

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIOLOGIA VEGETAL**

Judá Ben-Hur de Oliveira

**“AVALIAÇÃO FITOQUÍMICA E DE ATIVIDADES
ANTIOXIDANTES DE SEIS DIFERENTES GENÓTIPOS DE
Ananas sp”**

Orientador(a): Prof.^a. Dr.^a Maria do Carmo Pimentel Batitucci
Linha de Pesquisa no PPGBV: Fisiologia Vegetal.

Vitória, ES
Janeiro, 2022

AVALIAÇÃO FITOQUÍMICA E DE ATIVIDADES ANTIOXIDANTES DE SEIS DIFERENTES GENÓTIPOS DE *Ananas sp*"

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Fisiologia Vegetal.
Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Pimentel Batitucci

Vitoria – ES
2022

AVALIAÇÃO FITOQUÍMICA E DE ATIVIDADES ANTIOXIDANTES DE SEIS DIFERENTES GENÓTIPOS DE *Ananas sp*"

Judá Ben Hur de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Comissão Examinadora:

Dr^a. Maria do Carmo Pimentel Batitucci –
UFES Orientadora e Presidente da Comissão.

Dr^a. Silvia Tamie Matsumoto –
UFES Examinador Interno

Dr. Jean Carlos Vencioneck Dutra –
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Regina, meu exemplo de dedicação, força, coragem e amor. Agradeço por tudo que você fez, por ter me dado amor e carinho, por ter me corrigido quando foi preciso, por ter me feito a pessoa que sou hoje. Graças a você, hoje eu vejo o mundo de uma forma diferente, um lugar mais bonito, colorido e cheio de vida. Sei que você está sempre comigo, me vigiando e protegendo.

Obrigado pelo imenso amor que você sempre me deu, e aqui deixo minha eterna saudade por você.

TE AMO ETERNAMENTE

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, mesmo nos momentos mais difíceis. Por nunca ter me desamparado nos momentos de tristeza, e por ter sido meu guia durante todo o tempo. “Esforça-te e tem bom ânimo (...)”. (Josué 1:6)

Aos meus pais, Claudio e Regina, por todo o amor, incentivo e apoio incondicional. Agradeço do fundo do coração, pela pessoa que me tornei, e principalmente a você mãe, agradeço por tudo, meu amor por você não tem limites. Você foi e sempre será a melhor mãe do mundo.

A Lana Bonfim, minha melhor amiga, companheira e o amor da minha vida, obrigado por todos os momentos que passamos juntos, por todas as experiências, ensinamentos e por cuidar de mim todo esse tempo, obrigado por tudo que você representa na minha vida.

A Alessandra Bonfim, por ter me acolhido como sua família, pelo apoio e amizade, pelas conversas e risos, muito obrigado por tudo bocê.

Aos meus amigos Rodrigo Germano, Jonathan Cozer e Caio Loureiro que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada, mesmo nas situações mais inusitadas possíveis.

A todos os amigos do Laboratório de Produtos Naturais e Toxicologia, por todo o ensinamento, companheirismo, e por hoje sermos essa grande família.

A Jean Carlos Vencioneck Dutra, pela grande amizade e por todos os ensinamentos, paciência e disposição para me ajudar em todas as etapas deste trabalho.

A minha orientadora e amiga, Maria do Carmo Pimentel Batitucci, pelo suporte nos momentos que mais precisei, pelas suas correções, incentivos, confiança e amizade verdadeira.

Ao CNPq pela disponibilidade da bolsa, o que possibilitou a conclusão desse trabalho.

Ao INCAPER por fornecer o material vegetal utilizado neste trabalho. E agradecemos também ao prof^a Dr. José Aires Ventura, pela ajuda com o trabalho, tirando todas as dúvidas, pela coleta e pela inteira disponibilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema demonstrando a origem e dispersão do abacaxi, o círculo indica sua origem e as setas sua rota dispersora.....	16
Figura 2 - Esquema de um abacaxizeiro	17
Figura 3 - Abacaxi (Orgãos Fracionadas)	19
Figura 4 - B.A.G - Banco Ativo de Germoplasma de Abacaxi. (A) Foto em campo; (B) abacaxi em tela; (C) abacaxi <i>in vitro</i>	21
Figura 5 - Variabilidade genética dos abacaxis. (A-C) <i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i> . (D-E) <i>Ananas comosus</i> var. <i>ananassoides</i> , (F-H) <i>Ananas comosus</i> var. <i>bracteatus</i> , (I) <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> , (J) <i>Ananas comosus</i> var. <i>parguazensis</i> e (K-L) <i>Ananas macrodontes</i>	23
Figura 6 - <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i>	24
Figura 7 - <i>Ananas comosus</i> var. <i>ananassoides</i>	25
Figura 8 - <i>Ananas comosus</i> variedade <i>comosus</i>	25
Figura 9 - <i>Ananas comosus</i> var. <i>bracteatus</i>	26
Figura 10 - <i>Ananas macrodontes</i>	26
Figura 11 - <i>Ananas comosus</i> var. <i>parguazensis</i>	27
Figura 12 - Principais fatores que podem alterar a produção de metabólitos secundários nas plantas.....	31
Figura 13 - Estrutura fundamental dos flavonoides	34
Figura 14 - Estrutura básica do triterpeno	35
Figura 15 – Estrutura química do ácido cinâmico.....	36
Figura 16 – Estrutura molecular da Bromelina	37
Figura 17 - Reações químicas envolvidas nos ensaios espectrofotométricos do ABTS.....	40
Figura 18 - Reações químicas envolvidas nos ensaios espectrofotométricos do DPPH.	41
Figura 19 - - Concentração de fenóis totais - equivalentes ao Ácido Gálico. (a–i): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos. números: 1 - indica folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$).....	48
Figura 20 - Concentração de flavonoides totais - equivalentes a Rutina. (a–l): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos. Os números indicam: 1 - Folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$).....	51
Figura 21 - Concentração de flavonoides totais - equivalentes a Quercetina. (a–j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, 1 - indica	

folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$). Padrão: Quercetina.	52
Figura 22 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folhas, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a TROLOX e Ácido Ascórbico. (a–p): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$).	56
Figura 23 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a TROLOX e Ácido Ascórbico. (a–l): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$).	Erro! Indicador não definido.
Figura 24 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a Trolox e Ácido Ascórbico. (a–j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	57
Figura 25 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folhas, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	60
Figura 26 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	60
Figura 27 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	61
Figura 28 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folha, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	63
Figura 29 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–d): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	64
Figura 30 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–d): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p <$ $0,05$).	65
Figura 31 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de folhas de Ananas.	68
Figura 32 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da casca de Ananas.	70

Figura 33 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da polpa de Ananas. 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de folhas de Ananas.	69
Tabela 2 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de casca de Ananas.	71
Tabela 3 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de polpa de Ananas.	73

RESUMO

Nos últimos anos, o Brasil vem se destacando cada vez mais no cultivo e produção de abacaxi, e se mostrando como um dos maiores produtores e exportadores do mundo. Pertencente à família das *Bromeliaceae*, o abacaxi é originário de regiões tropicais e subtropicais nas Américas. As variedades deste abacaxi, que são direcionadas a comercialização do fruto para consumo *in natura* ou processado, pertencem à espécie *Ananas comosus*. O objetivo do trabalho foi analisar e correlacionar os teores totais de compostos fenólicos, flavonoides e as atividades antioxidantes em diferentes variedades de *Ananas comosus* (L.) Merrill. Os ensaios utilizados foram baseados na captação dos níveis de teores de fenóis e flavonoides, além da atividade antioxidante, pelos métodos do ABTS, DPPH e Quelante de íons ferro. Também foi realizada a avaliação de correlações e descrição da variância e covariância entre as diferentes variáveis analisadas foram utilizadas a análise de correlação de Pearson e a análise de componentes principais (PCA), respectivamente. Os níveis de compostos fenólicos obtiveram médias entre 64,41 mg.g⁻¹ de ácido gálico a 226,22 mg.g⁻¹ ácido gálico com destaque para o EC-121 (226,22 mg.g⁻¹ ácido gálico) e Pérola (163,87 mg.g⁻¹ ácido gálico). A casca não se mostrou uma parte com relevância no acúmulo de compostos fenólicos. Os genótipos EC-200, EC-118, EC-88 e Pérola foram aqueles com destaque em relação aos teores de flavonoides. Quanto aos ensaios antioxidantes, os genótipos mais promissores são EC 200, EC 118, EC 121, Vitória e Pérola, que apesar da sua baixa atividade em alguns ensaios, mostraram alta atividade de inibição em outros. Concluindo que os genótipos de ananás, podem ser usados não só para o consumo, mas também como fonte de compostos bioquímicos saudáveis à saúde.

Palavras chave: ABTS, DPPH, Quelante, Teores totais, Análise de componentes principais (PCA)

ABSTRACT

In recent years, Brazil has been standing out more and more in the cultivation and production of pineapple, and showing itself as one of the largest producers and exporters in the world. Belonging to the Bromeliaceae family, pineapple is native to tropical and subtropical regions in the Americas. The pineapple varieties, which are intended for commercialization of the fruit for consumption in natura or processed, belong to the species *Ananas comosus*. The objective of this work was to analyze and correlate the total contents of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activities in different varieties of *Ananas comosus* (L.) Merrill. The assays used were based on the capture of levels of phenols and flavonoids, in addition to the antioxidant activity, by the methods of ABTS, DPPH and Iron ion chelator. The evaluation of correlations and description of the variance and covariance between the different analyzed variables were also performed. Pearson's correlation analysis and principal components analysis (PCA) were used, respectively. The levels of phenolic compounds averaged between 64.41 mg.g^{-1} and 226.22 mg.g^{-1} , with emphasis on EC-121 (226.22 mg.g^{-1}) and Pérola (163.87 mg.g^{-1}). The bark was not a relevant part in the accumulation of phenolic compounds. The EC-200, EC-118, EC-88 and Pérola genotypes were the ones that stood out in terms of flavonoid contents. As for the antioxidant assays, the most promising genotypes are EC 200, EC 118, EC 121, Vitória and Pérola, which despite their low activity in some assays, showed high inhibition activity in others. Concluding that pineapple genotypes can be used not only for consumption, but also as a source of healthy biochemical compounds.

Keywords: ABTS, DPPH, Chelatan, Total Contents, Principal Component Analysis.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1.	O abacaxi.....	16
2.1.2.	Características	16
2.1.3.	Potencial uso dos resíduos industriais do abacaxizeiro	18
2.1.4.	Aspectos etnobotânicos, atividades biológicas e farmacológicas 20	
2.1.5.	Variabilidade genética do abacaxi	21
2.2.	Variedades	23
2.2.1.	Ananas comosus var. erectifolius	24
2.2.2.	Ananas comosus var. ananasoides	24
2.2.3.	Ananas comosus var. comosus	25
2.2.4.	Ananas comosus var. bracteatus.....	26
2.2.5.	Ananas macrodontes	26
2.2.6.	Ananas comosus var. parguazensis	27
2.3.	Cultivares	27
2.3.1.	“Smooth Cayenne”	28
2.3.2.	“Singapore Spanish”	28
2.3.3.	“Pérola”	28
2.3.4.	“Perolera”	29
2.3.5.	“Queen”	29
2.3.6.	“Espanhola Roxa”	29
2.3.7.	Vitória.....	29
2.4.	Metabolismo secundário.....	30
2.5.	Compostos bioativos do abacaxi.....	31
2.5.1.	Compostos fenólicos.....	32

2.5.2.	Flavonoides.....	33
2.5.3.	Triterpenos.....	34
2.5.4.	Ácido cinâmico.....	36
2.5.5.	Bromelina.....	36
2.6.	Radicais livres e atividade antioxidante	38
2.6.1.	Atividade antioxidante: métodos de avaliação	39
2.6.2.	Ensaio ABTS.....	39
2.6.3.	Ensaio DPPH	40
2.6.4.	Ensaio da atividade quelante de ferro.....	41
3.	HIPÓTESE	42
4.	OBJETIVO GERAL.....	42
4.1.	Objetivos específicos	42
5.	MATERIAL E METODOS	43
5.1.	Obtenção do extrato etanólico	43
5.2.	Teor total de compostos fenólicos.....	44
5.3.	Teor total de flavonoides	44
5.4.	Atividade antioxidante	44
5.5.	Ensaio DPPH	45
5.6.	Ensaio ABTS.....	45
5.7.	Quelação do Fe ²⁺	46
5.8.	Cálculo da porcentagem de inibição	46
5.9.	Análise estatística	47
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6.1.	Teores de compostos fenólicos.....	47
6.2.	Teores de flavonoides.....	50
6.3.	Atividade Antioxidante.....	55
6.4.	Ensaio ABTS - (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)	55

6.5.	Ensaio DPPH	58
6.6.	Quelante de Ferro II	62
6.7.	Análise explorativa: Componentes Principais (PCA) e Coeficiente de Correlação de Pearson	66
7.	CONCLUSÃO	73
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma fruta de cultivo amplo em toda a região da América do Sul, podendo ser consumida de forma fresca ou usada como recurso para vários outros produtos, como sucos, doces e farinhas. Ocupa o terceiro lugar na produção mundial de insumos frutíferos, perdendo apenas da banana e outros cítricos. Atualmente o mercado se mostra bem mais promissor a esse fruto devido a seu alto composto nutricional, bem como sua alta demanda (ABU BAKAR; ISHAK; SHAMSUDDIN; WAN HASSAN, 2013; VIEIRA, 2010).

A cultura pode gerar frutos desde estágios iniciais de cultivo, bem como após a floração, o que permite o alto rendimento, produtividade de frutos, ao longo de todo o ano (SHAMSUDIN; ZULKIFLI; KAMARUL ZAMAN, 2020). O abacaxi possui um sabor adocicado e rico em nutrientes essenciais, o que inclui potássio, cálcio, vitamina C, fibras e outros compostos essenciais à saúde (HOSSAIN et al., 2015; MATELJAN, 2006).

