantes hidrofóbicos e o ABTS $\cdot$  é eliminado por antioxidantes hidrofílicos e hidrofóbicos.

No estudo de Garcia *et al.* (2021), que determinaram a capacidade antioxidante bem como o teor de fenólicos totais no caroço e na casca do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), os valores para os compostos fenólicos totais variaram de 22 a 66 mg EAG  $100 g^{-1}$ , apresentando teores significativamente diferentes de todas as amostras, enquanto nas amostras de casca os valores foram compreendidos entre 15 e 41 mg EAG  $100 g^{-1}$ . Neglo *et al.* (2021),

que trabalharam com casca, polpa e semente de melancia, encontraram para a semente um valor de 0,042 mg EAG g<sup>-1</sup> também muito menor ao do presente trabalho.

Tanur *et al.* (2020) determinaram a capacidade antioxidante por FRAP em caroço do abacaxi, utilizando a concentração mais alta (50 µg ml<sup>-1</sup>) de cada amostra obtida por extrato etanólico encontraram um valor de 149,92 ± 0,75 µg Fe<sup>2+</sup>, bem inferior ao encontrado no presente estudo.

Costanzo *et al.* (2022) determinaram o teor de flavonoides totais na polpa, casca e sementes de Tangerina Flegreana (*Citrus reticulata* Blanco) nos três estágios de amadurecimento, utilizando como solvente o metanol 80%, sendo que no estágio maduro a casca e semente obtiveram os maiores resultados, valores aproximados em massa seca de 17 mg equivalente de catequina g<sup>-1</sup> e 8 mg EC g<sup>-1</sup> respectivamente. Polanía *et al.* (2022) avaliaram a valorização de resíduos de abacaxi como nova fonte de nutracêuticos e compostos biofuncionais. Em relação ao teor de flavonoides totais, encontraram maiores resultados na coroa seguida da casca (33,69 ± 0,11, 8,15 ± 0,49 mg equivalente de quercetina g<sup>-1</sup>), muito próximo aos encontrados para as três partes do gravatá. Os autores descrevem, ainda, que a presença desses compostos é de grande relevância pois desempenham funções de pigmentação, podem atuar como mensageiros químicos, na fixação do nitrogênio e ainda apresentarem funções de inibição do ciclo celular.

Nascimento *et al.* (2020) afirmam que as diferenças observadas nos resultados e os teores de flavonoides totais nos frutos se devem a diversos fatores, como diferenças no grau de maturação dos frutos, safra, localização e clima da região. Diferentes parâmetros ambientais, como temperatura, intensidade de luz e locais de cultivo, práticas agronômicas, condições de maturação e/ou pós-colheita, desempenham um papel significativo no desenvolvimento da cultura e na maturação dos frutos que afetam sua constituição química e, portanto, seu teor de antioxidantes (BOUZO; KÜCHEN, 2012).

### 3.5 PERFIL DE FENÓLICOS DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ

O perfil fenólico do extrato da polpa, casca e semente de gravatá mostrou que alguns compostos fenólicos foram predominantes nas três partes, como ácido cafeico e ácido ferúlico pertencentes ao grupo dos ácidos fenólicos, e a rutina, do grupo dos flavonoides, subgrupo flavonóis. Também houve a prevalência de outros ácidos orgânicos como 3,4 DHB, ácido clorogênico, ácido siríngico, isoquercetrina, *p*-cumárico e epicatequina, resultados visualizados na Tabela 6.

Quando observamos cada fração de modo separado, a polpa teve como composto principal o ácido *p*-cumárico, seguido pelo ácido ferúlico, ácido cafeico, ácido siríngico, rutina e 3,4 DHB com teores muito próximos. Já a casca apresentou a maior concentração para o flavonoide rutina, salientamos que essa concentração foi o dobro do maior valor encontrado para os demais compostos subsequentes, como ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido cafeico, isoquercetrina e ácido siríngico. Já a semente apresentou como maior constituinte a epicatequina, seguida pela rutina, ácido ferúlico e ácido cafeico.



Tabela 6: Determinação do perfil dos fenólicos na polpa, casca e semente de gravatá usando solução hidroetanólica (etanol:água 70:30, v/v) como solvente de extração. Resultados expressos em  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Composto Fenólico	Nome na IUPAC	Fórmula Molecular	Concentração (solução etanol:água 70:30, v/v)		
			Polpa liofilizada	Casca liofilizada	Semente seca e moída
<b>Ácidos Fenólicos</b>					
2,4-DHBA	ácido 2,4-dihidroxibenzoico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$	<LQ	nd.	nd.
2,5-DHBA	ácido 2,5-dihidroxibenzoico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$	nd.	nd.	nd.
3.4-DHB	(2,3-di-hidroxi-4-metilsulfoniloxibutil) metanossulfonato	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_8\text{S}_2$	$110,60 \pm 0,00$ (0,00)	$73,80 \pm 0,42$ (0,57)	$92,00 \pm 0,14$ (0,15)
3.5-DNB	ácido 3,5-dinitrobenzóico	$\text{C}_7\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6$	nd.	nd.	nd.
4-metilumberliferona	7-hidroxicromeno-2-ona	$\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_3$	nd.	nd.	nd.
Ácido cafeico	ácido (E)-3-(3,4-dihidroxifenil)prop-2-enóico	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	$297,25 \pm 5,16$ (1,74)	$274,00 \pm 3,68$ (1,34)	$221,70 \pm 1,55$ (0,70)
Ácido clorogênico	ácido (1S,3R,4R,5R)-3-[(E)-3-(3,4-dihidroxifenil)prop-2-enoil]oxil,4,5-trihidroxiciclohexano-1-carboxílico	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_9$	$59,65 \pm 0,21$ (0,36)	$405,80 \pm 0,56$ (0,14)	$96,70 \pm 0,28$ (0,29)
Ácido gálico	ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$	<LQ	nd.	nd.
Ácido sinápico	ácido (E)-3-(4-hidroxi-3,5-dimetoxifenil)prop-2-enóico	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_5$	$57,65 \pm 0,07$ (0,12)	$78,20 \pm 1,70$ (2,17)	$86,00 \pm 0,56$ (0,66)
Ácido siríngico	ácido 4-hidroxi-3,5-dimetoxibenzóico	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_5$	$180,45 \pm 4,45$ (2,47)	$108,15 \pm 0,64$ (0,59)	$41,60 \pm 1,70$ (4,08)
Ácido vanílico	ácido 4-hidroxi-3-metoxibenzóico	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$	nd.	nd.	nd.
Ácido benzoico	Ácido benzóico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	$33,15 \pm 1,91$ (5,76)	$63,20 \pm 5,23$ (8,28)	$35,50 \pm 5,66$ (15,93)
Ácido salicílico	ácido 2-hidroxibenzóico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	nd.	nd.	nd.
Ácido ferúlico	ácido (E)-3-(4-hidroxi-3-metoxifenil)prop-2-enóico	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	$408,90 \pm 10,89$ (2,66)	$273,90 \pm 4,95$ (1,81)	$394,85 \pm 0,21$ (0,05)

Ácido <i>p</i> -cumárico	ácido (E)-3-(4-hidroxifenil)prop-2-enóico	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	486,15 ± 2,76 (0,57)	96,00 ± 0,99 (1,03)	85,10 ± 2,40 (2,83)
<b>Flavonoides</b>					
Apigenina	5,7-Dihidroxi-2-(4-hidroxifenil)-4H-1-benzopiran-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	nd.	nd.	nd.
D - (+) -Catequina	(2R,3S)-2-(3,4-di-hidroxifenil)-3,4-di-hidro-2H-cromeno-3,5,7-triol	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	<LQ	<LQ	547,70 ± 36,34 (6,64)
Coniferaldeido	4-hidroxi-3-metoxicinamaldeído	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	nd.	nd.	nd.
Crisina	5,7-di-hidroxi-2-fenil-4H-cromen-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	nd.	nd.	nd.
Cumarina	2H-cromen-2-ona	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	nd.	95,20 ± 1,98 (2,08)	nd.
(-) - Epicatequina	(2R,3R)-2-(3,4-di-hidroxifenil)-3,4-di-hidro-2H-cromeno-3,5,7-triol	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	36,30 ± 0,00 (0,00)	36,25 ± 0,07 (0,20)	522,70 ± 1,84 (0,35)
Galangina	3,5,7-triidrossi-2-fenilcromen-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	nd.	nd.	nd.
Hesperidina	(s)-7-[[6-o-(6-dioxi- $\alpha$ -2-manopiranosil)- $\beta$ -D-glucopiranosil]oxi]-2-3-di-hidro-5-hidroxi-2-(3-hidroxi-4-metoxifenil)-4H-1-benzopiran-4-ona.	C <sub>28</sub> H <sub>34</sub> O <sub>15</sub>	<LQ	nd.	<LQ
Isoquercetrina	2-(3,4-di-hidroxifenil)-5,7-di-hidroxi-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-tri-hidroxi-6-(hidroximetil)oxan-2-il] oxicromeno-4-ona	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	56,10 ± 0,14 (0,25)	220,20 ± 1,27 (0,58)	85,85 ± 0,35 (0,41)
Isorhamnetina	5,7-di-hidroxi-2-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-tri-hidroxi-6-(hidroximetil)oxan-2-il]oxicromeno-4-ona	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	nd.	nd.	nd.
Kaempferol	3,5,7-Trihidroxi-2-(4-hidroxifenil)-4H-cromen-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	nd.	<LQ	nd.

Naringenina	5,7-diidrossi-2-(4-idrossifenil)croman-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	nd.	nd.	nd.
Naringina	(2S)-7-[(2S,3R,4S,5S,6R)-4,5-dihidroxi-6-(hidroximetil)-3-[(2S,3R,4R,5R,6S)-3,4,5-trihidroxi-6-metiloxan-2-il]oxioxan-2-il]oxi-5-hidroxi-2-(4-hidroxifenil)-2,3-dihidrocromen-4-ona	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	<LQ	<LQ	<LQ
<i>p</i> -aminobenzoico	ácido 4-aminobenzóico	C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> NO	<LQ	<LQ	<LQ
Pinobanksin	(2R,3R)-3,7-di-hidroxi-4-oxo-2-fenil-2,3-di-hidrocromen-5-olato	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	nd.	nd.	nd.
Pinocembrim	5,7-di-hidroxi-2-fenil-2,3-dihidrocromen-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	<LQ	<LQ	<LQ
Quercetina	2-(3,4-di-hidroxifenil)-3,5,7-trihidroxicromen-4-ona	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	nd.	35,15 ± 0,92 (2,62)	<LQ
Rutina	2-(3,4-di-hidroxifenil)-5,7-dihidroxi-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihidroxi-6-[(2R,3R,4R,5R,6S)-3,4,5-trihidroxi-6-metiloxan-2-il]oximetil]oxan-2-il]oxicromen-4-ona	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	165,95 ± 0,07 (0,04)	1368,15 ± 13,50 (0,99)	474,35 ± 4,45 (0,94)
Sinalpaldeido	(E)-3-(4-hidroxi-3,5-dimetoxifenil)prop-2-enal	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	<LQ	<LQ	<LQ
Siringaldeido	4-hidroxi-3,5-dimetoxibenzaldeído	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	<LQ	nd.	nd.