O nível de maturação dos frutos, o tipo de cultivar presente no mercado, as condições externas como clima e solo, além do manejo pós-colheita, são fatores que acabam contribuindo para as alterações na composição química e bioquímica do fruto. (ANCOS, SM; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2016; CHAUMPLUK, CHAIPRASART; VILAIVAN, 2012). Com base na sua composição química e seu valor nutricional, o abacaxi é uma das frutas mais utilizadas na fabricação de materiais de valor agregado como os antioxidantes, ácidos em geral, compostos fenólicos, além da captação enzimática da bromelina (BARRETTO et al. 2013)

A bromelina é uma proteína, que auxilia no processo digestivo, sendo também essencial para efeitos terapêuticos. Ela possui vários potenciais usos como, anti-inflamatórios, antioxidantes, atividade anticancerígena e também como agente cardioprotetor (ZDROJEWICZ, CHORBINSKA, BIEZYNSKI; KRAJEWSKI, 2018).

Com isso, os benefícios para a saúde utilizando o abacaxi estão associados a diferentes fitoquímicos e bioatividade ali presentes, o que mantém o metabolismo funcional, melhorando a saúde humana (HOSSAIN; RAHMAN, 2011).

Os compostos ali presentes são ricos em fenólicos, flavonoides dentre outros, que estão presentes em todos os órgãos da planta, como folhas, cascas e polpa (LOBO; YAHIA, 2016).

Quando tomado, observado, em sua totalidade, o abacaxi apresenta-se como uma cultura extremamente rentável em diversas áreas, tais como na indústria de produtos terapêuticos e outros setores. Podendo fornecer uma ampla variedade de produtos importantes para a economia do país (NIAZ W, 2019)

Tendo em vista a importância do uso do abacaxi como fonte alimentícia e de uso industrial, o presente trabalho visa avaliar os pontos fundamentais da composição bioquímica dos genótipos, buscando avaliar suas diferenças afim de demonstrar quais são os mais promissores.

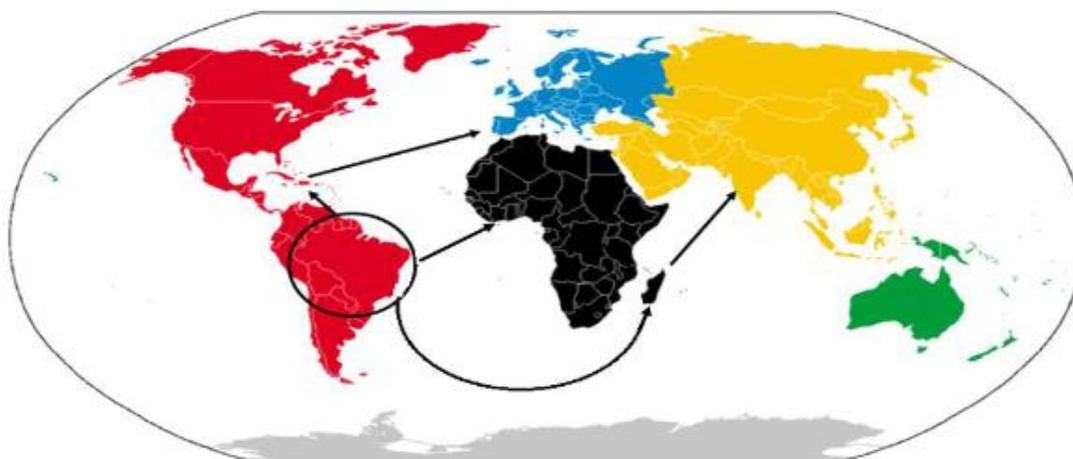
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. O abacaxi

2.1.2. Características

O abacaxi tem seu centro de origem na América (fig.1), na região tropical e subtropical, e, muito provavelmente, nas regiões centrais e mais ao sul do Brasil, de onde foi levado para a Europa, Ásia e África, tornando-se mundialmente conhecido (CUNHA; CABRAL, 1999; MEDINA et al., 1978; GURGEL, 2017).

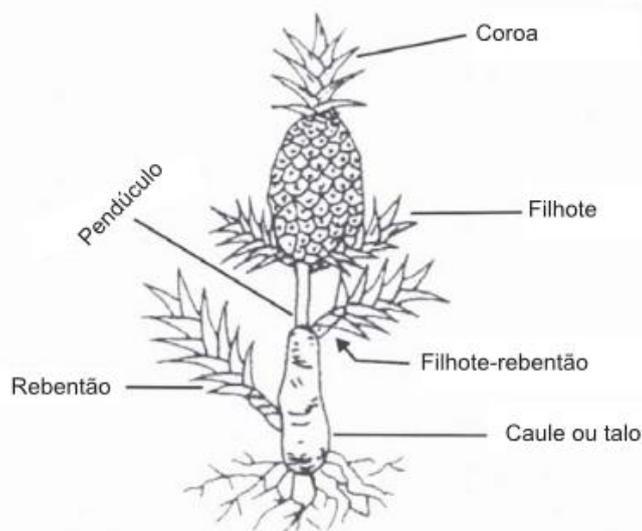
Figura 1 - Esquema demonstrando a origem e dispersão do abacaxi, o círculo indica sua origem e as setas sua rota dispersora.



Fonte: SANTOS MLG, (2018) / Adaptado de CRESTANI et al. (2010).

A constituição do fruto do abacaxi (fig.2) é cilíndrica ou em alguns casos, levemente cônica no seu ápice. Seus frutos possuem em média 100 a 200 bagas sobre o eixo central, e a cor da sua polpa pode ser branca, amarela ou laranja avermelhada. As plantas podem chegar entre 1 e 1,2 metros de altura, com diâmetro de 1,3 a 1,5 metros (GIACOMELLI, 1981; GRANADA, 2004).

Figura 2 - Esquema de um abacaxizeiro



Fonte: Embrapa Informação Tecnológica. 2006

Nos últimos anos, o Brasil vem se destacando cada vez mais no cultivo e produção de abacaxi e, se mostrando como um dos maiores produtores e exportadores do mundo (DO CARMO MARTINELLI et al., 2019). O abacaxi é originário de regiões tropicais e subtropicais nas Américas (PALMA-SILVA et al., 2016). Pertencente à família das Bromeliaceae é uma planta monocotiledônea, herbácea e perene que se destaca na fruticultura tropical, o seu fruto é apreciado em todo o globo, sendo cultivado em mais de 60 países, fornecendo grande rentabilidade, devido à sua grande importância econômica (GURGEL; 2017).

No entanto, as exportações globais da *Ananas* parecem estar fortemente impactadas pelos efeitos adversos da pandemia do COVID-19. Dados preliminares sugerem que a quantidade total de exportação de 2,9 milhões de toneladas em 2020, o que ocasionou uma queda de 13,2 % em relação a 2019. Costa Rica e Filipinas são os dois principais exportadores de abacaxi e ambos obtiveram fortes quedas nos embarques, em -17% e -8%, respectivamente (FAO; 2021).

O abacaxi contém uma alta concentração de açúcares, minerais e vitaminas, e é produzido no Brasil de forma ampla. Em relação ao uso industrial, a fruta é destinada à produção de suco e polpa, porém, essa ação gera uma grande quantidade de resíduos. Fato curioso sobre esse material é que esse resíduo se torna um subproduto de suma importância, pois além da presença enzimática da bromelina, também pode atuar como compostos de caráter antimicrobiano e antioxidante (OLIVEIRA, 2018).

Entretanto, as doenças são um dos principais fatores que limitam a produção do abacaxi no Brasil, sendo uma dessas doenças a fusariose, causada por um fungo denominado '*Fusarium guttiforme*' (REINHARDT; CUNHA, 2006). Sendo relatada pela primeira vez em São Paulo, em frutos da cultivar Smooth Cayenne (KIMATI; TOKESHI, 1964). Esse patógeno acaba por acometer os órgãos da planta, como folhas, casca e polpa, desencadeando grandes perdas, que giram em torno de 30% a 40% nos frutos e 20% nas mudas (VENTURA et al., 2009).

O abacaxizeiro é relativamente bem sensível ao encharcamento do solo, o que por sua vez acaba prejudicando seu crescimento e a colheita. Quanto ao clima, o abacaxi é uma planta de clima tropical, apresentando crescimento ideal na faixa de temperatura que compreende entre a faixa de 21 a 32 °C, sendo que valores acima dos 40°C e abaixo dos 5°C, podem desencadear distúrbios na fisiologia do fruto (IICA, 2017)

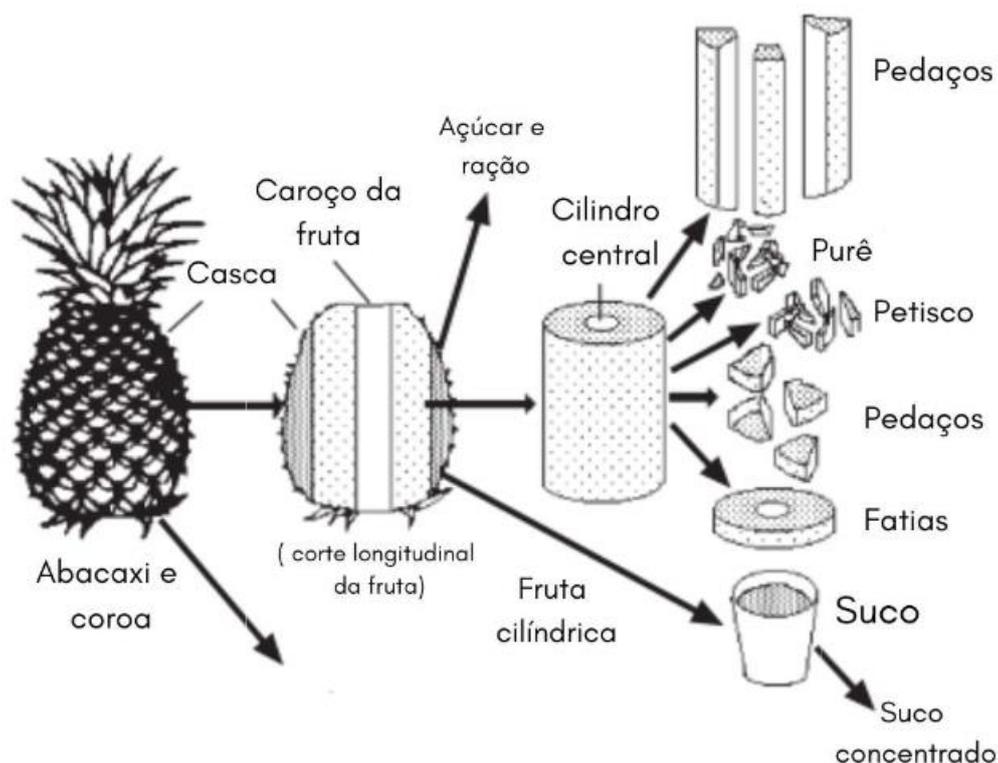
O abacaxi possui mecanismos fisiológicos e morfológicos que acabam reduzindo as necessidades hídricas, o que confere uma alta eficiência no seu uso de água (LIN et al., 2006; THENG; AGARIE; NOSE, 2007; LÜTTGE, 2010). De certa forma, o abacaxi ainda necessita de 1000 a 1500mm por ano, bem distribuídas (AZEVEDO et al., 2007; PÉREZ et al., 2010; SANTANA et al., 2013).

2.1.3. Potencial uso dos resíduos industriais do abacaxizeiro

Em todo o mundo as atividades agroindustriais são intensivas, dessa forma é produzida uma enorme quantidade de resíduos, o que está diretamente relacionado aos impactos ambientais. Esse fator tem levado a uma imensa procura por métodos alternativos que contribuam para o meio ambiente (DA SILVA, 2016).

O crescimento do mercado agroindustrial tem gerado a produção de uma quantidade elevada de resíduos (fig.3) na agricultura, indústria e áreas urbanas (FAO, 2013; PEDRASSOLLI et al., 2015; SILVA, 2015). A indústria voltada à produção de alimentos e suco de frutas, acabam por descartar uma quantidade enorme de substratos, que haviam sido negligenciados, como o bagaço, cascas e sementes (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

Figura 3 - Abacaxi (Órgãos Fracionadas)



Fonte: Adaptado de Rohrbach; Leal; d'Eeckenbrugge (2002); apud Bartholomew; Paull; Rohrbach (2002).

A redução da quantidade de resíduos que são rejeitados na natureza, assim como seu correto aproveitamento, é uma opção que acaba por solucionar o impacto ambiental causado por esses resíduos (SILVA et al., 2017).

Com isso, avaliar outros possíveis métodos para a destinação desses resíduos é crucial, o que se tornou foco de estudo para muitos pesquisadores, que utilizaram como alternativa a preparação de farinha de frutas e vegetais, assim como, o emprego de produtos alimentícios de diversas áreas, visando o enriquecimento nutricional de formulações alimentícias, buscando qualidade e aceitação (MENON et al, 2014; KAROVICOVÁ; MAGALA, 2013; ADE et al, 2015).

O abacaxi é consumido no mundo todo, além de ser uma das frutas tropicais mais consumidas no Brasil, sendo muito rica em minerais como potássio, magnésio e cálcio, bem como em fibras, e tudo isso tendo seus resíduos como fonte de processamento industrial, a coroa, o talo central e a casca como fonte potencial de fibras, sua casca também possui mais proteínas, lipídios, e cálcio do que a própria polpa (GASTL FILHO, 2016; DA SILVA BARROS, 2019).

A produção de farinha obtida dos órgãos residuais desses frutos pode ser uma saída para a elaboração de inúmeros subprodutos, tendo como exemplo, extratos que possuem algum tipo de atividade bioativa. Com isso, para a obtenção desses extratos é demandada metodologia clássica, além de métodos convencionais, que muitas vezes acabam se tornando custosos energeticamente, além da baixa eficiência de extração (NAFFATI et al., 2017).