Legenda: Condições de obtenção do extrato: agitador vortex (5 min), massa da amostra (1 g), razão solvente etanol:água 70:30 (v/v) e volume total da solução (10 mL).

Resultados expressos como média ± desvio padrão (coeficiente de variação, %) (*n* = 2 injeções do mesmo extrato). nd. = não detectado. LQ: Limite de quantificação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Aguirre *et al.* (2017) identificaram que os principais compostos fenólicos do abacaxi (cv. Esmeralda) foram os ácidos gálico, protocatecuico, clorogênico, ferúlico e a rutina (6,26; 10,92; 1,68; 1,01 e 3,19 em  $\mu\text{g/g}$ , b.s., respectivamente). De forma geral, é possível perceber que o perfil de compostos fenólicos do abacaxi do estudo citado e do gravatá é similar, embora o ácido protocatecuico não tenha sido detectado no fruto do presente estudo. Já quando observado pelo tipo de ácido polifenólico presente, é possível ver a similaridade entre os dois frutos.

Zampar *et al.* (2022) realizaram a extração assistida por ultrassom de compostos fenólicos de cascas de abacaxi utilizando diferentes tipos de solventes, como etanol (99,5%), acetona (99,5%), isopropanol (99,9%), ácido cítrico e ácido clorídrico (HCl). Os resultados para a composição de ácidos fenólicos revelaram que, dos nove compostos analisados, seis foram identificados, sendo eles gálico, siríngico, *trans*-cinâmico, cafeico, cumárico e ferúlico. As maiores concentrações de ácidos fenólicos foram obtidas em 30 e 45 min, mas não houve diferenças significativas entre esses tempos de extração, sustentando ainda que um tempo de extração de 30 min é o mais favorável para a casca de abacaxi. O ácido cafeico foi o composto majoritário ( $217,65 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), seguido pelo ácido ferúlico ( $146,03 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) e *trans*-ácido cinâmico ( $138,46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ). Pode-se observar a semelhança na composição fenólica entre as duas frutas (gravatá, do presente estudo, e abacaxi, do estudo citado).

Gualberto *et al.* (2021) identificaram e quantificaram compostos fenólicos de resíduos de frutas, como acerola (*Malpighia emarginata* L.), goiaba (*Psidium guajava* L.), jenipapo (*Genipa americana* L.) e umbu (*Genipa americana* L.) etanólicos, metanólicos e acetônicos foi assistida por shaker e ultrassom. Identificaram maior concentração de flavonoides, quando comparados aos ácidos fenólicos. Nos extratos etanólicos para o resíduo de goiaba, identificaram 8 compostos em todas as extrações (shaker e ultrassom) e solventes estudados, a saber: ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido vanílico, e *p*-ácido cumárico, já para os flavonoides encontraram catequina, epicatequina, kaempferol e vanilina. Quando comparamos os resultados aqui encontrados com o artigo citado, temos como destaque na semente o ácido ferúlico, a catequina, a epicatequina e a rutina.

De modo geral, no presente estudo, os ácidos pertencentes à classe dos flavonoides foram menores na polpa, com destaque para um ácido (rutina) na casca e maiores na semente.

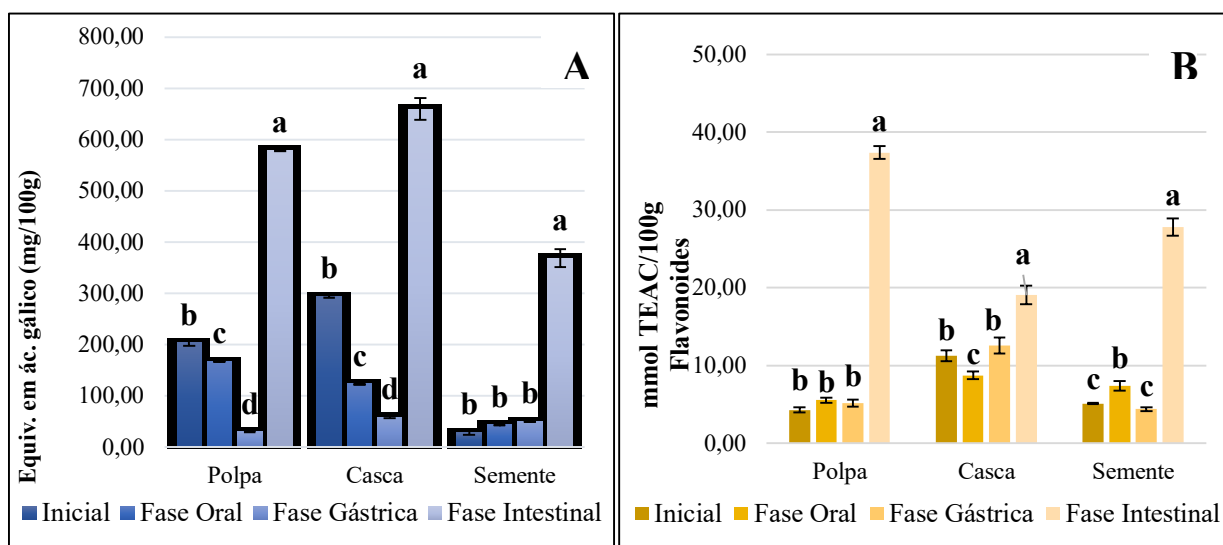
De acordo com Li *et al.* (2016), o interesse pelo consumo de frutas silvestres tem crescido nos últimos anos, devido à presença de substâncias bioativas com efeitos antioxidantes,

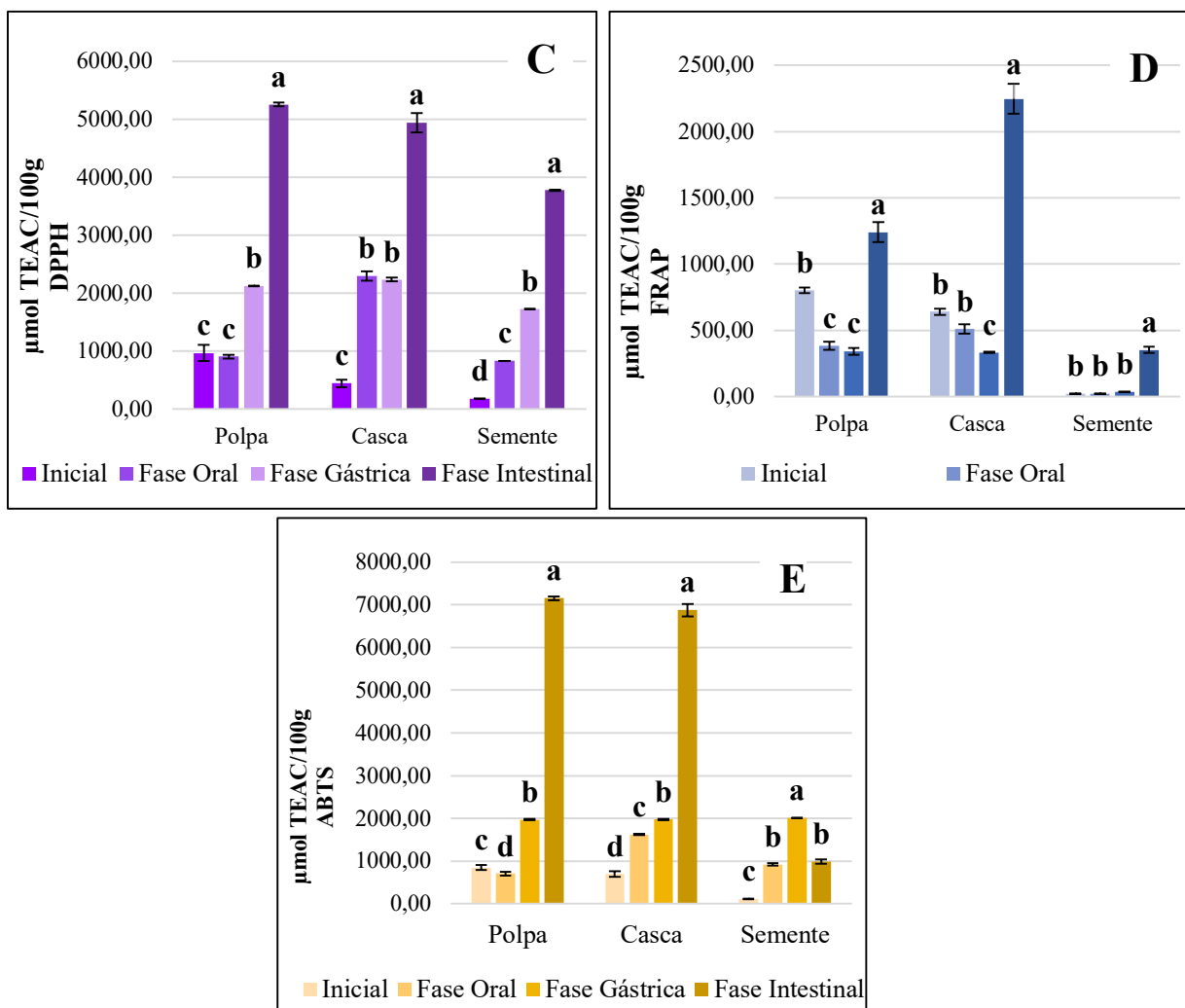
anti-inflamatórios, antimicrobianos e anticancerígenos. Estudos têm demonstrado esses compostos estão concentrados principalmente na casca e sementes destes frutos, em relação à polpa (MELO *et al.*, 2008, SOUSA *et al.*, 2011).

### 3.6 ENSAIOS DE DIGESTÃO *IN VITRO* DOS COMPOSTOS FENÓLICOS, DOS FLAVONOIDES E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* (DPPH, ABTS E FRAP) DA POLPA, CASCA E SEMENTE DO GRAVATÁ

O ensaio de digestão *in vitro* foi realizado na polpa, na casca e na semente do gravatá para a avaliação dos compostos fenólicos totais, flavonoides, e do potencial antioxidante de cada uma destas partes da fruta. A Figura 4 apresenta os resultados por ordem de análise.

Figura 4 – Compostos fenólicos totais (A), flavonoides (B), DPPH (C), FRAP (D) e ABTS (E) da polpa, da casca e das sementes (*in natura*) de gravatá, antes e ao longo do ensaio de digestão *in vitro* das amostras.





Legenda: Letras minúsculas diferentes subscritas para cada amostra, representam diferença estatística ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Os compostos fenólicos totais aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) após a fase intestinal para todas as partes estudadas da fruta, em comparação aos teores determinados na amostra inicial, e após as fases oral e gástrica. Os valores encontrados foram maiores para a casca, seguido da polpa e da semente. Quando observadas as demais fases, tanto a polpa quanto a casca foram diferentes estatisticamente seguindo a mesma ordem: fase inicial > oral > gástrica. Já a semente teve um comportamento diferente, pois os resultados das 3 fases foram considerados iguais estatisticamente. Esse comportamento de aumento de compostos fenólicos após a fase gástrica pode ser devido à quebra das ligações com os componentes dietéticos, proteínas e fibras, induzidas pelo meio ácido, facilitando assim a liberação desses compostos.

Sollano-Medieta *et al.* (2021) realizaram estudos com 12 variedades de ameixa mexicana e observaram que a fase intestinal mostrou valores maiores quando comparadas às demais.

Quando as frutas são consumidas, elas são expostas a condições gastrointestinais (GI). A biodisponibilidade de várias substâncias pode sofrer modificações devido às variações de pH, temperatura do corpo, ação de enzimas, e outras condições físicas e bioquímicas (BARAK *et al.* 2019). Durante o processo de digestão, ocorre a liberação contínua de compostos fenólicos, de proteínas e outras macromoléculas que alteram sua estrutura química, bem como as suas propriedades funcionais (DURAK *et al.*, 2014).

Chandrasekara; Shahidi (2012) afirmam que o aumento de compostos fenólicos na fase intestinal pode ser devido à liberação parcial dos mesmos, os quais estão originalmente ligados ao material da parede celular do alimento. Há registros de que alguns compostos fenólicos e flavonoides, podem estar associados principalmente a carboidratos (SAURA-CALIXTO, 2010). Durante a digestão intestinal, várias enzimas (principalmente hidrolases) podem atuar em algumas ligações ou interações que existem entre estes compostos, o que resultaria em um aumento da concentração de compostos fenólicos após a hidrólise intestinal (GONZÁLEZ-AGUILAR, BLANCAS-BENÍTEZ, & SÁYAGO-AYERDI, 2017; BLANCAS- BENÍTEZ *et al.*, 2015).

No que tange aos flavonoides presentes nas amostras, podemos destacar que os mesmos são uma classe importante de antioxidantes, por isso sua determinação se faz relevante, principalmente para o gravatá, visto que não há registros na literatura sobre sua determinação (Figura 2). Na análise para a determinação de flavonoides, houve uma variação ao longo do ensaio de digestão *in vitro*, sendo que a fase intestinal apresentou os valores maiores ( $p < 0,05$ ), os quais foram significativamente diferentes dos demais, para todas amostras. Pesquisas indicaram que flavonoides associados a compostos de alto peso molecular (proteínas e carboidratos, por exemplo), podem ser liberados no sistema digestivo por meio de ação de enzimas (DANTAS *et al.*, 2018).

No presente estudo, as frações obtidas após ensaios de simulação gastrointestinal *in vitro* também foram utilizadas para verificar as capacidades antioxidantes das amostras pelos métodos de ABTS, DPPH e FRAP (Figura 2). De modo geral, os maiores valores para as três análises realizadas foram encontrados para a polpa e casca, que apresentaram comportamento similar. Para estas amostras, houve destaque para os resultados obtidos por ABTS e DPPH, que apresentaram valores maiores aos obtidos por FRAP. Já a semente apresentou valor maior por DPPH, seguido pelo ABTS e FRAP.

Na avaliação da capacidade antioxidante por DPPH, houve significativo aumento do valor de DPPH após a fase intestinal do ensaio, para todas partes da fruta. No estudo de Rodríguez *et al.* (2016), ao determinarem a bioacessibilidade da polpa liofilizada do abacaxi,

mamão e manga a partir do ensaio de potencial antioxidante DPPH, obtiveram como resultado um comportamento diferente do presente estudo, na qual a fase gástrica foi maior do que a intestinal.

Para o resultado obtido por FRAP, que avalia a redução férrica, houve redução da capacidade antioxidante ao longo do processo, até o fim da fase gástrica, com posterior aumento significativo na fase intestinal. A capacidade antioxidante da semente, por sua vez, não variou significativamente do início ao fim da fase gástrica, com aumento significativo na fase intestinal. No estudo de Maduwanthi; Marapana (2021), que trabalharam com banana (*Musa acuminata*, AAB), os autores encontraram para a fase inicial, gástrica e intestinal, uma tendência ao aumento durante o processo.

Quanto à capacidade antioxidante pelo método de ABTS, as amostras apresentaram valores crescentes ao longo do ensaio de digestão *in vitro*, exceto para a semente, que apresentou valores maiores na fase gástrica, quando comparado à fase intestinal. No estudo de Gómez-García *et al.* (2022), que trabalharam com o abacaxi utilizando subprodutos (cascas e caule), encontraram para a capacidade antioxidante do ABTS um comportamento similar ao do presente estudo. Já Rodríguez *et al.* (2016) determinaram esse parâmetro para o abacaxi, e encontraram um comportamento semelhante, no qual os valores obtidos na fase intestinal foram maiores do que na fase gástrica.

Após a digestão *in vitro*, a capacidade antioxidante determinada por todos métodos avaliados (ABTS, DPPH e FRAP) aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) após a fase intestinal em quase todas as partes estudadas da fruta (com exceção da semente para o ensaio ABTS) em comparação com os valores observados após a fase inicial, oral e gástrica. Este comportamento principalmente na fase gástrica pode ser devido à variação do pH durante a digestão. Estudos anteriores sugerem que a transição do meio ácido (fase oral) para meio alcalino (fase gástrica) aumenta a liberação de compostos fenólicos e flavonoides, o que contribui para o aumento da atividade antioxidante. Isso possivelmente ocorre devido à desprotonação dos grupos hidroxila presentes nos anéis aromáticos (DUTRA *et al.*, 2017; DANTAS *et al.*, 2018). Outro fator que provavelmente influencia a capacidade antioxidante é a interação dos compostos fenólicos com outros compostos liberados durante a digestão (minerais ou fibras alimentares, por exemplo), que influenciam a solubilidade e a disponibilidade dos fenóis. Além disso, componentes alimentares sem ação antioxidante (aminoácidos, açúcares, ácidos urônicos) podem ser liberados após a digestão gastrointestinal *in vitro* e mostram influência positiva sobre os ensaios de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CILLA *et al.*, 2018).



Com base nos dados aqui apresentados e em conformidade com a literatura, os resultados aqui apresentados indicam que o gravatá pode ser considerado como uma fonte de antioxidantes que se tornam bioacessíveis após a digestão *in vitro*.

#### 4 CONCLUSÃO

Os dados obtidos neste estudo para as frações polpa, casca e semente do gravatá foram relevantes e mostraram um potencial nutritivo promissor, maiores inclusive do que outros frutos amplamente comercializados e consumidos pela população. A semente do gravatá se mostrou rica em fibra alimentar e proteínas, demonstrando características importantes para implementação desse resíduo na alimentação. Em relação aos compostos bioativos, dentre todas as amostras, a polpa e a casca apresentaram os maiores valores para a maioria dos parâmetros, sendo os melhores resultados reportados para a razão solvente etanol: água (70:30 v/v). No caso de diferentes ácidos fenólicos para a polpa, foi observado que o ácido cafeíco, ácido ferúlico e o ácido *p*-cumárico foram encontrados em maiores quantidades. Já para a casca os compostos que se destacaram foram o ácido cafeíco, clorogênico e rutina. Assim como a casca, a semente apresentou os mesmos constituintes.

Por outro lado, ao avaliarmos a digestão *in vitro* e a bioacessibilidade dos compostos fenólicos individuais, podemos verificar comportamento semelhante para todas as frações polpa, casca e semente, visto que apresentaram valores mais altos no fim da digestão, sendo reportados os menores valores para a fase oral e os maiores para a fase intestinal. No geral, as frações polpa, casca e semente demonstraram-se fontes importantes de proteínas e fibras alimentares, além de apresentarem concentrações importantes de compostos fenólicos totais e flavonoides o que está diretamente correlacionado com seu alto potencial antioxidante.

A utilização de subprodutos alimentares para desenvolver produtos inovadores e com valor agregado é muito importante para a sustentabilidade, sendo uma solução para reduzir perdas alimentares, desperdícios e impacto ambiental, ao mesmo tempo que possibilita o aumento do valor nutritivo dos produtos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção científica e tecnológica mostrou que há relatos da presença de substâncias com propriedades potencialmente bioativas – especialmente compostos fenólicos - em frutas classificadas como PANCS. Observou-se que ainda há a necessidade de novos estudos nesta área para demonstrar as potencialidades das PANCS, para que as mesmas sejam valorizadas de forma promissora, visando futuras aplicações. A prospecção indicou ainda que diversas lacunas do conhecimento relacionados às partes do fruto do gravatá ainda não foram respondidas, como sua completa caracterização nutricional, bioativa e antioxidante, demonstrando assim a necessidade de estudos que enfatizem tais resultados e compostos de interesse.

Em relação à composição físico-química e química das partes do gravatá (polpa, casca e semente), os resultados demonstraram que este fruto apresenta características nutricionais importantes e que há grande potencialidade de aplicação tecnol industrial do mesmo. A polpa e os resíduos do despolpamento do gravatá (casca e sementes) se apresentam como matérias-primas promissoras para a elaboração de novos produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos.

Esses resultados demonstram a necessidade e o ineditismo deste trabalho, visto que caracterizar e divulgar dados de uma matriz alimentar consumida pela população regional se torna um atrativo para o desenvolvimento tecnológico, social e industrial dessa PANC. Diante do exposto, a polpa e os resíduos do despolpamento do gravatá podem servir de matéria-prima para a elaboração de diversos produtos como doces, geleias, cervejas, sorvetes, bebidas fermentadas, dentre outras.

## REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, H.; KEIKHAEI, B.; MOTTAGHI, S. A review of molecular mechanisms involved in anticancer and antiangiogenic effects of natural polyphenolic compounds. **Phytotherapy Research**; 33:2002–2014, 2019. doi: 10.1002/ptr.6403.
- ABDEL AZEEM, S.M.; AL MOHESEN, I.A.; M. H. IBRAHIM, A. Analysis of Total Phenolic Compounds in Tea and Fruits Using Diazotized Aminobenzenes Colorimetric Spots, **Food Chemistry**. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127392>
- ABDUL KARIM, A.; AZLAN, A.; ISMAIL, A.; HASHIM, P.; ABD GANI, S. S.; ZAINUDIN, B. H.; ABDULLAH, N. A. Phenolic composition, antioxidant, anti-wrinkles and tyrosinase inhibitory activities of cocoa pod extract. **BMC complementary and alternative medicine**, 14(1), 1-13. 2014.
- ABRAFRUTAS. **2021 é o ano internacional das frutas, legumes e verduras. O que isso quer dizer?** 2021. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2021/04/2021-e-o-ano-internacional-das-frutas-legumes-e-verduras-o-que-isso-quer-dizer/>>. Acesso em: 15 de Junho de 2021.
- AGUILAR, G. A. G.; BENÍTEZ, F. J. B.; AYERDI, S. G. S. Polyphenols associated with dietary fibers in plant foods: Molecular interactions and bioaccessibility. **Current Opinion in Food Science**, v. 13, 84-88. 2017.
- AGUIRRE, F. J. O.; AGUILAR, G. A. G.; RODRÍGUEZ, G. R. V.; MORENO, H.T.; ZEPEDA, R. E. R.; FLORES, A. A. V. ... MEDRANO, A. W. (2017). Radical scavenging and anti-proliferative capacity of three freeze-dried tropical fruits. **International Journal of Food Science & Technology**, 52(7), 1699–1709. 2017. doi:10.1111/ijfs.13408
- ALAM, Md. N; BRISTI, N. J. B; RAFIQUZZAMAN, Md. Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 21, Issue 2, p. 143-152, 2013.
- ALAMO, J.M.; MAQUIEIRA, A.; PUCHADES, R.; SAGRADO, S. Determination of titratable acidity and ascorbic acid in fruit juices in continuous-flow systems. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**. v.347, 293–298, 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00323975>
- ALBUQUERQUE, B.; LIDON, F.; & BARREIRO, M. (2006). A case study on the flavor properties of melon (*Cucumis melo* L.) cultivars. **Fruits**, v. 61(5), 333-339. 2006. doi:10.1051/fruits:2006032
- 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. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ALMEIDA, T. S., NETO, J. J. L., SOUSA, N. M., PESSOA, I. P., VIEIRA, L. R., MEDEIROS, J. L., ... CARVALHO, A. F. U. (2017). Phenolic compounds of *Triplaris gardneriana* can protect cells against oxidative stress and restore oxidative balance. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, 93, 1261–1268. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.07.050>.
- ALMEIDA, V. V.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M.; PALIOTO, G. F. **Análise Qualitativa de Proteínas em Alimentos**. Química Nova na Escola. Vol. 35, Nº 1, p. 34-40, fev. 2013.

ALVEZ, J. **Das 4 bilhões de toneladas de alimentos produzidas anualmente em todo planeta, cerca de 50% são desperdiçadas.** 2013. Disponível em: <<http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=5230>>. Acesso em 21 de nov. de 2020.

AMANCIO, R. **PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DE GRAVATÁ (*Bromelia antiacantha* Bertol) EM TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO.** 55 fls. TCC – Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal Catarinense *Campus* Concórdia. Curso Engenharia de Alimentos. Concórdia, 2016.

AMATATONGCHAI, M; LAOSING, S; CHAILAPAKUL, O; NACAPRICHA, D. **Simple flow injection for screening of total antioxidant capacity by amperometric detection of DPPH radical on carbon nanotube modified-glassy carbon electrode.** *Talanta*, v. 97, n. 0, p. 267-272, 2012.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 18th ed. rev. HORWITZ, W. (ed.). Washington: AOAC, 2010.

ARANHA, F. Q; BARROS, Z. F; MOURA, L. S. A; GONÇALVES, M. C. R; BARROS, J. C; METRI, J. C; SOUZA, M. S. de. The role of vitamin C in organic changes in aged people. **Revista de Nutrição.** Vol. 12, nº 2, p. 89-97, 2000.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Trends Food Sci. Technol.** 11, 419. 2000.

BARAK, T. H.; CELEP, E.; İNAN, Y.; YESILADA, E. Influence of *in vitro* human digestion on the bioavailability of phenolic content and antioxidant activity of *Viburnum opulus* L. (*European cranberry*) fruit extracts. **Industrial Crops and Products**; v. 131:62–69, 2019.

BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de nutrição**, 2010.

BARROS, I. P. I.; SOUZA, P. I. **Coleta de germoplasma de *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) no Rio Grande do Sul.** Simpósio Nacional de Recursos Genéticos Vegetais, Campinas. Anais., p. 17. 1995.

BATISTA, P. F; LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E; FAÇANHA, R. V. Bioactive compounds and antioxidant activity in tropical fruits grown in the lower-middle São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, pág. 616-623, out-dez, 2018.

BENITO, P.; MILLER, D. Iron absorption and bioavailability: Na updated review. **Nutrition Research**, 18, 581-603, 1998.

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**, 239, 70-76. 1996. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

BENZING, D. H. **Bromeliaceae: Profile an Adaptive Radiation.** Cambridge: Cambridge University Press, p. 690, 2000.

BERSI, G., VALLÉS, D., PENNA, F., CANTERA, A. M., & BARBERIS, S. Valorization of fruit by-products of *Bromelia antiacantha* Bertol.: Protease obtaining and its potential as

additive for laundry detergents. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 101099. 2019.doi:10.1016/j.bcab.2019.101099

BFG - The Brazil Flora Group. **Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil**. *Rodriguésia* 66: 1085-1113. 2015.

BLANCAS-BENÍTEZ, F. J.; MERCADO-MERCADO, G.; QUIRÓS-SAUCEDA, A. E.; MONTALVO-GONZÁLEZ, E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; SÁYAGO-AYERDI, S. G. Bioaccessibility of polyphenols associated with dietary fiber and *in vitro* kinetics release of polyphenols in Mexican 'Ataulfo'mango (*Mangifera indica* L.) by-products. **Food & function**, 6(3), 859-868. 2015.

BOUZO, C., KÜCHEN, M. Effect of temperature on melon development rate. **Agron. Res.**; 10:283–294. 2012.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**. *Food Science and Technology*, v. 28 (1), p. 25-30, 1995.

BRENNA, O. V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4841-4844, 2001.

BRODKORB, A; EGGER, L; ALMINGER, M; ALVITO, P; ASSUNÇÃO, R; BALLANCE, S; BOHN, T; BOURLIEU-LACANAL, C; BOUTROU, R; CARRIÈRE, F; CLEMENTE, A; CORREDIG, M; DUPONT, D; DUFOUR, C; EDWARDS, C; GOLDING, M; KARAKAYA, S; KIRKHUS, B; FEUNTEUN, S. Le; LESMES, U; MACIERZANKA, A; MACKIE, A. R; MANTINS, C; MARZE, S; McCLEMENTS, D. J; MÉNARD, O; MINEKUS, M; PORTMANN, R; SANTOS, C. N. SOUCHON, I; SINGH, R. P; VEGARUD, G. E; WICKHAM, M. S. J; WEITSCHIES, W; RECIO, I. **INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion**. *Nature Protocols*. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>.

BUCKERIDGE, M. D.; AIDAR, M. P. M.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. **Acúmulo de reservas**. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: ARTMED, p. 31-50, 2004.

CAMPOS, D. A.; MADUREIRA, A. R.; SARMENTO, B.; GOMES, A. M.; PINTADO, M. M. Stability of bioactive solid lipid nanoparticles loaded with herbal extracts when exposed to simulated gastrointestinal tract conditions. **International Food Research**, 78, 131–140. 2015. doi: 10.1016/j.foodres.2015.10.025.

CARDOSO, C.; AFONSO, C.; LOURENÇO, H.; COSTA, S.; NUNES, M. L. Bioaccessibility assessment methodologies and their consequences for the risk-benefit evaluation of food. **Trends in Food Science Technology**, v. 41, p. 5–23, 2015.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. 2011. Vitamina C e carotenóides em frutas orgânicas e convencionais cultivadas no Brasil. **Food Chemistry**. 126, 411–416.

CARRATU, E; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Istituto Superiore di Sanità**. Vol.41 n°1, p.7-16. 2005.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: editora da UNICAMP, 207p. 2003.

CERQUEIRA, F. M; MEDEIROS, M. H. G. de; AUGUSTO, O. Dietetic antioxidants: controversies and perspectives. **Química Nova**. Vol. 30, nº 2, p. 441-9, 2007.

CHANDRASEKARA, A.; SHAHIDI, F. Bioaccessibility and antioxidant potential of millet grain phenolics as affected by simulated *in vitro* digestion and microbial fermentation. **Journal of Functional Foods**, 4(1): 226-237. January 2012. DOI: 10.1016/j.jff.2011.11.001

CHANG, S. K., ALASALVAR, C., & SHAHIDI, F. (2016). Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. **Journal of Functional Foods**, 21, 113–132. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.034>.

CHEN, L. Y; CHENG, C. W; LIANG, J. Y. Effect of esterification condensation on the Folin–Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. **Food Chemistry**, Volume 170, Pages 10-15, ISSN 0308-8146, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.038>

CILLA, A.; BOSCH, L.; BARBERÁ, R.; ALEGRÍA, A. Effect of processing on the bioaccessibility of bioactive compounds—A review focusing on carotenoids, minerals, ascorbic acid, tocopherols and polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**; v. 68:3–15. 2018. doi: 10.1016/j.jfca.2017.01.009.

CIPRIANO, R.; MARTINS, J. P. R.; RODRIGUES, L. C. de A.; FALQUETO, A. R.; GONTIJO, A. B. P. L. Impact of saline solution on growth and photosystem II during *in vitro* cultivation of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae). **Rodriguésia**, 72: e01242019. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172018>

CODEX ALIMENTARIUS. **Guidelines on nutrition labelling CAC/ GL 2-1985 as last amended 2010**. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat os Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome, 2010.

CONEXÃO AMBIENTAL. **Pancs: Plantas Alimentícias Não Convencionais**. 2021. Disponível em: < <http://www.conexaoambiental.pr.gov.br/Pagina/Pancs-Plantas-Alimenticias-Nao-Convencionais#>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2021.