Sendo assim, os extratos que possuam em sua composição, compostos tanto fenólicos quanto antioxidantes, são uma fonte interessante para a indústria alimentícia e farmacêutica, visando a conservação de alimentos, levando o seu uso como ingrediente funcional ou aditivo natural (SOUZA et al. 2021).

2.1.4. Aspectos etnobotânicos, atividades biológicas e farmacológicas

Algumas bromeliáceas, como o abacaxi, são associadas na história pelo seu uso medicinal e alimentar (BENNETT, 2000). Além de ser empregada como alimento, o abacaxi (*Ananas comosus*) é também utilizado na medicina popular. Esse fruto apresenta reconhecidas propriedades de caráter medicinal, tendo ação estomacal, antigases, diurético e anti-inflamatório, além é claro da sua indicação para fins respiratórios e neurastenia (LORENZI H.; MATOS, F. J. A. 2002). Em alguns locais, como a Tailândia, o abacaxi é muito utilizado no tratamento da disúria. Na China, o cerne central do fruto é usado como medicamento com propriedades antidiarreicas e prevenção a tosse, e suas folhas são também utilizadas contra a má digestão e diarreia (XIE et al. 2006). Estudos utilizando o extrato produzido de *A. comosus* mostram seus efeitos antidiabético e antioxidante (XIE, 2005). Estudos recentes com o objetivo de investigar a sensibilidade à insulina em ratos acometidos pelo diabetes foram bastante otimistas. Esses novos estudos sugerem que o extrato desse fruto pode

aumentar a sensibilidade à insulina nesse grupo de ratos (diabetes tipo II) além disso, esse extrato inibiu o desenvolvimento de resistência à insulina em células HepG2 (XIE et al. 2006).

2.1.5. Variabilidade genética do abacaxi

É considerado saudável o alimento que não tenha em sua composição substâncias que possam desencadear problemas, como doenças, enfermidades ou condições de caráter degenerativo, e que além disso, também forneçam energia e nutrientes necessários para o nosso dia a dia. O alimento saudável e funcional deve conter compostos bioativos que trazem benefícios à saúde. Porém, um alimento só se torna funcional após sua comprovação perante meios científicos (SILVA, et al., 2016). O que define ou não, se um alimento é funcional é precisamente a sua grade de compostos bioativos, os quais são designados em três grupos: os terpenos, os fenólicos e os sulfurosos, presentes em grande quantidade nos vegetais.

O efeito protetor dos compostos bioativos está baseado na sua capacidade antioxidante, através do processo radicalar, inibindo os produtos da oxidação no organismo, como o peróxido de hidrogênio por exemplo (MARTÍNEZ, C. e CARBAJAL, A., 2012).

Perante os estudos a respeito dos alimentos funcionais sabe-se que as propriedades do abacaxi são muito importantes para a saúde, e dentre elas destaca-se o alto teor de açúcares, seu valor energético, além de sais minerais e vitaminas como A, B1, B2 e C (SOARES et al. 2004; HARIPYAREE et al. 2010).

A polpa do abacaxi apresenta 12% de carboidratos e 1% de fibra alimentar, teor de umidade de 86%, além de pequenas quantidades de tiamina e riboflavina. Entre os minerais se destacam o cálcio, manganês, o magnésio, fósforo, ferro, potássio e cobre. Destaca-se também o teor de potássio em concentrações de 131mg/100g de fruto, cálcio, com 22mg/100g de fruto, magnésio com 18mg/100g de fruto e fósforo, com 13mg/100g de fruto (FARIAS, 2021).

Fatores como o clima, composição do solo, variedades genéticas distintas, disponibilidade de água e colheita afetam os teores de compostos bioativos do abacaxi. Dessa forma, alguns órgãos da fruta podem apresentar

maior doçura que outras, assim como diferença nas concentrações de compostos e cada parte o fruto, como folhas e casca. Alguns ácidos, mais especificamente os orgânicos, são responsáveis pela acidez em alguns frutos, e no abacaxi encontram-se predominantemente os ácidos cítrico e málico (FARIAS, 2021).

Através de testes *in vivo* e *in vitro* (Fig. 4), cresce o número de pesquisas relacionadas aos principais grupos de compostos, a fim de verificar seu efeito benéfico a saúde, objetivando a prevenção de doenças como câncer, doenças cardíacas, hipertensão, obesidade, diabetes e outras.

O abacaxi ainda possui derivados triterpenóides, compostos fenólicos, como os flavonóides, derivados do ácido cinâmico e alcalóides (Manetti et al. 2009).

Figura 4 - B.A.G - Banco Ativo de Germoplasma de Abacaxi. (A) Foto em campo; (B) abacaxi em tela; (C) abacaxi *in vitro*.



Fonte: Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi / Fernanda Vidigal Duarte SOUZA et. al.

2.2. Variedades

As variedades do abacaxi (fig. 5) que são direcionadas a comercialização do fruto para consumo *in natura* ou processado, pertencem à espécie *Ananas comosus*. Recentemente, alguns clones como o “*erectifolius*”, “*ananassoides*” e “*bracteatus*”, têm sido produzidos para ornamentação e produção de fibras, o que incrementou a forma como são utilizados (CABRAL, 2003).

Figura 5 - Variabilidade genética dos abacaxis. (A-C) *Ananas comosus* var. *comosus*. (D-E) *Ananas comosus* var. *ananassoides*, (F-H) *Ananas comosus* var. *bracteatus*, (I) *Ananas comosus* var. *erectifolius*, (J) *Ananas comosus* var. *parguazensis* e (K-L) *Ananas macrodontes*



Fonte: Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi / Fernanda Vidigal Duarte SOUZA et. al.

2.2.1. Ananas comosus var. erectifolius

Essa variedade (fig.6) apresenta plantas de porte médio a grande, com folhas rígidas e espessas, com 1 metro ou mais de comprimento, sua lâmina foliar mede cerca de 3,5 cm de largura. Seu escapo é ereto e bem alongado, fino, chegando a 1,5 cm de espessura. Sua inflorescência possui brácteas florais, bem pequenas e lisas. O fruto é pequeno, um pouco maior que a inflorescência, de forma cilíndrica. Sua coroa é grande e bem desenvolvida, muitas vezes rodeada por outras coroas. A diferença aqui fica com a polpa, sendo bem escassa e de sabor nada agradável ao paladar (IICA, 2017).

Figura 6 - Ananas comosus var. erectifolius.



Fotos: Everton Hilo de SOUZA / Fonte: (IICA, 2017)

2.2.2. Ananas comosus var. ananasoides

A variedade ananasoides (fig.7) tem porte pequeno a médio, seu florescimento vai de 0,5 a 1,5 m de altura quando madura, suas folhas medem cerca de 2m de comprimento, tendo forma e contorno lineares, bem alongada, serrilhadas e espinhosas. O escapo é alongado, delgado ou bem reto. Quanto a sua inflorescência, é de forma pequena a média, com 15 cm de comprimento, sendo bem cilíndrica. O fruto pouco desenvolvido após a fase de antese, de forma cilíndrica, tamanho máximo de 15 cm de comprimento, fixado a um pedúnculo longo e fino, geralmente com muitas sementes, de polpa branca, firme e fibrosa, com altos teores de açúcar e ácidos. E a coroa bem desenvolvida (IICA, 2017).

Figura 7 - Ananas comosus var. ananassoides.



Fotos: Everton Hilo de SOUZA / Fonte: (IICA, 2017)

2.2.3. Ananas comosus var. comosus

Na figura 8, suas folhas são numerosas, chegando em torno de 40 a 80, com em média 5 cm ou mais de largura, os espinhos presentes ou não, quando são presentes ficam dispostos de forma ascendente. Certas variedades têm folhas com espinhos parciais (“Smooth Cayenne”) ou então completamente lisas. O escapo é robusto, e normalmente com menos de 40 cm de comprimento além de 2 cm ou mais de diâmetro. Quanto a sua Inflorescência, ela é longa, com um número chamativo de flores, suas brácteas são parciais ou totalmente serrilhadas. Seus frutos crescem apreciavelmente após a antese, para alcançar o tamanho ideal, raramente apresenta sementes e sua coroa é bem desenvolvida (IICA, 2017).

Figura 8 - Ananas comosus. variedade comosus.



Fotos: Everton Hilo de SOUZA / Fonte: (IICA, 2017)

2.2.4. *Ananas comosus* var. *bracteatus*

Essas plantas apresentam um caráter bastante vigoroso (fig.9), com produção de muitas mudas, suas folhas são bem longas e largas, rodeadas por grossos espinhos ascendentes. O escapo grosso. A inflorescência é rosa avermelhada, bem vistosa. Seu fruto é bem suculento, medindo acima de 10 cm de comprimento, sustentado por um pedúnculo, de porte médio (IICA, 2017).

Figura 9 - *Ananas comosus* var. *bracteatus*.



Fotos: Everton Hilo de SOUZA / Fonte: (IICA, 2017)

2.2.5. *Ananas macrodontes*

Essa planta (fig.10) é rústica quando comparada às demais, é também bem exuberante e vigorosa, atingindo cerca de 2 m de altura. Sua propagação é por sementes. Suas folhas são arqueadas, com disposição em forma de roseta, medindo entre 2 e 3 metros de comprimento, por 2 a 7 cm de largura, e espinhos curvos e ascendentes. O escapo é ereto, de 20 a 50 cm de altura, e 15 a 25. Seu fruto é sincarpo, medindo até 20 cm de comprimento e 10 de diâmetro, bem suculento e sem a presença de coroa (IICA, 2017).

Figura 10 - *Ananas macrodontes*.



Fotos: Everton Hilo de Souza / Fonte: (IICA, 2017)

2.2.6. Ananas comosus var. parguazensis

Essa variedade é de porte pequeno a médio (fig.11), com florescimento de 0.5 a 1,5 metros de altura, suas folhas tendem a chegar a 2 metros de comprimento, com o limbo sendo bem largo, com largura de 3 cm, sua cor vai do verde ao vermelho, com forte presença de espinhos. Seu escapo é fino, alongado e frequentemente prostrado. Quanto à inflorescência, possui poucas flores, medindo cerca de 4 a 10 cm de comprimento. Seu fruto tende a ser pequeno e bem suculento, polpa de caráter bem ácido. Sua coroa se desenvolve bem, chegando a 30 cm de altura (IICA, 2017).

Figura 11 - Ananas comosus var. parguazensis.



Fotos: Everton Hilo de SOUZA / Fonte: (IICA), 2017

2.3. Cultivares

No mundo todo, as cultivares de abacaxi mais plantadas são as “Smooth Cayenne”, “Singapore Spanish”, “Queen”, “Espanola Roja”, “Pérola” e “Perolera”. Dessa forma, mais da metade de toda essa produção é exclusivamente da cultivar “Smooth Cayenne”. A cultivar “Pérola”, por sua vez, é a mais cultivada no Brasil, na região Nordeste, sendo destinada a consumo fresco. A cultivar “Pérola” apresenta um fruto menor que a “Smooth Cayenne”, também é levemente cônico, com polpa branca e suco com altos teores de açúcares, mas o ponto principal dessa produção é sua suscetibilidade à fusariose (CUNHA, 2007).

Buscando reduzir a perda desse material, foram produzidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), cultivares de abacaxi que possuem resistência à doença em questão, como a cultivar “Imperial” (híbrido do cruzamento da “Perolera” e “Smooth Cayenne”), a cultivar “Vitória” (Variedade

produzida com parceria entre a Embrapa e o Incaper), entre outros. Tais genótipos foram indicados para regiões onde a fusariose é um fator limitante a produção desses frutos (MELETTI et al., 2011).

A produção mundial do abacaxi nos principais produtores é sustentada por diferentes variedades, cada uma com suas características marcantes, como:

2.3.1. “Smooth Cayenne”

As plantas dessa variedade podem atingir até 1,20 m de altura, sua cor é laranja-amarelo, de forma cilíndrica e alongada, podendo atingir um peso médio de 0,5 a 2,5 kg. O seu teor de fibras é baixo e a porcentagem de suco é alta, a cor da sua polpa é amarelada a tons de dourado, porém, adquire uma cor avermelhada quando madura, alto teor de açúcares, possui uma resistência ao manejo pós-colheita. Tem uma baixa resistência ao manuseio e transporte, e é bem suscetível a doenças como a murcha proveniente da cochonilha *Dysmicoccus brevipes* e à fusariose (MOREIRA; UGUÑA, 2018).

2.3.2. “Singapore Spanish”

Ocupando o segundo lugar no grau de importância industrial temos a variedade “Singapore Spanish”, amplamente produzida na Malásia. Possui características como, planta com um padrão vigoroso, um porte médio, com folhas de cor verde escuro, com ou sem a presença de espinhos. Sua altura varia de 35 a 70 cm, com fruto pequeno, cilíndrico e com baixo teor de açúcar, pesando entre 1,0 a 1,5 kg (LEAL; COPPENS D'EECKENBRUGGE, 1996).

2.3.3. “Pérola”

Popularmente conhecida como “Pernambuco”, esta variedade é amplamente cultivada no Brasil. Apresenta porte médio, com crescimento ereto. Suas folhas medem cerca de 65 cm, com espinhos nas bordas. Sua casca apresenta um tom bem amarelado quando maduro, e sua polpa tem coloração branca, pouco ácida e muito agradável ao paladar. A variação de seu peso varia de 1,0 a 1,5 kg (CUNHA; CABRAL, 1999).

2.3.4. “Perolera”

Essa variedade é conhecida pelo seu alto uso na indústria, muito utilizada para o preparo de refrigerantes. Suas folhas não possuem espinhos, seus frutos maduros tem a forma cilíndrica de cor amarela alaranjado, sua polpa também adquire um forte tom de amarelo e é muito cremosa. Sua coroa é única, esses frutos são conhecidos por serem bem grandes em relação a outras variedades, podendo pesar entre 0,6 a 3,0 kg. Bastante fibrosos e muito palatáveis, são suculentos e refrescantes. São bem resistentes ao transporte e resistentes a alguns patógenos como a *Phytophthora* (MOREIRA; UGUÑA, 2018).

2.3.5. “Queen”

Muito cultivada na África do Sul e Austrália, é uma planta que mede entre 60 a 80 cm de altura. Vigorosa, com folhas de tom prateado, pequenas e com densos espinhos. Fruto pequeno com peso entre 0,5 a 1,0 kg. Sua casca e polpa apresentam tom amarelo, bem doce e pouco ácida, com excelente sabor (Leal; COPPENS D'EECKENBRUGGE, 1996).

2.3.6. “Espanhola Roxa”

É conhecida como “Red Spanish”, apresenta plantas de tamanho médio, de caráter bem vigoroso, suas folhas são verde escuras com pequenos espinhos, podendo ser totalmente ou parcialmente espinhosas. Com fruto variando entre 1,2 e 2,0 kg, com forma de barril, e polpa branca ou amarela, com um caráter bem doce, de baixa acidez (LEAL; COPPENS D'EECKENBRUGGE, 1996).

2.3.7. Vitória

Em relação às suas folhas, não apresentam espinhos, o que facilita e muito seu manejo. Seu porte é parecido ao da “Pérola”, bem vigoroso, com bom desenvolvimento e crescimento. Sua polpa é branca, com elevado teor de açúcar, e sua acidez um pouco mais acentuada ao abacaxi ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’. Seus frutos têm forma cilíndrica, casca com tom bem amarelo na fase de maturação. Seu peso varia em torno de 1,5kg (IICA, 2017).

2.3.8. Metabolismo secundário

As plantas possuem, em seu metabolismo, compostos produzidos em resposta a vários fatores provenientes do meio ambiente, com vias de produção que podem ser alteradas em resposta a fatores bióticos e abióticos aos quais essas plantas estejam expostas. Assim, tais compostos se tornam essenciais para a sobrevivência e reprodução de determinada espécie dentro do seu ambiente natural (CHEZEM; CLAY, 2016), apresentando distribuição restrita e, mesmo, sendo exclusivos a algumas espécies ou grupos (METLEN et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O metabolismo secundário atua em funções muito específicas, como por exemplo, nas ecológicas, uma vez que os compostos gerados podem atuar como atrativos ou repelentes, para insetos e outros animais, ao fornecerem às plantas sabores muitas vezes atrativos e repulsivos, ou mesmo pigmentos que determinam cores para as flores e frutos, as quais contribuem para atração de insetos polinizadores durante a reprodução, e animais para consumir os frutos e dispersar sementes (GARCIA; CARRIL, 2009; DELORY et al., 2016).

Os metabólitos secundários são originários da biossíntese de vias primárias do carbono, tendo como intermediários o ácido chiquímico e o acetato (GARCIA; CARRIL, 2009). Os compostos originários do ácido chiquímico são aminoácidos aromáticos que são precursores da maioria dos metabólitos secundários, já os derivados do acetato, são classificados de acordo com a via metabólica como, derivados do acetato via ciclo do ácido cítrico; derivados do acetato via mevalonato; e produtos de condensação de acetato (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Existem fatores que influenciam a produção de metabólitos secundários nas plantas (fig.12), como sazonalidade, ritmo circadiano e desenvolvimento, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação UV, nutrientes (macronutrientes e micronutrientes), altitude e poluição atmosférica (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Figura 12 - principais fatores que podem alterar a produção de metabólitos secundários nas plantas.



Fonte: GOBBO-NETO; LOPES, 2007

2.4. Compostos bioativos do abacaxi

É considerado saudável todo alimento que não contenha compostos que possam desencadear problemas, como doenças ou enfermidades de caráter degenerativo, e que além disso, também forneçam energia e nutrientes necessários para o nosso dia a dia. O alimento saudável/funcional deve conter compostos bioativos, que trazem benefícios à saúde. Porém, um alimento só se torna funcional após sua comprovação perante métodos científicos (SILVA, et al., 2016).

O que define ou não, se um alimento é funcional é precisamente a sua grade de compostos bioativos, os quais são designados em três grupos. Terpenos, fenólicos e sulfurosos, presentes em grande quantidade nos alimentos e vegetais. Através de testes *in vivo* e *in vitro*, cresce o número de pesquisas relacionadas a esses compostos, a fim de verificar seu efeito benéfico a saúde, prevenindo doenças como câncer, infarto, hipertensão, obesidade, diabetes e outras. Seu efeito protetor está baseado na sua capacidade antioxidante, através do processo radicalar, inibindo os produtos da oxidação no

organismo, como o peróxido de hidrogênio por exemplo (MARTÍNEZ e CARBAJAL; 2012).

Perante os estudos a respeito dos alimentos funcionais, sabe-se que os nutrientes encontrados no abacaxi, são muito importantes para a saúde, nisso se destacam o alto teor de açúcares, seu valor energético, além de sais minerais e vitaminas como A, B1, B2 e C (SOARES et al. 2004; HARIPYAREE et al. 2010).

A polpa do abacaxi apresenta pequenas quantidades de tiamina e riboflavina, teor de umidade de 86%, além de 12% de carboidratos e 1% de fibra alimentar. Entre os minerais se destacam o cálcio, manganês, o magnésio, fósforo, ferro, potássio e cobre), também se destaca o teor de potássio de (131 mg/100g, cálcio, com 22 mg/100g, magnésio com 18 mg/100g e fósforo, com 13 mg/100g de fruto) (FARIAS; 2021).

Fatores provenientes do clima, composição do solo, de variedades distintas, condições e colheita afetam o teor de composição do abacaxi. Por estarem organizados de forma mal distribuída, alguns órgãos do fruto podem apresentar maior doçura que outras. Alguns ácidos, mais especificamente os orgânicos, são responsáveis pela acidez das frutas, no abacaxi encontram-se predominantemente os ácidos cítrico e málico (FARIAS; 2021).

Quanto a seus constituintes, o abacaxi possui derivados triterpenóides, compostos fenólicos, como os flavonóides, derivados do ácido cinâmico e alcalóides (MANETTI et al. 2009).

2.4.1. Compostos fenólicos

Um dos produtos do metabolismo secundário vegetal são os compostos fenólicos. São substâncias formadas por anéis aromáticos, cujo seus substituintes são grupos hidroxila. Os produtos metabólicos produzidos são divididos em dois grupos. Os primários, que atuam com reações normais, como fotossíntese e respiração. E os secundários responsáveis pelo mecanismo de defesa da planta, como os compostos fenólicos (ANGELO; JORGE, 2007; SILVA et al., 2010; HAMINIUK et al., 2012).

Além disso, os compostos fenólicos têm papel antioxidante, agindo como antioxidantes de via primária. Doando íons de hidrogênio estabilizando radicais livres, o que impede reações de caráter oxidativo. Seu desempenho oxidante pode variar muito, conforme posição e número de hidroxilas presentes na

molécula, além de afinidade e reatividade quando exposto ao agente oxidativo. A atividade oxidante desse composto está diretamente relacionada a benefícios à saúde humana, com o consumo de alimentos que é claro contenham essas substâncias. Outro ponto importante a ressaltar é o auxílio na prevenção de doenças crônicas como o câncer, assim como, outros processos de caráter inflamatório (BLOCK; BARRERA-ARELLANO, 2012; NUNES, 2019).

Ainda sobre seus efeitos na saúde, a literatura mostra alguns estudos que avaliam o potencial antiproliferativo dos compostos fenólicos, presentes em frutas e seus derivados. Frutas como romã, amora e morango possuem em sua composição fenólica, compostos bioativos também presentes em abacaxi, mostrando efeitos inibitórios de câncer de cólon e colo do útero (RODRIGUES, et al. 2020).

O abacaxi possui características como as organolépticas, altamente desejáveis para o consumo humano. Seu sabor acentuado provém dos grandes níveis de açúcar, compostos voláteis e os ácidos bem presentes na polpa, sendo a sacarose, galactose e frutose os maiores representantes dessa fração. Também possuem aminoácidos e proteínas, que são encontrados em baixas quantidades, porém, sua capacidade antioxidante se mostra interessante, normalmente é atribuída aos compostos fenólicos, vitamina C, β -caroteno, entre outros (DEBNATH et al., 2021; SOUZA et al., 2021).

2.4.2. Flavonoides

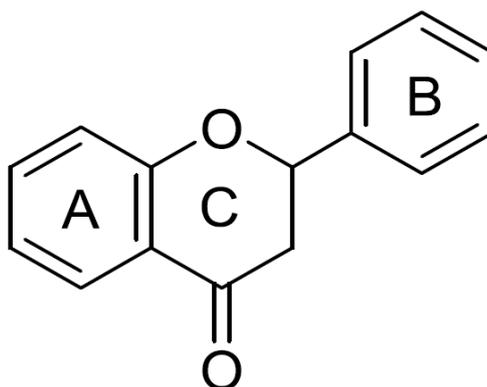
Os flavonoides (fig.13) são um grande grupo de metabólitos secundários pertencentes à classe dos polifenóis. São compostos de peso molecular baixo, que podem ser adquiridos em diversas espécies vegetais. Classes como chalconas, flavanonas, flavonas e di-hidroflavonois, entre outras (SFORCIN, 2016)

Os flavonoides assimilam grande parte da radiação eletromagnética proveniente da faixa UV (ultravioleta) e da faixa visível, desempenhando o papel de defesa nas plantas, frente a radiação solar. Também podem representar uma barreira química na defesa contra os microorganismos (como bactérias, vírus e fungos) além de outros espécimes como insetos e herbívoros (SFORCIN, 2016)

Os flavonoides acabam por atuar na relação harmônica que existe entre plantas e insetos, atraindo e orientando um grupo seletivo de animais até o néctar,

o que por sua vez, contribui muito para a polinização e dispersão das espécies. Esses compostos também são bem importantes na saúde humana (SCHMALWIESER, et al. 2019). Estão presentes em todos os grupos de plantas, os tornando parte da dieta humana (ZHAO, 2017) Esse grupo de compostos possui ação antioxidante, minimizando a peroxidação lipídica e o seu possível efeito frente aos radicais livres (AMARAL, et al 2018).

Figura 13 - Estrutura fundamental dos flavonoides



Fonte: Daniel; Mayara (2017).

As plantas da família Bromeliaceae já foram estudadas de forma química e farmacológica, com isso, diversos compostos já foram identificados. Diferentes classes como triterpenos, esteroides, flavonoides, derivados de ácidos cinâmicos entre outros, são os compostos orgânicos presentes nesse grupo (MANETTI; DELAPORTE; LAVERDE JUNIOR, 2009).

2.4.3. Triterpenos

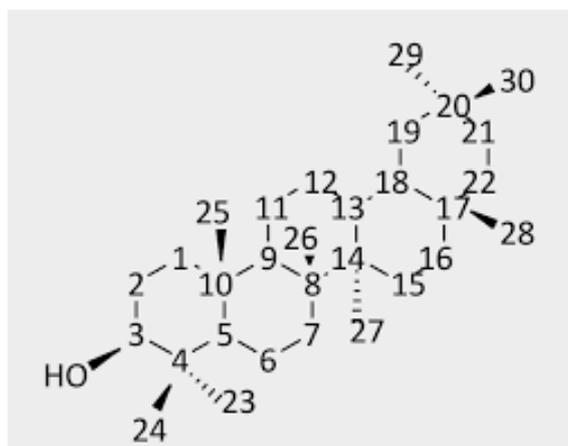
Os triterpenos (fig.14) em si são uma subclasse de terpenos. Essa substância em geral apresenta uma ligação dupla, carbono – carbono, sendo caracterizado como hidrocarboneto insaturado (MCMURRY, 2011).

As plantas utilizam os terpenos para uma gama enorme de funções, que vão desde o crescimento ao seu desenvolvimento. Contudo, sua função é prioritariamente desempenhar algumas interações químicas (BARTWAL et al; 2013).

Sua estrutura química é constituída pela junção de duas, quatro, seis, oito ou até mais, unidades de isopreno. Com isso, são classificados em decorrência do seu número de unidades de isopreno, presentes em seu arcabouço de

carbono: hemiterpenos (n=1), monoterpenos (n = 2), sesquiterpenos (n = 3), diterpenos (n = 4), sesterpenos (n= 5), triterpenos (n = 6), tetraterpenos (n = 8) e politerpenos (n > 8) (KRIVORUCHKO et al; 2015).

Figura 14 - Estrutura básica do triterpeno



Fonte: Silva, F. C. O. (2020)

A linha precursora dos terpenos vem a partir do ácido mevalônico, que ocorre no interior das células (citoplasma). É ativa em bactérias, fungos, plantas e animais, fornecendo o material para a formação dos sesquiterpenos e triterpenos. A síntese do piruvato e 3-fosfoglicerato ocorre nos plastídeos das plantas, fornecendo os precursores dos monos, di e tetraterpenos (GHOSH, S.; 2016) e (SILVA, F. C.; DUARTE, L. P.; VIEIRA FILHO, S. A.; 2014).

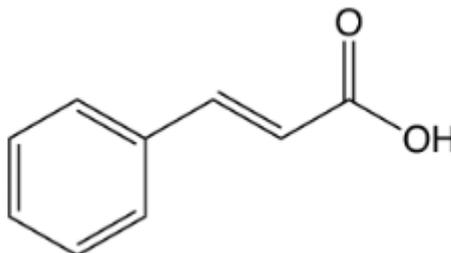
Os triterpenos são bem diversificados quanto a sua forma estrutural, dessa forma se tornam uma das maiores classes de produtos de natureza vegetal, abrangendo mais de 20.000 substâncias (THIMMAPPA et al; 2014). Podem ser classificados em tetracíclicos ou pentacíclicos, além de serem divididos em grupos, conforme estruturação: friedelano, holostano, hopano, lanostano, lupano, oleanano, protostano, tirucalano, cucurbitano, cicloartano, dammarano, eufano e ursano (JESUS et al; 2015).