CONSTANT, L. da S. **Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* para avaliação da bioaccessibilidade de carotenoides em suco de melancia**. 52 fls. 2016. Dissertação Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Instituto de Tecnologia. Seropédica, Rio de Janeiro, 2016.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, 44(7), 2047–2053. 2011. doi:10.1016/j.foodres.2010.11.003

CORADIN, L; SIMINSKI, A; REIS, A. **Espécies Nativas de Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial – Plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 934p. 2011.

CORRÊA, A. C., CARMONA, V. B., SIMÃO, J. A., GALVANI, F., MARCONCINI, J. M., & MATTOSO, L. H. C. Cellulose Nanocrystals from Fibers of Macauba (*Acrocomia Aculeata*) and Gravata (*Bromelia Balansae*) from Brazilian Pantanal. **Polymers**, 11(11), 1785. 2019. doi:10.3390/polym11111785

COSTANZO, G.; VITALE, E.; IESCE, M.R.; NAVIGLIO, D.; AMORESANO, A.; FONTANAROSA, C.; SPINELLI, M.; CIARAVOLO, M.; ARENA, C. Antioxidant Properties of Pulp, Peel and Seeds of Phlegrean Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) at

Different Stages of Fruit Ripening. **Antioxidants**, *11*, 187. 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox11020187>

CUPPARI, L. **Nutrição: Nas doenças crônicas não-transmissíveis**. Barueri-SP, Manole. 1ª edição. 2009.

DAMODARAN, S; PARKIN, K. L; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**; 4. Ed. – Porto Alegre: Artmed, 900p. 2010.

D'ANIELLO, C; CERMOLA, F; PATRIARCA, E. J; MINCHIOTTI, G. Vitamin C in Stem Cell Biology: Impact on Extracellular Matrix Homeostasis and Epigenetics. **Stem Cells International**. 2017.

DE CARVALHO, A. T.; PAES, M. M.; CUNHA, M. S.; BRANDÃO, G. C.; MAPELI, A. M.; RESCIA, V. C.; OESTERREICH, S. A.; VILLAS-BOAS, G. R. Ethnopharmacology of Fruit Plants: A Literature Review on the Toxicological, Phytochemical, Cultural Aspects, and a Mechanistic Approach to the Pharmacological Effects of Four Widely Used Species. **Molecules**, *25*, 3879; 2020. doi:10.3390/molecules25173879

DERAM, S. **O que é valor energético – devemos contar calorias no nosso dia a dia?**.

2019. Disponível em: <[DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. \*\*Journal of Agricultural and Food Chemistry\*\*, v. 50 \(10\), p. 3010-3014, 2002.](https://sophiederam.com/br/bem-estar/o-que-e-valor-energetico/#:~:text=O%20valor%20energ%C3%A9tico%20%C3%A9%20uma,doen%C3%A7a%2C%20visando%20prevenir%20a%20desnutri%C3%A7%C3%A3o.></a>>. Acesso em: 25 de Maio de 2022.</p></div><div data-bbox=)

DIMA, C.; ASSADPOUR, E.; DIMA, S.; JAFARI, S. M. Biodisponibilidade e bioacessibilidade de compostos bioativos de alimentos; visão geral e avaliação por métodos *in vitro*. **Revisões abrangentes em Ciência Alimentar e Segurança Alimentar**. 2020. doi: 10.1111 / 1541-4337.12623.

DUARTE, A. S.; DA SILVA, C. V.; PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S. Demographic structure and fruit production of *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 9(3):106-112. 2007.

DUDA-CHODAK A.; TARKO T. Antioxidant properties of different fruit seeds and peels. **Acta Scientiarum Polonorum, Technol. Aliment.** v. 6 (3), 29-36. 2007.

DUPONT, D. et al. An international network for improving health properties of food by sharing our knowledge on the digestive process. **Food Digestion** 2, 23–25, 2011.

DURAK, A.; GAWLIK-DZIKI, U., PECIO, L. Coffee with cinnamon-impact of phytochemicals interactions on antioxidant and anti-inflammatory *in vitro* activity. **Food Chemistry**; v. 162:81–88, 2014.

DUTRA, T. R.; MACEDO, D. A.; MARQUESA, A. D.; BATISTA, F. J.; MEIRELES, R. B.; CORDEIRO, M. M.; MAGNANIC, M.; BORGES, C. G. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**; 100:650–657. 2017. doi: 10.1016/j.foodres.2017.07.047.

DWIVEDI, D; TANG, J; BOUSKILL, N; GEROGIOU, K; CHACON, S. S; RILEY, W. J. D. Abiotic and biotic controls on soil organo–mineral interactions: developing model structures to analyze why soil organic matter persists. **Rev. Mineiro. Geoquímica.**, 85, pp. 329 - 348, 2019. 10.2138/rmg.2019.85.11

EGGER, L; MÉNARD, O; DELGADO-ANDRADE, C; ALVITO, P; ASSUNÇÃO, R; BALANCE, S; BARBERÁ, R; BRODKORB, A; CATTENOZ, T; CLEMENTE, A; COMI, I; DUPONT, D; GARCIA-LLATAS, G; LAGARDA, M. J; FEUNTEUN, S. L; DUIJGHUIJSEN, L. J; KARAKAYA, S; LESMES, U; MACKIE, A. R; MARTINS, C; MEYNIER, A; MIRALLES, B; MURRAY, B. S; PIHLANTO, A; PICARIELLO, G; SANTOS, C. N; SIMSEK, S; RECIO, I; RIGBY, N; RIOUX, L. E; STOFFERS, H; TAVARES, A; TAVARES, L; TURGEON, S; ULLEBERG, E. K; VEGARUD, G. E; VERGÈRES, G; PORTMANN, R. The harmonized INFOGEST *in vitro* digestion method: From knowledge to action. **Food Research International**. Volume 88, Part B, Outubro, páginas 217-225, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.006>

EMBRAPA. **Abacaxi**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/abacaxi>>. Acesso em 19 de nov. de 2020.

EMBRAPA. **Sistema de produção de hortaliças não-convencionais (PANCs)**. 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2613/sistema-de-producao-de-hortalicas-nao-convencionais-pancs>>. Acesso em 23 de nov. de 2020.

EPLER, K. S.; ZEIGLER, R. G.; CRAFT, N. E. Liquid chromatographic method for the determination of carotenoids, retinoids and tocopherols in human serum and in foods. **Journal of Chromatography**, v. 619, p. 37-48, 1993.

ESKIN, M; SHAHIDI, F. **Bioquímica de alimentos**. 3º ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

European Patent Office. Espacenet. Disponível em: <[https://worldwide.espacenet.com/?locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP)>. Acesso em: 15 de Junho de 2021.

EVERETTE, J. D; BRYANT, Q. M; GREEN, A. M; ABBEY, Y. A; WANGILA, G. W; WALKER, R. **Estudo completo da reatividade de várias classes de compostos em relação ao reagente Folin-Ciocalteu**. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58 (14), pp. 8139 – 8144. 2010.

FAILLA, M L & CHITCHUMROONCHOKCHAI, C. In vitro models as tools for screening the relative bioavailabilities of provitamin A carotenoids in foods. **HarvestPlus Technical Monograph**, 2005.

FAO. **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**. Rome. 224 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

FAO. **The State of Food Insecurity in the World**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015.

FARIAS, D. de P.; ARAÚJO, F. F de.; NERI-NUMA, I. A.; DIAS-AUDIBERT, F. L.; DELAFIORI, J.; CATHARINO, R. R.; PASTORE, G. M. Distribution of nutrients and functional potential in fractions of *Eugenia pyriformis*: An underutilized native Brazilian fruit. **Food Research International**, v. 137, 109522. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109522>



- FATIOLA PAISAGISMO. **Ananas bracteatus**. 2015. Disponível em: <<http://paisagismo.andfatiola.com/2015/09/ananas-bracteatus.html>>. Acesso em 06 de Abril de 2021.
- FERREIRA, E. A; SIQUEIRA, H. E; BOAS, E. V. V; HERMES, V. S; RIOS, A. de O. Bioactive compounds and antioxidant activity of pineapple fruit of different cultivars. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP**, v. 38, n. 3: e-146, May/ Jun 2016.
- FILIPPON, S. **Aspectos da demografia, fenologia e uso tradicional do Caraguatá (*Bromelia antiacantha* Bertol.) no Planalto Norte Catarinense**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2009.
- FILIPPON, S.; DA SILVA, C. V.; DUARTE, A. S.; BIAVATTI, SANTOS, D. S., DOS REIS, M.S. *Bromelia antiacantha* banana do mato. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 568-577, 2011.
- FILIPPON, S; FERNANDES, C. D; FERREIRA, D. K; SILVA, D. L. S. da; ALTRAK, G; DUARTE, A. S; REIS, M. S. dos. ***Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae): Caracterização Demográfica e Potencial de Manejo em uma População no Planalto Norte Catarinense**. Biodiversidade Brasileira, 2(2), 83-91, 2012.
- FLORES, F.; MARTÍNEZ-MADRID, M.C.; SÁNCHEZ-HIDALGO, F.J.; ROMOJARO, F. Differential rind and pulp ripening of transgenic antisense ACC oxidase melon. **Plant Physiology and Biochemistry (France)**. v.39, 37–43, 2001.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **A ciência dos antioxidantes**. Revista-FI, Nº 34 – 2015. Disponível em: <[https://revista-fi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060891165001466771251.pdf](https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060891165001466771251.pdf)>. Acesso em 19 de nov. de 2020.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê antioxidantes**. Revista-FI, Nº 36 – 2016. Disponível em: <[https://revista-fi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060122772001464801324.pdf](https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060122772001464801324.pdf)>. Acesso em 19 de nov. de 2020.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Editora Atheneu, 2008.
- FUNDO, J. F.; MILLER, F. A.; GARCIA, E.; SANTOS, J. R.; SILVA, C. L. M.; BRANDÃO, T. R. S. Physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity in juice, pulp, peel and seeds of *Cantaloupe* melon. **Journal of Food Measurement and Characterization**. v. 12, 292–300, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9640-0>
- FURTADO, S.; BRANDES, M.; ALAMÓN, C.; BOTASINI, S.; CANTERA, A. M. B. The use of magnetic nanoparticles for immobilization and recycling of enzymes. **MRS Advances** 3, 3581–3587. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1557/adv.2018.559>
- GARCÍA, A. V.; MARTÍNEZ, M. I. D.; LANDETE, M. P.; MOYA, M. S. P.; SANAHUJA, A. B. Potential of Industrial Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) By-Products as Aromatic and Antioxidant Sources. **Antioxidants**, 10(11), 1767 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10111767>

GARCÍA, E. F.; LÉRIDA, I. C.; GÁLVEZ, A. P. *In vitro* bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition research (New York, N.Y.)**, v. 29, n. 11, p. 751–60, 2009.