A constituição química do abacaxi é baseada na bromelina e cinarina. Além de triterpenos, saponinas, flavonóides, glicosídeos, sacarídeos, taninos e mucilagens (DE MORAIS; (UECE), 2011).

2.4.4. Ácido cinâmico

O ácido cinâmico, (3-fenil-2-propenóico) (fig.15) derivado de constituição animal. É um polifenol bioativo, pertencente à classe dos populares ácidos fenólicos (SOUZA; 2021).

Figura 15 – Estrutura química do ácido cinâmico



Fonte: (CARVALHO et al., 2007)

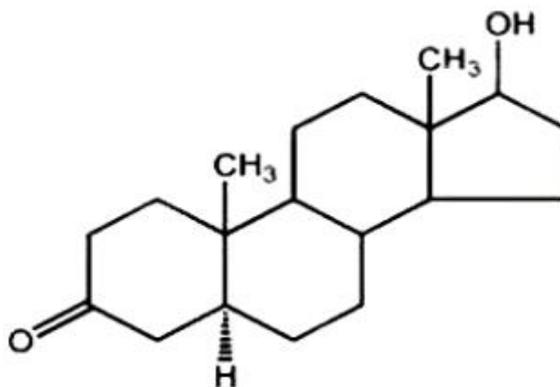
Sob o aspecto químico, ele é caracterizado como um ácido aromático com baixo nível de toxicidade em seres humanos, tal substância é uma especiaria encontrada na parte interna de cascas de tronco de espécies vegetais como *Cinnamomum zeilanicum* (canela), e em folhas de coca (*Erythroxylum coca*), junto com outros fenilpropanóides que são análogos como o cinamaldeído e álcool cinâmico (DOS SANTOS, 2018).

O ácido cinâmico assim como seus derivados são sintetizados pelas plantas, pela via do ácido chiquímico, precursora da fenilalanina e da tirosina. Os produtos mais conhecidos produzidos por essa via de síntese são o ácido cinâmico, o cafeico, ferúlico, o isoferúlico e o hidroxicinâmico. Substâncias essas bem presentes em alimentos como os mais consumidos como o café, a soja, a maçã, óleos de oliva e seus derivados e também no abacaxi (D'ARCHIVIO et al., 2007; HELENO et al., 2015; SANTOS, 2018).

2.4.5. Bromelina

A bromelina (fig.16) pertence a um grupo de enzimas proteolíticas comumente encontradas na família Bromeliaceae (HEINICKE R.M. BENUCCI I. 2011). O exemplar mais citado dessa família é o abacaxi (*Ananas comosus* L.). A bromelina foi identificada pela primeira vez em 1876 (TOCHI, 2008). Embora o abacaxi contenha uma pequena quantidade de outras enzimas proteolíticas, como a ananaína (NADZIRAH, 2013), a bromelina permanece como principal e mais explorada enzima proteolítica (AMINI, 2016).

Figura 16 – Estrutura molecular da Bromelina



Fonte: masmusculo

Quanto ao fator fisiológico, esse composto está presente de forma abundante tanto no caule quanto na polpa do abacaxi. Heinecke descobriu em 1957 Heinicke, (1972) que havia muito mais bromelina no caule do abacaxi do que na polpa.

A bromelina pode ser extraída de uma variedade de componentes das plantas, o que inclui a polpa da fruta, caule, casca e folhas. A concentração de bromelina é mais alta no caule do que na polpa, dessa forma o caule é uma das principais fontes de extração dessa enzima (TOCHI, 2008). Outros órgãos como casca, a coroa e o cerne central do fruto, também foram testados para a presença do composto, e agora novas técnicas de extração são estudadas, para se obter uma bromelina mais pura e mais econômica (UPADHYAY, 2010; KUMAR, 2011).

Diversos estudos mostraram que a bromelina possui uma série de importantes usos terapêuticos (AHMAD, 2007; BHATTACHARYA, 2009; RATHNAVELU, 2016). Esse composto se mostra eficaz aumentando a bioatividade e diminuindo os efeitos adversos de diversos antibióticos (PAVAN, 2012).

Funciona também como imunomodulador, possuindo funções antitrombolíticas e antiinflamatórias (DAVE, 2010; BAEZ, 2007). Sua função no tratamento de doenças de pele também se mostra muito promissora, além do seu uso em pacientes como queimaduras e infecções. Também é muito usada na preparação de vacinas e agentes antitumorais (RATHNAVELU, 2016). Por ser uma enzima é altamente absorvível pelo estômago, quando administrado por via oral, sem perder sua atividade (RATHNAVELU, 2016).

A bromelina também mostra efeitos sobre a infecção pelo SARS-CoV-2. A pandemia global de COVID-19 foi gerada por uma doença emergente, devido a uma grave síndrome respiratória aguda do coronavírus 2, que tem sido uma devastadora doença, afetando mais de 84.400 milhões de pessoas e causando mais de 1.799 milhões de mortes pelo globo (WIERSINGA; 2020; MEINI, S. 2020).

A bromelina se mostrou um importante agente imunossupressor, uma vez que consegue limitar os fatores de patogenicidade do COVID-19. Tais ações incluem a inibição das vias responsáveis pela sinalização, e o possível esgotamento de citocinas inflamatórias, responsáveis pela produção de células inflamatórias, que são bem críticas para o crescimento da SARS-CoV-2 (RATHNAVELU, 2016; SONI, 2020).

2.5. Radicais livres e atividade antioxidante

Os antioxidantes, por definição, são substâncias que são capazes de impedir o processo de oxidação ou que mesmo em baixas concentrações, quando comparadas ao substrato oxidável, diminua ou iniba a oxidação desse substrato. A biologia define como antioxidantes, os compostos que conseguem proteger os sistemas biológicos contra os efeitos negativos dos processos ou algumas reações que levam a oxidação de moléculas ou células (VANNUCCHI; MARCHINI, 2014).

A vitamina E (tocoferóis), além dos polifenóis que sejam solúveis em água são exemplos bem evidentes em produtos alimentícios como vegetais, frutas, além de chá, café e vinho (ROGINSKY; LISSI, 2005).

Os antioxidantes são extremamente importantes tanto para os organismos vegetais quanto para os seres humanos, desempenhando a função de proteção oxidativa por meio de mecanismos diferentes, como sequestro radicalar, quelação de metais, ou eliminando oxigênio (GUINDANI, 2014; MELO et al., 2011).

O processo antioxidante é de suma importância, uma vez que controlam o aumento exacerbado de radicais livres (CALABRESE, 2005). Todo esse processo está relacionado a moléculas ou íons que possuem elétrons não pareados na sua última camada de valência, causando um desbalanço, dessa

forma, criam a necessidade de doar ou até mesmo retirar elétrons de alguma outra molécula nas proximidades, isso faz com que os radicais livres se tornem extremamente instáveis no organismo. (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; COTINGUIBA, 2015; PERUZZI, 2015). O termo radical livre não pode ser designado a todos os agentes reativos, pois, apesar de estarem frequentemente associados a processos de oxirredução, nem todos possuem esse desequilíbrio, gerado pela ausência de um elétron (VASCONCELOS et al., 2014).

Com isso, a nomenclatura mais apropriada seria espécies reativas de oxigênio (ERO's) e espécies reativas de nitrogênio (ERN's) (CAVALCANTE; DE BRUIN, 2009), as espécies reativas de oxigênio são os radicais livres mais importantes, uma vez que são gerados por organismos vivos e também são responsáveis pelo desenvolvimento de algumas doenças.

2.5.1. Atividade antioxidante: métodos de avaliação

Devido à alta complexidade envolvendo a composição dos projetos de estudo, como plantas, frutos e etc, é necessário a separação juntamente do estudo individual de cada uma das várias substâncias antioxidantes, e isso muitas vezes acaba sendo muito custoso. Com isso, se espera que os pesquisadores busquem por métodos mais rápidos e precisos para determinar a eficiência dos antioxidantes no tratamento de doenças (HUANG et al., 2005).

Com isso, o presente trabalho visa utilizar métodos como o ABTS, DPPH e o quelante de ferro, como fonte de detecção desses compostos, uma vez que ambos são utilizados como avaliadores do potencial antioxidante (DE SOUZA, 2013).

2.5.2. Ensaio ABTS

Tendo em vista que os estudos sobre substâncias bioativas de vegetais incentivam o interesse não somente pelo seu alto potencial terapêutico, mas também pela possível substituição dos antioxidantes sintéticos utilizados na indústria por aqueles advindos de fontes naturais (SILVA, 2018).

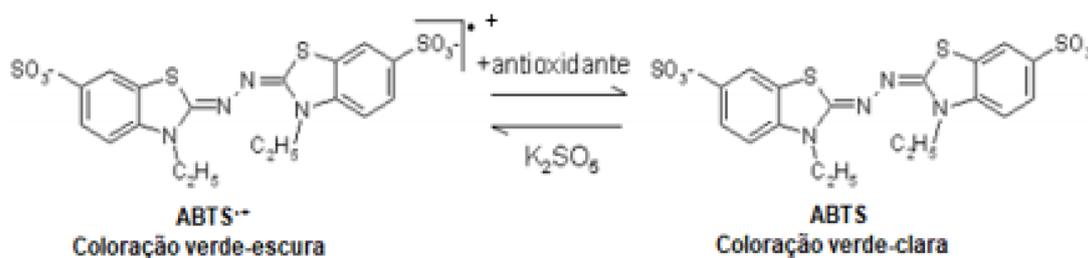
Dentre os diversos métodos possíveis para a obtenção da avaliação da atividade antioxidante o método do sequestro do radical livre ABTS (fig.17) tem sido um dos mais utilizados, devido ao seu alto índice de sensibilidade, rapidez e estabilidade, considerando assim tanto compostos hidrofílicos quanto

compostos lipofílicos presentes nas amostras estudadas, entretanto, para que se obtenha o radical livre ABTS é preciso que ocorra uma reação de oxidação do ABTS com o persulfato de potássio (KUSKOSKI et al., 2005).

Com base em estudos anteriores, o abacaxi se mostrou excelente frente às propriedades antioxidantes, onde foram atribuídas às suas elevadas quantidades de compostos fenólicos (DOMÍNGUEZ et al., 2018; HOSSAIN; RAHMAN, 2011; JOVANOVIĆ et al., 2018).

IZLI et al., (2018), também relata que a polpa previamente seca do abacaxi, apresenta teores mais elevados do conjunto de fenóis e flavonoides. Com isso, o referido teste se mostrou coerente para mensurar os dados desse trabalho.

Figura 17 - Reações químicas envolvidas nos ensaios espectrofotométricos do ABTS.



Fonte: Adaptado de Rufino (et al., 2007).

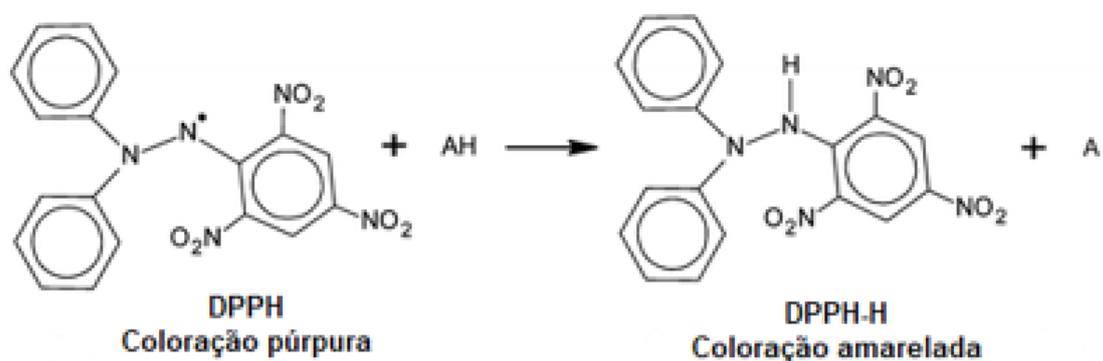
2.5.3. Ensaio DPPH

O interesse em antioxidantes de fontes naturais tem crescido cada vez mais, tendo em vista que as substâncias que apresentam propriedades antioxidantes, naturalmente atuam beneficiando a saúde humana, protegendo-a possivelmente de diversas doenças (DEL RÉ; JORGE, 2011).

Dentre as diversas técnicas que podem ser empregadas, a avaliação da atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH (fig.18), consiste em uma mudança de coloração de violeta para amarela, onde a coloração violeta é caracterizada pela deslocalização do elétron desemparelhado do radical livre DPPH e a coloração amarela é caracterizada quando um composto com propriedades antioxidantes entra em ação e funciona como doador de hidrogênio, obtendo-se portanto, a hidrazina (ALVES; 2010; DA SILVEIRA et al., 2018).

Segundo WILLIAMS et al (1995), a interação entre os antioxidantes e o DPPH depende muito da sua conformação estrutural. Ele também relata que, para se entender melhor os mecanismos da reação de alguns substratos são interessantes se caracterizar de fato os possíveis intermediários e os possíveis produtos gerados dessa reação. De acordo com MATHRE et al. (2009), utilizando o ensaio do DPPH, confirma que os extratos metanolicos de abacaxi expressam uma alta atividade antioxidante.

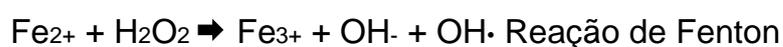
Figura 18 - Reações químicas envolvidas nos ensaios espectrofotométricos do DPPH.



Fonte: Adaptado de Pyrzynska e Pekal (2013).

2.5.4. Ensaio da atividade quelante de ferro

O poder redutor exibido por alguns metais, como o ferro, está diretamente ligado à produção, *in vivo*, de algumas espécies reativas. Em condições específicas de estresse oxidativo, o excesso de ânions superóxido (O_2^-) acaba reagindo com os íons de Fe^{3+} , que estão ligados a algumas proteínas e isso acaba reduzindo os íons a Fe^{2+} . Os íons de Fe^{2+} que estão livres, podem participar da reação de Fenton e, conseqüentemente, reagindo com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), criando radicais hidroxilas ($OH\cdot$), moléculas essas, altamente reativas no organismo. O (O_2^-) ainda participa da reação de Haber-Weiss, reagindo com o H_2O_2 , o que gera mais $OH\cdot$ (JOMOVA et al., 2010).



A literatura exhibe formas e análises *in vitro* que estimam o potencial antioxidante, e dentre elas existe uma relacionada à medição da capacidade que uma amostra possui em quelar metais. O ensaio antioxidante quelante de metais é de certa forma bem simples, ele avalia o potencial que uma amostra tem em reduzir a peroxidação lipídica ou a formação de radicais livres, que são produtos das reações de Fenton e de Haber-Weiss (TALISSA et al. 2016).

3. HIPÓTESE

As duas variedades (Pérola e Vitória) e os quatro genótipos de abacaxi (EC88, EC121, EC118 e EC200), possuem alterações na sua composição química distintas e, por conseguinte, diferentes potenciais antioxidantes de acordo com o órgão analisado.

4. OBJETIVO GERAL

Analisar e correlacionar os teores totais de compostos fenólicos, flavonoides e as atividades antioxidantes em diferentes variedades (CV. PÉROLA e CV. VITÓRIA) e quatro diferentes genótipos (EC88, EC118, EC121 e E200) de *Ananas comosus* (L.) Merril.

4.1. Objetivos específicos

Comparar as duas variedades (CV. PÉROLA e CV. VITÓRIA) e avaliar os quatro genótipos (EC88, EC118, EC121 e E200) em relação aos teores totais de compostos fenólicos e flavonoides, em diferentes órgãos: folhas da planta, casca e polpa dos frutos.

Analisar as atividades antioxidantes de cada uma das variedades e genótipos, por meio de ensaios colorimétricos de sequestro de radicais DPPH e ABTS e pela avaliação da atividade quelante de íons de Fe^{2+} ;

Estabelecer o status de correlação entre as atividades antioxidantes avaliadas e os teores dos compostos avaliados nos extratos provenientes de diferentes órgãos da planta, como casca, polpa dos frutos e das folhas de *Ananas comosus* (L.) Merril, por meio de análise dos componentes principais (PCA) e da correlação de Pearson.

5. MATERIAL E METODOS

5.1. Obtenção do extrato etanólico

O extrato vegetal avaliado foi produzido a partir das folhas, casca e polpa dos cultivares obtidos em coleta realizada na Fazenda Experimental de Sooretama (FES), do (INCAPER) Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural, localizada no Distrito de Juncado, município de Sooretama - ES.

Os genótipos foram coletados pelo Prof. O Dr. José Ayres Ventura. O referido material faz parte do banco de Germoplasma de Abacaxizeiro (*Ananas comosus*.) e gêneros afins da Família Bromeliaceae, do INCAPER, o qual é um acervo estratégico para utilização em programas de melhoramento genético e na preservação de recursos naturais.

Os genótipos selecionados são híbridos, obtidos a partir do cruzamento de outras variedades. São eles: EC 88, EC 118, EC 121, EC 200, Vitória e Pérola.

EC-088 (*Ananas comosus* var. *erectifolius*); Material genético obtido por seleção natural – (suscetível à fusariose) - José Aires Ventura.

EC-118 (*Ananas comosus* var. *comosus*); híbrido obtido pelo cruzamento das cvs. Pérola x Smooth Cayenne - (Resistente à fusariose) - José Aires Ventura.

EC-121 (*Ananas comosus* var. *comosus*); híbrido obtido pelo cruzamento das cvs. Smooth Cayenne x Primavera – (Resistente à fusariose) - José Aires Ventura.

EC-200 (*Ananas comosus* var. *comosus*); Fruto de seleção natural, se destaca pela rusticidade - (ainda em avaliação, porém, estudos recentes sugerem resistência ao vírus) - José Aires Ventura.

Cv. Vitória (*Ananas comosus* var. *comosus*); - (Resistente à fusariose) - Ventura et al., 2006 e 2009.

Cv. Pérola (*Ananas comosus* var. *comosus*); (Resistente à fusariose) - Cultivar tradicionalmente plantada no Brasil.

Para obtenção dos extratos, os materiais de cada um dos espécimes foram inicialmente secos, depois foi iniciado o processo de maceração em álcool etanólico 95% durante 48 hrs (esse processo de macerado foi repetido durante três ciclos, sempre trocando o solvente nesses intervalos para máxima extração dos compostos) o processo seguinte foi a filtragem desse material e logo após a utilização do rotaevaporador para a produção definitiva do extrato.

5.2. Teor total de compostos fenólicos

O teor total de compostos fenólicos foi avaliado pelo método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu descrito por ZHANG et al (2006), com mínimas modificações. Para tanto, foram preparadas soluções de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3) 7,5% e também do reagente Folin-Ciocalteu, ambas em água destilada. O extrato vegetal foi diluído em etanol e utilizado em concentração única de $500 \mu\text{g.mL}^{-1}$. O padrão utilizado, o ácido gálico, foi dissolvido em água destilada, e desta forma foi disposto para preparação de diluição em série com concentrações decrescentes de 1000 até $15,625 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Em microplacas de leitura foram adicionadas as soluções do reagente Folin-Ciocalteu, o extrato diluído em diferentes concentrações e o padrão ácido gálico. Posteriormente, foi adicionada a solução de Carbonato de Sódio 7,5% às soluções anteriores. A absorbância foi detectada por leitor ELISA a 460nm e a quantidade de compostos fenólicos no extrato foi expressa em equivalente de ácido gálico por grama de massa seca de extrato. O etanol foi usado como branco e os experimentos foram conduzidos em triplicata.

5.3. Teor total de flavonoides

O teor total de flavonoides foi avaliado pelo método colorimétrico descrito por ZHISHEN et al (1999), com mínimas modificações. Em microtubos foram adicionados 1,5mL de solução metanólica de Cloreto de alumínio hexahidratado ($\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (2% p/v) a 0,5mL do extrato, sendo a solução resultante mantida no escuro por 10 minutos. A absorbância foi detectada por leitor ELISA à 430nm. Foram realizadas diluições metanólicas de rutina, em séries com concentrações de 1000, 500, 250, 125, 62,5, 31,25 e $15,625 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e a quantidade de flavonoides no extrato foi expressa em equivalente de rutina por grama de massa seca de extrato. A solução metanólica de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ foi usada como branco e os experimentos foram conduzidos em triplicata.

5.4. Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada por meio das seguintes técnicas espectrofotométricas: a) ensaio da atividade sequestrante do radical livre estável

2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) b) ensaio da atividade sequestrante do 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS) e, c) pela atividade quelante dos íons Fe^{2+} , por comparação aos padrões TROLOX, ácido ascórbico, e EDTA, respectivamente. As análises das absorbâncias foram realizadas em leitor de microplacas espectrofotométrico UV visível (Marca: BioTek, Modelo: Epoch). Todos os testes foram realizados em triplicatas e seus resultados expressos em porcentagem e submetidos à análise estatística pertinente.

5.5. Ensaio DPPH

Uma metodologia usada para determinar a capacidade de captura de radicais orgânicos, pelos extratos, foi o ensaio do sequestro do radical livre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) descrito por RUFINO et al. (2007), com modificações. Foram dissolvidos 12mg de DPPH em 100mL de metanol, homogeneizados e transferidos para um frasco de vidro âmbar, devidamente etiquetado. Em seguida, foram dissolvidos 20mg de Ácido Ascórbico em 20mL de metanol, homogeneizado e levado a um béquer. A substância teste (extrato vegetal diluído em metanol) e o padrão (Ácido Ascórbico) foram diluídos para realização da curva padrão, sendo necessárias 7 concentrações, sempre ocorrendo um decaimento da metade das concentrações, sendo elas: 1000 μ g.mL - 500 μ g.mL - 250 μ g.mL - 125 μ g.mL - 62,5 μ g.mL - 31,25 μ g.mL - 15,625 μ g.mL. Em seguida, utilizando-se uma micropipeta multicanal as diluições preparadas foram transferidas para microtubos de 0,6mL.

5.6. Ensaio ABTS

O método descrito por RUFINO et al. (2007) com modificações, foi utilizado para verificar a atividade antioxidante dos extratos, por meio do sequestro de radicais orgânicos pelo ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico). O processo desse ensaio começa dissolvendo 96mg de ABTS, em água destilada, completando o volume para 25mL, a solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar, devidamente etiquetado e encapado com papel alumínio. A quantidade de 189,2mg de persulfato de potássio foi dissolvida em água destilada a completar o volume para 5mL, homogeneizada e transferida para um frasco de vidro, etiquetado e

encapado com papel alumínio. O radical ABTS^{•+} foi preparado a partir da reação de 5 mL da solução estoque de ABTS com 88 μ L da solução de persulfato de potássio. Mantendo a mistura no escuro, à temperatura ambiente, por 16 horas. Depois de transcorridas as 16h, foi diluído 1mL desta mistura em etanol, até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm a 734 nm. Vinte e cinco miligramas de TROLOX foram dissolvidos em álcool etílico até completar o volume para 50 mL em um balão volumétrico, homogeneizado e transferido para um frasco, etiquetado. A substância teste (extrato vegetal diluído em etanol) e o padrão (TROLOX) foram diluídos para a curva padrão sendo necessárias sete concentrações. 1000 μ g.mL - 500 μ g.mL - 250 μ g.mL - 125 μ g.mL - 62,5 μ g.mL - 31,25 μ g.mL - 15,625 μ g.mL.

5.7. Quelação do Fe²⁺

O ensaio do quelante de íons Fe²⁺ foi avaliado segundo a metodologia de TANG et al. (2002). O presente ensaio é utilizado para verificar o potencial dos extratos na redução da formação de íons ferrosos. As amostras utilizadas neste procedimento, como os extratos vegetais e o padrão EDTA foram diluídas de forma seriada. Seguindo as sete concentrações, sempre ocorrendo um decaimento da metade, sendo elas: 1000; 500; 250; 125; 62,5; 31,25 e 15,625 μ g.mL⁻¹. Em um microtubo de 2mL foram adicionados 1 mL de cada amostra previamente seriada, em conjunto com 50 μ L de solução aquosa de FeCl₂ (2nM). Em seguida a mistura foi homogeneizada e colocada em repouso, no escuro, por 5 minutos. Na etapa seguinte, 200 μ L de Ferrozina (5 mM) foram adicionados à amostra inicial, sendo homogeneizada novamente. Um seguinte repouso foi feito no escuro por 10 minutos. O controle da reação desse material foi feito adicionando 1 mL de metanol, 50 μ L de solução aquosa de FeCl₂ e 200 μ L da Ferrozina 5 nM, sendo preparada conforme as outras amostras. O material foi lido a 562nm em espectrofotômetro ELISA.

5.8. Cálculo da porcentagem de inibição

A atividade antioxidante, em todos os ensaios (ABTS, DPPH e Quelante), foi mensurada por meio da porcentagem de inibição utilizando-se a equação abaixo:

$$AA = [(Abs0 - Abs1) / Abs0] \times 100$$

Onde:

AA: Atividade Antioxidante

Abs0: absorbância do controle da reação

Abs1: absorbância da amostra

5.9. Análise estatística

Os resultados alcançados nos no ensaio de fenólicos totais e flavonoides propostos no presente estudo, foram submetidos a análises estatísticas para testar a normalidade dos dados pelo Teste de análise de variância (ANOVA) seguidos pelo teste t ($p < 0.05$). Enquanto que os testes antioxidantes foram submetidos ao teste de *Smooth knots*.

Para a avaliação de correlações e descrição da variância e covariância entre as diferentes variáveis analisadas foram utilizadas a análise de correlação de Pearson e a análise de componentes principais (PCA), respectivamente. O conjunto de dados original foi normalizado por uma transformação de escalonamento automático e analisados por uma abordagem multivariada.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

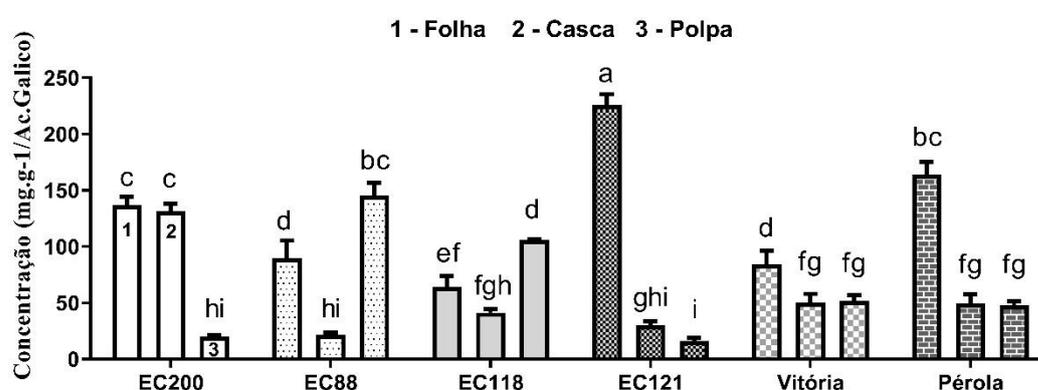
6.1. Teores de compostos fenólicos

Os compostos fenólicos têm sido cada vez mais estudados por apresentarem a capacidade de combater de maneira eficaz o processo de oxidação em diferentes organismos, uma vez que esse processo danoso está ligado a vários distúrbios no organismo, seguido de inúmeras patologias (Vuolo et al., 2019).