GARCÍA, R. G.; VILAS-BOAS, A. A.; OLIVEIRA, A.; AMORIM, M.; TEIXEIRA, J. A.; PASTRANA, L.; PINTADO, M. M.; CAMPOS, D. A. Impact of Simulated Human Gastrointestinal Digestion on the Bioactive Fraction of Upcycled Pineapple By-Products. **Foods**, 11(1), 126; 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11010126>

GARRETT, P. R. **Recent developments in the understanding of foam generation and stability**. *Chem. Eng. Sci.* 48: 367-392. 1993.

GIVNISH, T. J; BARFUSS, M. H. J; VAN, E. B; RIINA, R; SCHULTE, K; HORRES, R; GONSISKA, P. A; JABAILY, R. S; CRAYN, D. M; , SMITH J. A. C; WINTER, K; BROWN, G. K; EVANS, T. M; HOLST, B. K; LUTHER, H; TILL, W; ZIZKA, G; BERRY, P. E; SYTSMA, K. J. **Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny**. *American Journal of Botany* 98: 1-24. 2011.

GONDIM, J. A. M; MOURA, M. de F. V; DANTAS, A. S; MEDEIROS, R. L. S; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, pp. 825-827, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400032>.

GONZÁLEZ-ARIAS, C. A. G.; MARÍN, S.; SANCHIS, V.; & RAMOS, A. J. Mycotoxin bioaccessibility/absorption assessment using *in vitro* digestion models: a review. **World Mycotoxin Journal**, 6(2), 167–184. 2013. doi:10.3920/wmj2012.1521

GÓRNAŚ, P.; RUDZIŃSKA, M. Seeds recovered from industry by-products of nine fruit species with a high potential utility as a source of unconventional oil for biodiesel and cosmetic and pharmaceutical sectors. **Ind. Crops Prod.**, 83, pp. 329 – 338, 2016.

GÓRNAŚ, P.; SOLIVEN, A.; SEGLINŃA, D. Seed oils recovered from industrial fruit by-products are a rich source of tocopherols and tocotrienols: rapid separation of  $\alpha/\beta/\gamma/\delta$  homologues by RP-HPLC/FLD. **Eur. J. Lipid Sci. Technol.**, 117 ( 6 ), pp. 773 – 777, 2015.

GOUDA, E. J; BUTCHER, D; GOUDA, K. **Encyclopaedia of Bromeliads**. Version 4. 2018. Disponível em: < <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>>. Acesso em 05 de nov. de 2020.

GOULART, R. M. M. **Desperdício de alimentos: um problema de saúde pública**. *Integração*, n. 54, p. 285-288. 2008.

GROSSO, G; BEI, R; MISTRETTA, A; MARVENTANO, S; CALABRESE, G; MASUELLI, L; GIGANTI, M. G; MODESTI, A; GALVANO, F; GAZZOLO, D. Effects of Vitamin C on health: a review of evidence. **Frontiers in Bioscience**. 2013 Jun 1;18:1017-29. 2013.

GUILLÉN-RÍAMOS, P.; BURLÓ, F.; MARTÍANEZ-SÁNCHEZ, F.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Effects of Processing on the Quality of Preserved Quartered Artichokes Hearts. **Journal of Food Science**. v. 71(2):S176 - S180, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.tb08922.x

HAAS, I. C. DA S.; TOALDO, I. M.; BURIN, V. M.; & BORDIGNON-LUIZ, M. T. Extraction optimization for polyphenolic profiling and bioactive enrichment of extractives of non-pomace

residue from grape processing. **Industrial Crops and Products**; v. 112, 593–601. 2018. doi:10.1016/j.indcrop.2017.12.058

HAVERROTH, M. **Kaingang – Um estudo etnobotânico**. O uso e classificação das plantas na área indígena Xapecó. 192 f. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Curso de pós-graduação em Antropologia Social, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1997.

HOSSAIN, M. A; RAHMAN, S. M. M. **Total fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante de abacaxi de frutas tropicais**. Pesquisa Alimentar International, New York, v.44, p.672-676, 2011.

HUANG, B. D; PRIOR, R. L. **A química por trás dos ensaios de capacidade antioxidante**. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53 (6), pp. 1841 – 1856. 2005.

ILYASOV, I.; BELOBORODOV, V.; ANTONOV, D.; DUBROVSKAYA, A.; TEREKHOV, R.; ZHEVLAKOVA, A.; SAYDASHEVA, A.; EVTEEV, V.; SELIVANOVA, I. **Flavonoids with Glutathione Antioxidant Synergy: Influence of Free Radicals Inflow. Antioxidants**, Aug; 9(8): 695. 2020. doi: 10.3390/antiox9080695

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Consulta à Base de dados do INPI**. Disponível em: <<https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>>. Acesso em: 20 de Junho de 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Em janeiro, IBGE prevê safra recorde de 262,2 milhões de toneladas para 2021**. 2021. Disponível em:< <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30062-em-janeiro-ibge-preve-safra-recorde-de-262-2-milhoes-de-toneladas-para-2021#:~:text=Em%20janeiro%2C%20IBGE%20prev%C3%AA%20safra,milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20para%202021>>. Acesso em: 10 de abril. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Tabelas de composição de alimentos** / IBGE. 5. ed. - Rio de Janeiro: IBGE. pg. 137, 1999.

JAY, J.M.; LOESSNER, M.J.; GOLDEN, D.A. **Modern food Microbiology**. 7th Ed. New York, Springer, 2005.

JAYAPRAKASHA, G. K; GIRENNAVAR, B; PATIL, B. S. Capacidade antioxidante de pumelo e laranjas de umbigo: Eficiência de extração de solventes em sequência. **LWT- Food Science and Technology**; v. 41 :376-384. 2008. doi: 10.1016/j.lwt.2007.03.017.

JENAB, M. et al. **Associação de ingestão de nozes e sementes com colorretal Risco de câncer na investigação prospectiva europeia sobre câncer e Nutrição**. Epidemiologia do câncer, biomarcadores e prevenção, v. 13, p. 1595-1603, 2004.

JOHNSON, I. T. Fibras. In: **Conhecimentos Atuais em Nutrição** (MARRIOTT, BERNADETTE P., BIRT, DIANE F., STALLINGS, VIRGINIA A. e YATES, ALLISON A.). 11 edição. Cambridge (Estados Unidos): **Academic Press**, 2020, p. 515-529. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-66162-1.00002-0>

JORGE, L.; FERRO, V. O. **Revista Farm Bioquímica**, USP, v. 29, n. 69, 1993.

KAISOON, O; KONCZAK, I; SIRIAMORNUN, S. Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand Food Research International. **Functional Foods and Nutraceuticals**, v. 46, p. 563–571, 2012.

KEDARE, S.; SINGH, R. **Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay.** Journal of Food Science and Technology, v. 48, n. 4, p. 412-422, 2011.

KELEN, M. E. B; NOUHUYS, I. S. V; KEHL, L. C; BRACK, P; SILVA, D. B. da. **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) hortaliças espontâneas e nativas.** 1ª Edição Porto Alegre Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

KIM, D. O.; CHUN, O. K.; KIM, Y. J.; MOON, H. Y.; LEE, C. Y. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**; 51:6509–6515. 2003. doi: 10.1021/jf0343074.

KIM, I.; MOON, J. K.; HUR, S. J.; LEE, J. Alterações estruturais em antocianinas de amoreira (*Morus Microphylla*. Buckl) e chokeberry (*Aronia melanocarpa*) durante digestão humana simulada *in vitro*. **Food Chemistry**, 318, p. 126449, 2020. 10.1016/j.foodchem.2020.126449

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, p. 768p. 2014.

KORHONEN, H. **Technology options for new nutritional concepts.** International Journal of Dairy Technology, v. 55, n. 2, p. 79–88, 2002.

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.** Rev. Bras. Frutic., v.37 nº.2, Jaboticabal Apr./June, 2015.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. **Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** 1ª ed. São Carlos: RiMa. 531p. 2004.

LASUNON, P.; PHONKERD, N.; TETTAWONG, P.; SENGKHAMPARN, N. Total phenolic compound and its antioxidant activity of by-product from pineapple. **Food Research**; v. 6 (4): 107 – 112. 2022. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).453](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).453)

LAYRISSE, M. New property of vitamin A and carotene on human iron absorption: effect on phytate and polyphenols as inhibitors of iron absorption. **Archivos Latinoamericanos Nutrición**, Guatemala, v. 50, p. 243-248, 2000.

LEITE, D. D. de F.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; SANTOS, F. S. dos.; SILVA, S. do N.; SANTOS, D. da C. Mathematical modeling and thermodynamic properties in the drying of citron watermelon seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v. 26 (1) Jan, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p67-74>

LI, Y.; ZHANG, J.; XU, D.; ZHOU, T.; ZHOU, Y.; LI, S.; LI, H. Review. Bioactivities and Health Benefits of Wild Fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, 17 (8), p. 1258, 2016. 10.3390/ijms17081258

LIBERAL, O. H. T.; COELHO, R. C. **Manual do laboratório de análise de sementes**. Niterói: PESAGRO-Rio, 1980. v. 1, 95 p.

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi 'pérola' minimamente processado. **HOLOS**, vol. 2, pp. 122-136, 2017. DOI: 10.15628/holos.2017.5238

LOBO V.; PATIL A.; PHATAK A.; CHANDRA N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Reviews**; 4:118. 2010. doi: 10.4103/0973-7847.70902.

LOPES NETO, J. J.; VERAS, K. S.; ROSA, C. DOS S.; SILVA, P. R.; LUZ, T. R. S. A.; DINIZ, J. S.; AMARAL, F. M. M. DO; SOUSA, I. H. DE; MORAES, D. F. C. **Estudo botânico, fitoquímico e avaliação de atividades biológicas do fruto de Ananas comosus var. comosus (L.) Merrill (Bromeliaceae)**. Gaia Scientia, v. 9, n. 1, 31 dez. 2015.