Os resultados presentes na Figura 19 indicam que entre os órgãos avaliados, as folhas foram aquelas que apresentaram maiores teores de compostos fenólicos, com médias entre 64,41 mg.g⁻¹ a 226,22 mg.g⁻¹ de ácido gálico, com destaque para os genótipos EC-121 (226,22 mg.g⁻¹ ácido gálico) e Pérola (163,87 mg.g⁻¹ ácido gálico). Enquanto a polpa foi a parte que, em geral,

apresentou os menores teores de compostos fenólicos, com exceção para os genótipos EC-88 (145,32 mg.g⁻¹ de ácido gálico) o qual obteve na polpa um maior acúmulo desses compostos. A casca não se mostrou uma parte com relevância no acúmulo de compostos fenólicos, exceto para o genótipo EC-200 (131,44 mg.g⁻¹), no qual houve uma equivalência entre os valores encontrados nas folhas e nas cascas.

Figura 19 - Concentração de fenóis totais - equivalentes ao Ácido Gálico. (a-i): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos. números: 1 - indica folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$).



Os teores de compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças são influenciados tanto por fatores genéticos de acordo com a variedade da planta, quanto por condições do ambiente, tipo de cultivo e grau de maturação (MELO et al., 2006).

A quantidade e o perfil dos compostos químicos presentes nos vegetais são variáveis que variam em função do tipo, variedade e grau de maturação da fruta bem como das condições climáticas e edáficas do cultivo (LEONG; SHUI, 2002). Assim, quando consideramos os fatores que podem influenciar na natureza e concentração dos metabólitos secundários temos outros vários indicadores, tais como as variações sazonais no conteúdo de praticamente todas as classes desses metabólitos (óleos essenciais, lactonas sesquiterpênicas, ácidos fenólicos, flavonoides, entre outros) (GOBBO-NETO E NORBERTO P. LOPES. 2007).

Nos resultados aqui apresentados, é possível ressaltar algumas condições em relação à diferenciação nos valores mostrados por cada um dos

genótipos, ela pode estar relacionada aos aspectos genotípicos de cada amostra, uma vez que são todos frutos de hibridização de outras variedades. Wagner; (2019) Constata no seu estudo que existe uma diferença, quanto ao potencial de compostos bioativos encontrados nos genótipos por ele avaliados, e essa possível variação pode ser fruto de diversos fatores como, condições edafoclimáticas, estádios de maturação dos frutos, e em grande parte pela variabilidade genética nas espécies.

Com isso, outro ponto chave a se observar aqui, é em relação a maturação e respostas diferenciadas às condições climáticas. Por serem híbridos diferentes, elas podem responder diferentemente às condições ambientais e de manejo, o que pode ter gerado um acúmulo diferenciado na sua alocação de fenóis, desencadeando os valores aqui citados.

Em seus estudos, Da Silva et al. (2013), relata valores mais expressivos de TPC em seus testes realizados com resíduos a 60°C, ($13,79 \pm 0,26$ mg GAE/100g base seca) em relação ao resíduo fresco que foi de ($1,41 \pm 0,06$ mg GAE /100g base seca). Da mesma forma, Özcan et al. (2020 a, b), mostra estudos semelhantes, onde relata um alto teor de compostos fenólicos em frutas que foram secas por microondas, a 70 °C por 20 h. Similarmente, Chang et al. (2006), também observa essa mesma situação em seus estudos com tomates secos a altas temperaturas, verificando níveis mais acentuados de fenólicos totais, assim como Da Silva et al. (2013), que demonstra que essa temperatura elevada desativa uma cadeia de liberações que ocorrem na planta, cessando enzimas com propriedades oxidativas e hidrolíticas, responsáveis pela destruição das propriedades antioxidantes em frutas e hortaliças, e com isso aumentam o teor de fenólicos totais.

Levando em consideração a variável temperatura, é provável que cada um dos genótipos respondeu de uma forma diferente às condições de temperatura, o EC 200 acumulou uma quantidade maior de fenóis nas folhas e na casca, porém, houve uma degradação desse composto na polpa. EC 88 e EC 118, obtiveram valores melhores nas polpas, e uma possível degradação na casca. A variedade Vitória se manteve com valores medianos, enquanto o Pérola se mostrou com maiores proporções nas folhas.

Os valores aqui relatados mostram uma diferença bem expressiva entre as variedades, uma vez que é possível observar o comportamento entre cada

um dos órgãos do fruto, na literatura alguns autores como, Barros T.F.S (2017), que determinou teores de fenóis totais do extrato da polpa das variedades 'Pérola' (32,09 mg.100g⁻¹ de fruto), 'Imperial' (27,58 mg.100g⁻¹ de fruto) e 'Vitória' (18,81 mg.100g⁻¹ de fruto), tais resultados são menores quando comparados aos obtidos nos mesmos genótipos avaliados no presente estudo (Pérola e Vitória), também em polpa e bem inferiores aos encontrados em genótipos de melhor performance (EC88 e EC118). O que pode indicar que o aspecto genotípico determinou diferenças, mas também houve a interferência de outros aspectos, como manejo e ambiente aos quais as plantas foram submetidas nos diferentes estudos.

Além disso, o trabalho conduzido por KUSKOSKI et al. (2005), com teores de compostos fenólicos totais em polpas de algumas frutas úmidas, dentre elas o abacaxi (*Ananas sativa*), também demonstra que a polpa não é uma parte rica em compostos fenólicos ao encontrarem valores de 21,7 mg.100 g⁻¹. Condição reforçada por Alothman et al., (2009), que reportaram variações de 34 a 54 mg.100g⁻¹, utilizando diferentes soluções para obtenção dos extratos e por Dantas et al., (2014), com observação de valores entre 16 e 23 mg.100g⁻¹, também para a polpa, estudos que corroboram os resultados aqui expostos.

Há de se ressaltar, que o genótipo (EC 88), aqui avaliado, e que não foi estudado ainda por outros autores, apresentou resultados mais relevantes quanto à classe de compostos fenólicos, mesmo na polpa, que foi a parte com menores valores. É possível supor que essa situação é devido a ele ser o único de variedade diferente das demais (*Ananas erectifolius*) e como citado por WAGNER; (2019), existe uma diferença na deposição e composição dos compostos bioquímicos entre os genótipos, devido a variabilidade genética.

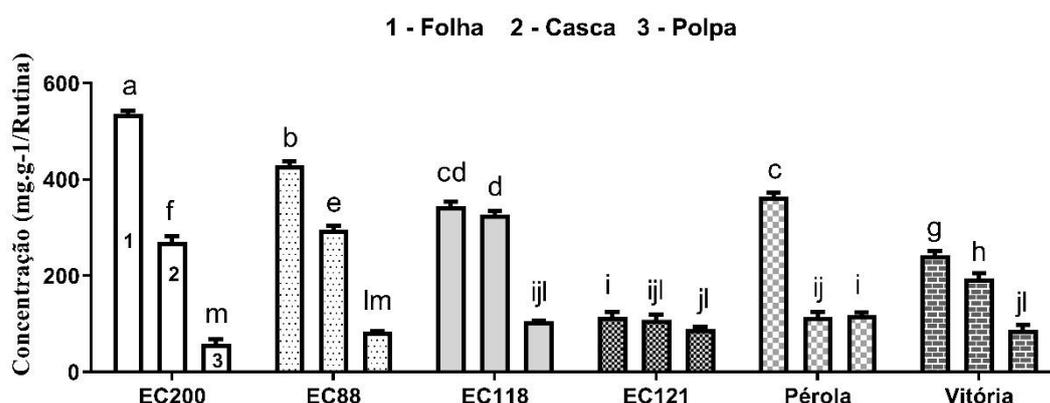
As condições aqui verificadas, independentemente da parte avaliada, sugerem que a partir da concentração de polifenóis nos frutos se pode ter uma base lógica da sua capacidade antioxidante, pois esta atividade é indicada como derivada da contribuição dos componentes fenólicos presentes nas frutas (WANG et al., 1996).

6.2. Teores de flavonoides

Flavonoides são substâncias que pertencem à classe dos compostos fenólicos e atualmente são considerados micronutrientes, estão presentes de diversas formas na dieta humana, muito encontrados em vegetais e frutas, as principais fontes dessas substâncias, dessa forma, os polifenóis, em particular os flavonoides, possuem uma estrutura ideal para o sequestro radicalar, sendo antioxidantes muito mais potentes que as vitaminas C e E (NUCCI, MARCIO et al. 2000).

Os resultados apresentados na Figura 20 indicam que as folhas e cascas foram os órgãos nos quais estão os maiores teores de flavonoides, assim como visto em relação aos compostos fenólicos.

Figura 20 - Concentração de flavonoides totais - equivalentes a Rutina. (a–l): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos. Os números indicam: 1 - Folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$).



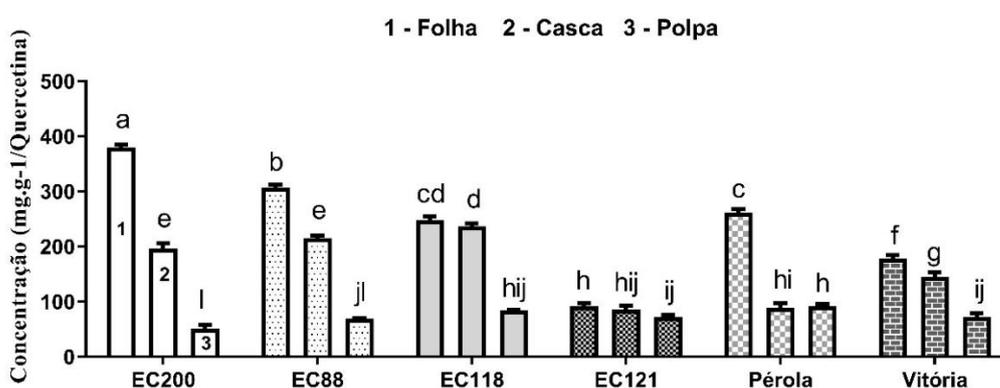
Quando o padrão de equivalência utilizado foi a rutina, os valores de flavonoides foram acima dos 200 nas folhas tendo máxima próximo a 600 mg, com exceção do genótipo EC-121(116 mg.g⁻¹ - rutina), que foi o material com menores teores de flavonoides em todas os órgãos avaliados (folha, casca e polpa) .

Os genótipos EC-200, EC-118, EC-88 e Pérola foram aqueles com destaque em relação aos teores de flavonoides, apesar dos baixos valores apresentados nas polpas (médias entre 58 a 116 mg.g⁻¹ - rutina), mantendo-se a folha (116 a 536 mg.g⁻¹ - rutina), como o órgão com maiores teores, seguida das cascas do fruto (108 a 270 mg.g⁻¹ - rutina). Assim como relatado anteriormente EC200 e EC 88 são híbridos provenientes de seleção natural, e apesar de serem de variedade diferentes, continuam a apresentar um acúmulo

maior de compostos nas folhas, quando comparados aos demais. É possível observar que EC 121 não mostrou valores expressivos desse composto. Quando comparado a teores de fenóis ele ainda tinha um alto valor em folhas, esse novo quadro pode estar novamente relacionado a fatores como cultivo, seca, temperatura e outros. É também possível hipotetizar nessa situação que, o híbrido EC 121 seja um espécime que adquiriu uma maior resistência ao estresse, e com isso, não sofre tanto as influências do meio externo, e conseqüentemente adquirindo uma menor produção de compostos químicos TATTINI (2005), sugere que a biossíntese dos compostos como os flavonoides antioxidantes, aumenta mais em espécies que sejam suscetíveis ao estresse ao ambiente, do que as que possuem algum tipo de tolerância.

Em relação à utilização do padrão quercetina, para verificação dos teores totais de flavonoides (Figura 21), pode-se observar que o comportamento de alocação desses compostos nos órgãos analisados foi o mesmo daquele apresentado quando o padrão foi a rutina (maiores deposições do composto nas folhas e casca), com a média das folhas entre 91 a 380 mg.g⁻¹, enquanto os valores encontrados nas cascas foram entre 86 a 236 mg.g⁻¹.

Figura 21 - Concentração de flavonoides totais - equivalentes a Quercetina. (a-j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, 1 - indica folha, 2 - Casca e 3 - Polpa, para todos os genótipos. ANOVA, Teste t ($p < 0,05$). Padrão: Quercetina.



As propriedades de se utilizar a quercetina como padrão, estão associadas a algumas características bioquímicas, como a de quelar íons de metal, atuarem como sequestradores de radicais livres de oxigênio, além de inibirem enzimas, induzindo enzimas protetivas (ERLUND, 2004).

Observa-se, que novamente o genótipo EC-121 apresenta uma distribuição equivalente entre as órgãos, ainda que com menores teores de flavonoides em relação aos outros genótipos (Folhas: 91 mg.g^{-1} - quercetina, Casca: 86 mg.g^{-1} - quercetina e Polpa: 72 mg.g^{-1} - quercetina). Os genótipos EC-118 e Vitória demonstraram uma tendência de acumular teores semelhantes de flavonoides nas folhas e cascas, enquanto o EC-121 apresenta uma tendência ao equilíbrio entre todos os órgãos (casca, polpa e folhas), apesar de ser o genótipo com menores teores de flavonoides, quando comparado aos demais genótipos. Novamente é possível salientar a hipótese do genótipo EC 121, mesmo quando o padrão foi a quercetina, ele continuou a apresentar valores equiparáveis entre os órgãos e abaixo dos demais, isso pode reforçar que se trata de uma híbrido com maior resistência às adversidades do ambiente, gerando um potencial antioxidantes abaixo do esperado.