MACCIÓ, L., VALLÉS, D. & CANTERA, A.M. Proteolytic enzymes from *Bromelia antiacantha* as tools for controlled tissue hydrolysis in entomology. **SpringerPlus** 2, 307, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-307>

MADUWANTHI, S. D. T.; MARAPANA, R. A. U. J. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of banana (*Musa acuminata*, AAB) as affected by induced ripening agents. **Food Chemistry**, v. 339, 127909, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127909>

MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N.; KECHAOU, N. Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. **Process Safety and Environmental Protection**, 113, 68–77. 2018. doi:10.1016/j.psep.2017.09.016

MANETTI, L. M.; TURRA, A. F.; TAKEMURA, O. S.; SVIDZINSKI, T. I. E.; & LAVERDE JUNIOR, A. Avaliação das atividades antimicrobiana, citotóxica, moluscicida e antioxidante de *Bromelia antiacantha* Bertol. (*Bromeliaceae*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 12(4), 406–413. 2010. doi:10.1590/s1516-05722010000400002

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortalças PANCs atraem agricultores que querem diversificar produção de alimentos**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/hortalicas-pancs-atraem-a-atencao-de-agricultores-que-querem-diversificar-producao-de-alimentos#:~:text=Hortali%C3%A7as%20PANCs%20atraem%20agricultores%20que%20querem%20diversificar%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20alimentos,As%20Plantas%20Aliment%C3%ADcias&text=Ora%2Dpro%2Dn%C3%B3bis%2C%20quia bo,%2C%20capuchinha%2C%20vinagreira%20e%20yacon.&text=A%20Embrapa%20estima%20que%20o,entre%20nativas%2C%20ex%C3%B3ticas%20ou%20naturalizadas>>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 495 p. 2005.

MARQUES, A. P. S.; CHICAYBAM, G.; TARANTO, M.; MANHÃES, L. R. T. **Comparação da composição centesimal da casca de manga Tommy (*Mangifera indica* L) e da casca de melancia (*Citrullus lanatus*) com suas respectivas polpas**. Revista da Associação Brasileira de Nutrição, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 100-100, 2008.

- MARTINELLI, G., VIEIRA, C. M., GONZALEZ, M., LEITMAN, P., PIRATININGA, A., COSTA, A. F. DA, & FORZZA, R. C. *Bromeliaceae* Da Mata Atlântica Brasileira: Lista De Espécies, Distribuição E Conservação. **Rodriguésia**, 59(1), 209–258. 2008. doi:10.1590/2175-7860200859114
- MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M.A.; FIGUEROA, J.G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. **Food Research International**; 49, 39–45. 2012.
- MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A; FIGUEROA, J. G; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A; VIUDA-MARTOS, M. **Química, tecnológica e propriedades antioxidantes *in vitro* de manga, goiaba, concentrado de fibra alimentar de abacaxi e maracujá**. Food Chemistry, Berlin, v.135, n.3, p.1520-1526, 2012.
- MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; VIDAL, M. M. C.; LAHUERTA, J. J. M. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. **Actividad dietética**, v. 12, n. 2, p. 64-68, 2008.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. A. G. L.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008. 10.1590/S1516-93322008000200005
- MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.
- MERCADANTE, A. Z.; ENGELAND, E. S. **Carotenoids Handook**, 1 st.; Britton, G.; LiaaenJensen, S.; Pfander, H., Eds.; Birkhauser: Basel, Switzerland, 2004.
- MERCIER, H.; YOSHIDA, M. K. **Bromelian activity leaf tissue of *Bromelia antiacantha***. Journal of the Bromeliad Society, p. 6-10, 1998.
- MERKEN, H. M; BEECHER, G. R. **Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review**. J Agric Food Chem; 48 (3): 577-99. 2000.
- MINEKUS, M., ALMINGER, M., ALVITO, P., BALLANCE, S., BOHN, TORSTEN, BOURLIEU, C., ... & BRODKORB, A. **Um método de digestão estática *in vitro* padronizado adequado para alimentos - um consenso internacional**. *Alimentação e função*, 5 (6), 1113-1124, 2014.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE -Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Ações e Incentivo ao Consumo de Frutas e Hortaliças do Governo Brasileiro**. Brasília, setembro de 2009.
- MISHRA, K.; OJHA, H.; CHAUDHURY, N. K. **Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results**. Food Chemistry v. 130, n. 4, p. 1036-1043, 2012.
- MOHAMAD, N.; YEAP, S.; LIM, K.; YUSOF, H.; BEH, B.; TAN, S.; ... ALITHEEN, N. Antioxidant effects of pineapple vinegar in reversing of paracetamol-induced liver damage in mice. **Chinese Medicine**, 10(1), 3. 2015. doi:10.1186/s13020-015-0030-4
- MOREIRA, A. V. B; MANCINI-FILHO, J. **Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos**. Rev Nutr; 17 (4): 411-24. 2004.

MOREIRA, B.A. **Palinotaxonomia da família Bromeliaceae do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo, 2007.

MORS, W. B.; RIZZINI, C. T.; PEREIRE, N. A. **Medicinal plants of Brazil**. Algonac7 Reference Publications; 2000. In: ANDRIGUETTI-FRÖHNER, C. R.; SICERO, T. C. M.; SILVA, A. C. et al. **Antiviral evaluation of plants from Brazil Atlantic Forest**. *Fitoterapia*, v. 76, p. 374-378, 2005.

MUSA, K. H.; ABDULLAH, A.; KUSWANDI, B.; HIDAYAT, M. A. **A novel high throughput method based on the DPPH dry reagent array for determination of antioxidant activity**. *Food Chemistry* v. 141, n. 4, p. 4102-4106, 2013.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Brasil**. 2021. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2021.

NASCIMENTO, A. L. A. A.; BRANDI, I. V.; DURÃES, C. A. F.; LIMA, J. P.; SOARES, S. B.; MESQUITA, B. M. A. C. Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e2019269, 2020.

NEGLO, D.; TETTEY, C. O.; ESSUMAN, E. K.; KORTEI, N. K.; BOAKYE, A. A.; HUNKPE, G.; ... DEVI, W. S. Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. **Scientific African**, 11, e00582. 2021. doi:10.1016/j.sciaf.2020.e00582

OLSON, J. A. Carotenoids and Human Health. **Archivos Latinoamericanos Nutrición**, Guatemala, v. 49, p.7-11, 1999.

OOMEN, A G; ROMPELBERG, C. J. M; BRUIL, M. A; DOBBE, C. J. G; PEREBOOM, D. P. K. H; SIPS, A. J. A. M. **Development of an *in vitro* digestion model for estimating the bioaccessibility of soil contaminants**. *Archives of environmental contamination and toxicology*, v. 44, n. 3, p. 281–7, 2003.

ORREGO, C. E.; SALGADO, N.; BOTERO, C.A. Developments and trends in fruit bar production and characterization, *CRC Crit. Revista Food Science*. 53 (2013) 1–13.

PARLAMENTO EUROPEU. **Economia circular: definição, importância e benefícios**. Disponível em: < <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios>>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

PATERNIANI, E. **Agricultura sustentável nos trópicos**. *Estudos Avançados* 15: 303-326, 2001.

PÉREZ, C. R.; CARRETERO, A. S.; DEL MAR, M. C. Phenolic compounds as natural and multifunctional anti-obesity agents: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**; 59:1212–1229, 2019. doi: 10.1080/10408398.2017.1399859.

PÉREZ-JIMENEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZRUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GONI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant, food, oils and beverages: extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, Toronto, v. 41, n. 3, p. 274-285, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2007.12.004>

PIMENTEL, C. V. M. B; FRANCKI, V. M; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos.** São Paulo: Varela; 2005.

PITT, J.I.; HOCKING, A.D. **Fungi and Food Spoilage.** 3rd ed. New York, Springer, 2009.

POLANÍA, A. M.; LONDOÑO, L.; RAMÍREZ, C.; BOLIVAR, G.; AGUILAR, C. N. Valorization of pineapple waste as novel source of nutraceuticals and biofunctional compounds. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02811-8>

PRIOR, R. L; WU, X; K. SCHAICH, K. S. **Métodos padronizados para a determinação da capacidade antioxidante e fenólicos em alimentos e suplementos dietéticos.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53 (10), pp. 4290 – 4302. 2005.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos.** Química Nova, v. 29, n. 4, jul. 2006. RAMARATHNAM, N; OSAWA, T; OCHI, H; KAWAKISHI, S. **The contribution of plant food antioxidants to humans health.** Trends Food Sci Nutr; 6 (3): 75-82. 1995.

RANIERI, G. R.; BORGES, F.; NASCIMENTO, V.; GONÇALVES, J. R. **Guia prático sobre PANCs: plantas alimentícias não convencionais /** organização Instituto Kairós. 1. Ed. São Paulo: Instituto Kairós, 2017.

RBG kew – Royal Botanic Gardens. **The state of the world's plants report.** Royal Botanical Gardens, Kew. 100p. 2017.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGEMNTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p 1231–1237, 1999.

REIFSCHNEIDER, F. J. B; NASS, L. L; HENZ, G. P; HEINRICH, A. G; RIBEIRO, C. S. C; FILHO, K. E; BOITEUX, L. E; RITSCHER, P; FERRAZ, R. M; QUECINI, V. **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros.** 17ª ed. Brasília. 156p. 2015.

REIS, M. S.; MONTAGNA, T.; MATTOS, A. G.; FILIPPON, S.; LADIO, A. H.; MARQUES, A. DA C.; ... MANTOVANI, A. Domesticated Landscapes in Araucaria Forests, Southern Brazil: A Multispecies Local Conservation-by-Use System. **Frontiers in Ecology and Evolution**, vol.6:11. 2018. doi:10.3389/fevo.2018.00011

REIS, R. C; VIANA, E. de S; JESUS, J. L. de; LIMA, L. F. L; NEVES, T. T. das; CONCEIÇÃO, E. A. da. **Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão.** Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.11, p. 2076-2081, 2015.

REITZ, R. **Bromeliáceas e a Malária - Bromélia Endêmica.** Flora Ilustrada Catarinense, 800p. 1983.

ROCHA, S. A. da; LIMA, G. P. P; LOPES, A. M; BORGUINI, M. G; CICCONE, V. R; BELUTA, I. **Fibras e lipídios em alimentos vegetais oriundos do cultivo orgânico e convencional.** Revista SimbioLogias, v.1, n.2, p.1-9, 2008.

RODRIGUES, K. F.; BITENCOURT, T. C.; NÚÑEZ, J. G.; GARCIA, H. O.; BUHL, B.; PADILHA, G. L.; ETHUR, E. M.; HOEHNE, L.; BRUNO, A. N.; FREITAS, E. M. Phytochemical profile and biological activities of Bromelia antiacantha extracts. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.255529>



RODRÍGUEZ, G. V.; SAUCEDA, A. Q.; MERCADO, G. M.; ZAVALA, J. F. A.; GARCÍA, H. A.; SÁNCHEZ, R. M. R.; MEDRANO, A. W.; AYERDI, S. S.; AGUILAR, G. A. G. Effect of dietary fiber on the bioaccessibility of phenolic compounds of mango, papaya and pineapple fruits by an *in vitro* digestion model. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 36, n. 2, pp. 188-194. 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6729>.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. **Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food.** **Food Chemistry**, v. 92, p. 235-254, 2005.

ROSSA, U. B. **Produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização.** 2013, 208f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH.** Comunicado Técnico Embrapa. ISSN 1679-6535 Julho, Fortaleza, CE, 2007a.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS.** Comunicado Técnico Embrapa. ISSN 1679-6535 Julho, Fortaleza, CE, 2007b.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo método de redução do ferro.** Comunicado Técnico Embrapa. ISSN 1679-6535 Julho, Fortaleza, CE, 2006.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável.** In: STROH, P. Y. (Org.). Garamond, 96. Sustentabilidade em Debate - Brasília, 6(3), 131-143. 2015.

SALIHović, M.; PAZALJA, M.; AJANOVIĆ, A. Antioxidant Activity of Watermelon Seeds Determined by DPPH Assay. **Journal of Chemistry and Chemical Engineers of Croatia**; 71 (5-6), 295–300. 2022. DOI: <https://doi.org/10.15255/KUI.2021.064>

SANCHEZ, J.; MARZORATI, M.; GROOTAERT, C.; BARAN, M.; VAN CRAEYVELD, V.; COURTIN, C.; BROEKAERT, W.; DELCOUR, J.; VERSTRAETE, W.; VAN DE WIELE, T. Arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) affect the protein/carbohydrate fermentation balance and microbial population dynamics of the Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem. **Microb. Biotechnology**, 2, 101–113. 2009.

SANTOS, D. da S. **Biologia Reprodutiva de Bromelia antiacantha Bertol. (Bromeliaceae) em uma População natural sob cobertura de Floresta Ombrófila Mista.** 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2001.

SANTOS, D. da S.; PUCHALSKI, A.; GOMES, G. S.; MANTOVANI, M.; SILVA, J. Z. da; REIS, M. S. **Variação no período de germinação de sementes em uma população natural de Bromelia antiacantha (Bertol).** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 6, n. 3, p. 35-41, 2004.

SANTOS, M. H. D.; BATISTA, B. L.; DUARTE, S. M. D. S.; ABREU, C. M. P. D.; GOUVÊA, C. M. C. P. Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade antioxidante do café (Coffea arabica). **Química Nova**, 30(3), 604-610. 2007.

SANTOS, V. N. C.; DE FREITAS, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; BIAVATTI, M. W. Ripe fruits of Bromelia antiacantha: investigations on the chemical and bioactivity

profile. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 19(2A): 358-365, Abr./Jun. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000300004>

SAURA-CALIXTO, F. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v. 59(1), 43-49. 2010.  
SCHAICH, K. M.; TIAN, X.; XIE, J. Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. **Journal of Functional Foods**, v. 14, 111–125. 2015. doi:10.1016/j.jff.2015.01.043

SCHERER, R.; GODOY, H. T. **Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method**. *Food Chemistry* v. 112, n. 3, p. 654-658, 2009.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, V. 245, P. 305-311, 2018.

SEERAM, N. P; HENNING, S. M; LEE, R; NIU, Y; SCHEULLER, H. S; HEBER, D. **Teores de catequina e cafeína em suplementos dietéticos de chá verde e correlação com a atividade antioxidante**. *J. Agric. Food Chem.* 54, pp. 1599 – 1603. 2006.

SERAGLIO, S. K. T. *et al.* Development and validation of a LC-ESI-MS/MS method for the determination of phenolic compounds in honeydew honeys with the diluted-and-shoot approach. **Food Research International**, v.87, p. 60–67. 2016.

SERAGLIO, S. K. T; SCHULZ, M; NEHRING, P; BETTA, F. D; VALESE, A. C; DAGUER, H; GONZAGA, L. V; FETT, R; COSTA, A. C. O. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. **Food Chemistry**. v. 239, pp. 649 656, 2018. 10.1016 / j.foodchem.2017.06.118

SERINI, S. *et al.* **Ácidos graxos poliinsaturados da dieta como indutores da apoptose: implicações para o câncer**. *Apoptose*, v. 14, p. 135-152, 2009. PMID: 19130233. <http://dx.doi.org/10.1007/s10495-008-0298-2>

SHAHIDI, F; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic; 1995.

SHALABY, E. A., & SHANAB, S. M. **Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis***. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42, 556-564. 2013.

SILVA J. J. F. R. da; WILLIAMS, R. J. P. **The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life**, Clarendon Press, Oxford. 1991.

SILVA JR, E. A. Fatores que interferem no metabolismo dos microrganismos. In: **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. São Paulo: Varela, cap. 4, p. 21-42. 2001.

SILVA, B. M.; SANTOS, R. P.; MENDES, L. S.; PINHO, P. G.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P. B.; ..., CARVALHO, M. *Dracaena draco* L. fruit: Phytochemical and antioxidant activity assessment. **Food Research International**, 44 (7), pp. 2182-2189, 2011.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A.J. **Colorimetry of total phenolics with phophomolybdic-phosphotungstic acid reagents**. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.16, p.144-158, 1965.

SIQUEIRA-FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. **Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil.** Acta Botanica Brasilica, Alta Floresta, v. 15, n. 3, p. 497-443, 2001.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. **Pitcairnioideae (Bromeliaceae).** Flora Neotropica Monograph, New York, v. 14, n.1, p.1-658, 1974.

SOARES, A. G. **Brasil pode aumentar produção só reduzindo perdas.** In: ECO D. Do campo à cidade: soluções para o desperdício de alimentos. 2013. Especial Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/do-campo-cidade-solucoes-para-o-desperdcio-de-alimentos.pdf>. Acesso: 04 de novembro 2020.

SOARES, A. G. **Desperdício de alimentos no Brasil: um desafio político e social a ser vencido.** 2020. Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/508fc56454d19.pdf>. Acesso: 04 de novembro 2020.

SOARES, S. E. **Ácidos fenólicos como antioxidantes.** Rev Nutr; 15 (1): 71-81. 2002.

SOLIMAN, G. A. (2019). Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. **Nutrients**, v. 11, n. 5, pág. 1-11. 2019. doi:10.3390/nu11051155

SOUSA, C. M. M.; ROCHA E SILVA, H.; VIEIRA, J. R. G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** Química Nova, São Paulo, v. 30, n.2, p.351-355, 2007.

SOUSA, E. P. de.; SILVA, L. M. de M.; SOUZA, F. C. de.; FERRAZ, R. R; FAÇANHA, L. M. Caracterização físicoquímica da polpa farinácea e semente do jatobá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n. 2, p. 117-121, 2012.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. de. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 14, n. 3, pp. 202-210. 2011. <https://doi.org/10.4260/BJFT2011140300024>.

SOUZA, P. D. J.; NOVELLO, D.; ALMEIDA, J. M.; QUINTILIANO, D. A. **Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças.** Alimentação e Nutrição, v.18, n.1, p.55- 60, 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.** [S.l: s.n.], 2012.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. IN: OETTERER, M.; REGITANO-DÁRCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri: Manole, cap. 12, p.565-604, 2006.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** 4.ed. Campinas: Nepa-Unicamp, 161 p. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 820p. 2013.

TANUR, E.; E., LISTER, I. N. E., FACHRIAL, E., GIRSANG, E. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) and Inhibition of Collagenase Enzyme Activity from Ethanol Extract of Pineapple (*Ananas cosmus*(L.) Merr) Core. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)** v. 70, Nº 1, pp 99-105. 2020.

- TIRZITIS, G.; & BARTOSZ, G. **Determination of antiradical and antioxidant activity: Basic principles and new insights.** *Acta Biochim Polonica*, 57, 139-142. 2010.
- URREA-VICTORIA, V.; PIRES, J.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C. dos.; CHOW, F. **Ensaio antioxidante em microplaca do poder de redução do ferro (FRAP) para extratos de algas.** Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, p. 1-6, 2016.
- VAL, A. **Modelo agrícola desperdiça 35% da produção brasileira.** 2012. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2012/10/05/modelo-agricola-desperdica-35-da-producao-brasileira-entrevista-com-adalberto-luis-val/>. Acesso em 04 de novembro 2020.
- VALLÉS, D.; & CANTERA, A. M. B. Antiacanthain A: New proteases isolated from *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae). **International Journal of Biological Macromolecules**, 113, 916–923. 2018. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.03.025
- VALLÉS, D.; FURTADO, S.; & CANTERA, A. M. B. Characterization of news proteolytic enzymes from ripe fruits of *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae). **Enzyme and Microbial Technology**, 40(3), 409–413. 2007. doi:10.1016/j.enzmictec.2006.07.011
- VIANA, E. S.; REIS, R. C.; JESUS, J. L.; JUNGHANS, D. T.; SOUZA, F. V. D. **Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n.7, p.1155-1161, 2013.
- VILLADÓNIGA, C., & CANTERA, A. M. B. New ACE-inhibitory peptides derived from  $\alpha$ -lactalbumin produced by hydrolysis with *Bromelia antiacantha* peptidases. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 20, 101258. 2019. doi:10.1016/j.bcab.2019.101258
- WANG, R.; MOHAMMADI, M.; MAHBOUBI, A.; MOHAMMAD, J. T. In-vitro didestion models: a critical review for human and fish and a protocol for in-vitro digestion in fish. **Bioengineered.**; 12(1): 3040–3064. 2021. doi: 10.1080/21655979.2021.1940769
- YAHIA, E. M. **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health.** 2. ed. Mexico: Willey Blackwell, 2018.
- YAZAKI, K.; SASAKI, K.; TSURUMARU, Y. **Prenylation of aromatic compounds, a key diversification of plant secondary mtabolites.** Volume 70, edições 15–16, páginas 1739-1745, outubro – novembro de 2009.
- ZANELLA, C. M., BRUXEL, M., PAGGI, G. M., GOETZE, M., BUTTOW, M. V., CIDADE, F. W., & BERED, F. Genetic structure and phenotypic variation in wild populations of the medicinal tetraploid species *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae). **American Journal of Botany**, 98(9), 1511–1519. 2011. doi:10.3732/ajb.1000458
- ZHANG, R. et al. Phenolic profiles and antioxidant activity of litchi pulp of different cultivars cultivated in Southern China. **Food Chemistry**, v.136, p.1169-1176, 2013. Disponível em: doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.085. Acesso em: 25 ago 2021.
- ZHANG, Y; SEERAM, N. P; LEE, R; FENG, L; HEBER, D. Isolation and identification of strawberry phenolics with antioxidant and human cancer cell antiproliferative properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56: 670-675. 2008.