Os padrões utilizados na avaliação de flavonoides (rutina e quercetina) são muito utilizados para quantificação de teores totais, tanto de fenóis como de flavonoides. No caso dos genótipos aqui avaliados, tanto em relação à rutina, quanto à quercetina, percebe-se que as folhas foram o órgão de maior alocação de flavonoides. O que já era esperado, uma vez que de acordo com as ações desempenhadas nas plantas por esses compostos, como proteção e vários outros processos fisiológicos, o mesmo também induz o desenvolvimento e crescimento das mesmas (PRIYANKA, et al, 2021).

Em relação aos teores de flavonoides, autores como D.I.S; Da Silva et al (2013), em estudos com secagem de abacaxi, observaram que o conteúdo de flavonoides de resíduos do fruto foi de $197,10 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ($394,2 \text{ mg.g}^{-1}$) e $76,93 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ($153,86 \text{ mg.g}^{-1}$) para casca, valores semelhantes em relação aos que foram encontrados no presente estudo. Enquanto, Namrata et al. 2017 demonstraram em seu trabalho com abacaxi, utilizando diferentes tipos de solventes, que os valores de flavonoides encontrados nos extratos de metanol, n- hexano, etanol e acetona foram de $860 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (1720 mg.g^{-1}), $350 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (700 mg.g^{-1}), $300 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (600 mg.g^{-1}) e $170 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (340 mg.g^{-1}), respectivamente. Ele encontra valores bem mais acentuados usando metanol como solvente, porém, quando comparado aos dados de etanol, nossos valores se mostram semelhantes. Em contrapartida, Clavijo et al. (2012), ao realizarem a caracterização fitoquímica do extrato hidroalcolico da polpa, com uso de

metodologia diferente da executada neste estudo, conseguiram resultados negativos para a presença de fenóis, flavonoides, saponinas e taninos. Nessa mesma linha de investigação, Tarhamba et al. (2021), em análise de extratos das cascas de quatro variedades de abacaxi, também com o padrão quercetina, encontraram valores entre 21,67 e 37,56 mg/100g⁻¹ - quercetina, os quais também diferem dos resultados aqui discutidos.

Uma possível explicação para as discrepâncias entre os resultados obtidos em diferentes estudos, além dos fatores ambientais e métodos aplicados em cada estudo, foi proposta por THÉ et al. (2010) em estudo com a variedade "Smooth Cayene", esses autores sugerem que as enzimas responsáveis pelo amadurecimento dos frutos podem contribuir de alguma forma degradando substâncias, o que em parte pode levar a alterações de teores nos órgãos da planta e distorções na deposição de compostos, o que explicaria também a variação entre órgãos, como os baixos valores para flavonoides e fenóis na polpa.

Assim como em fenóis, a temperatura também pode ser usada para mensurar os dados obtidos para flavonoides, tendo como base os dados obtidos para rutina e quercetina. Diferente dos fenóis, a temperatura pode ser um fator negativo aos flavonoides, uma vez que a degradação se mostra bem prejudicial ao acúmulo deste composto. Os resultados aqui avaliados mostram valores mais acentuados para as folhas. EC 200, EC 88, EC 118 e Pérola, obtiveram os melhores resultados. Por outro lado, é provável que EC 121 e Vitória tenham sofrido uma degradação maior, e conseqüente um menor acúmulo de flavonoides.

Em sua pesquisa Liu et al. (2019) relatou que altas temperaturas acima dos 80°C, resultaram numa extensa degradação dos flavonoides. Kamiloglu et al. (2016), também ressalta que diferentes métodos de processamento e secagem afetam os valores obtidos para esse composto. Tal suposição também foi relatada por Meza M. et al. (2010) que observou no seu trabalho com morangos, uma diminuição com variação de 2 a 92% nos teores de flavonoides submetidos a altas temperaturas. Dessa forma as condições de secagem, apresentam um impacto considerável nos valores finais dos frutos, em termos de compostos bioativos.

Com isso podemos supor aqui que, os frutos utilizados no presente trabalho foram escolhidos ao acaso, e dessa forma cada um deles demonstra níveis e respostas diferentes a condição de temperatura, é claro que podem haver outros fatores limitantes a isso, como a resposta genotípica de cada um deles, fora a água, solo e até mesmo o cultivo.

6.3. Atividade Antioxidante

Os metabólitos secundários de plantas podem, além de suas propriedades nos vegetais, desempenhar ações em organismos dos animais e em humanos. Tais ações biológicas são alvo de muitas pesquisas, pois poderão contribuir para a prevenção ou cura de muitas patologias (Fernandes; 2016) Entre as atividades biológicas de importância dietética e medicinal tem destaque a antioxidante, pois um alimento ou medicação que possa determinar antioxidação poderá auxiliar na manutenção da saúde dos indivíduos (Philippi; 2008).

6.4. Ensaio ABTS - (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

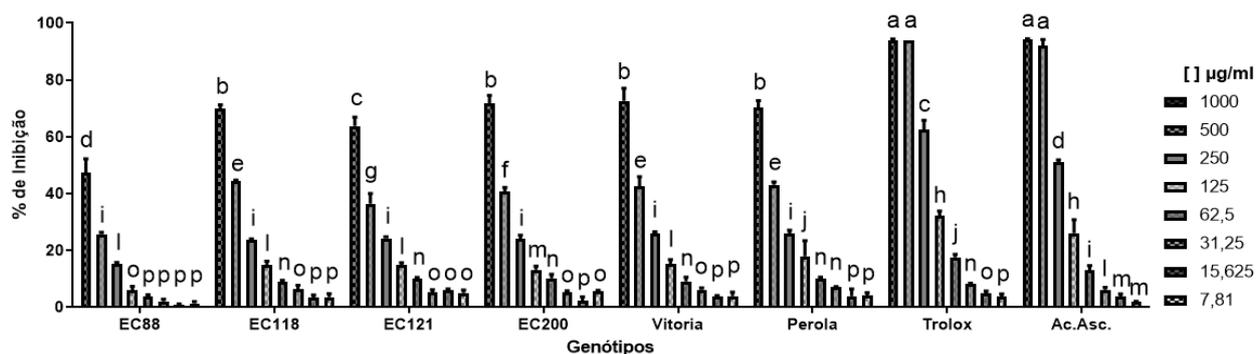
Dentre os diversos métodos possíveis para a obtenção da avaliação da atividade antioxidante, o método do sequestro do radical livre ABTS tem sido um dos mais utilizados, devido ao seu alto índice de sensibilidade, rapidez e estabilidade, considerando assim tanto compostos hidrofílicos quanto compostos lipofílicos presentes nas amostras estudadas, entretanto, para que se obtenha o radical livre ABTS é preciso que ocorra uma reação de oxidação do ABTS com o persulfato de potássio (KUSKOSKI et al., 2005).

Os resultados encontrados nas folhas mostram níveis não pareáveis aos padrões, uma vez que tanto trolox e ácido ascórbico apresentaram 94% de percentual de inibição (Figura 22). Os genótipos EC118, EC121, EC200, Vitória e Pérola na maior concentração mostram uma média de inibição na casa dos 70%, o que pode estar relacionado aos valores apresentados quanto aos teores de fenóis e flavonoides.

Quanto à questão fenolítica, tanto EC121 quanto Pérola se sobressaem no acúmulo de compostos nas folhas, o que pode estar relacionando os altos valores apresentados no ensaio do ABTS. Agora em relação aos flavonoides, tanto para rutina e quercetina, o genótipo EC 200, EC 88, Vitória e Pérola

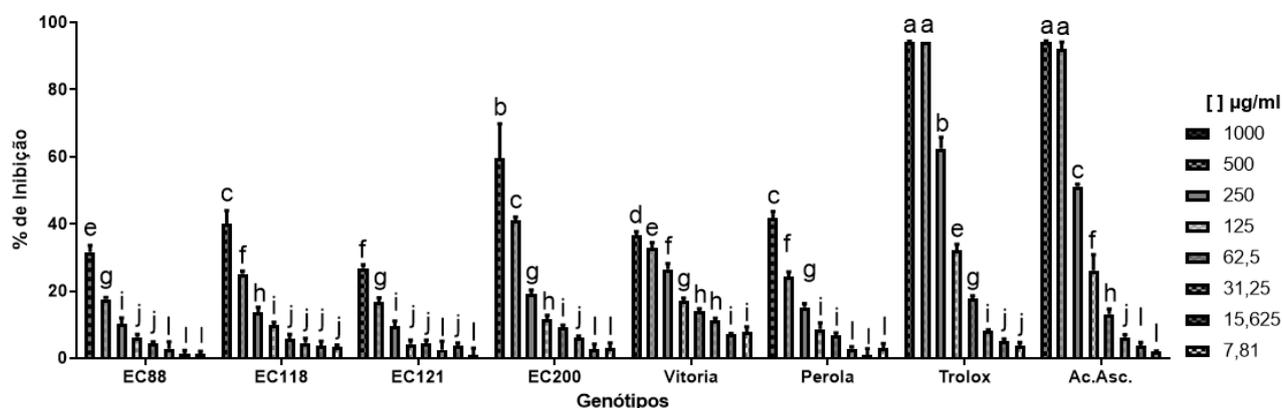
mostram valores acentuados desses compostos nas folhas, o que pode estar maximizando sua atividade antioxidante. Vale aqui ressaltar também que apesar do genótipo EC 88 apresentar um acúmulo de compostos alto em flavonoides, ele não consegue acompanhar o percentual de inibição apresentado no presente ensaio, essa situação pode ser relacionada ao fato dele ser o único de variedade diferente, sendo *Ananas erectifolius*, e não comosus como os demais. Continuando a linha de observação pode se notar que a partir da dose de 500 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ esses números apresentam uma queda acentuada no quadro, exibindo média de 40%. O genótipo EC88 ao contrário dos demais mostra o percentual de 40% desde a maior concentração, com uma faixa de decaimento bem acentuada.

Figura 22 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folhas, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a TROLOX e Ácido Ascórbico. (a–p): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 4.



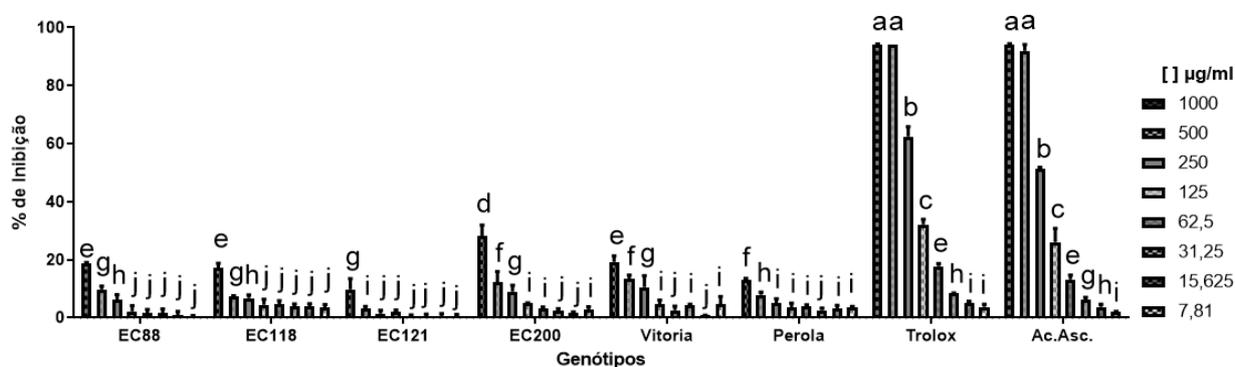
Os dados apresentados nos ensaios com a casca (fig.23) demonstram apenas que o genótipo EC 200 exibe percentual de inibição no nível de 60%, quando avaliado na concentração de 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, enquanto os outros genótipos (EC 88, EC118, EC121, Vitória e Pérola) apresentaram uma média de inibição entre 30 a 40%, mesmo nas maiores concentrações testadas. Essa situação pode ser explicada devido ao fato do genótipo EC200 ser uma variedade proveniente de seleção natural, sendo rustica em relação às demais, com exceção do EC 88, que também é rústico, porém, de outra variedade e por isso possivelmente não engloba os mesmos resultados do EC200. Outro fator é que a quantidade de acúmulo de compostos de flavonoides, se mostra mais proeminente em EC200, que nos demais genótipos, e assim como relatado na figura 22, de folhas, os resultados desse genótipo se mostram à frente dos demais, devido a essa alta composição.

Figura 23 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a TROLOX e Ácido Ascórbico. (a–l): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 4.



Em relação à polpa (fig.24), os dados apresentados mostram que EC88, EC118, EC121, Vitória e Pérola, apresentam uma média de inibição entre 9 e 19%, valores expressivamente mais baixos em relação aos outros constituintes abordados por esse método. Existe mais uma vez um destaque ao genótipo EC200, por se divergir dos outros genótipos (28%), porém, não mostra um potencial antioxidante elevado. Era de se esperar que os dados obtidos na polpa fossem menores que os de folha, uma vez que a maior deposição da composição bioquímica ocorre nas folhas, porém, os dados obtidos foram abaixo do esperado para esse ensaio.

Figura 24 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do ABTS. - Equivalentes a Trolox e Ácido Ascórbico. (a–j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 4.



Como pode ser observado nas Figuras 22, 23 e 24, no ensaio ABTS, os extratos testados não exibiram uma atividade antioxidante similar aos padrões, mesmo nas concentrações mais altas. No entanto, há um comportamento

antioxidante dose-dependente nas folhas, com valores máximos de porcentagem de inibição em torno de 70%, com exceção de EC88, o qual não exibiu uma boa condição antioxidante mesmo na concentração de $1000 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (FIGURA 22).

Comparando-se os órgãos, os extratos de folhas, seguidos pelos das cascas dos frutos foram aqueles que obtiveram melhores resultados, apesar de não alcançarem o mesmo nível de antioxidação dos padrões. Já os extratos das polpas foram aqueles que exibiram menores porcentagens de inibição, com o maior índice para o EC-200 ($1000 \mu\text{g.mL}^{-1}$), ou seja, a polpa foi a porção com menor capacidade de redução do ABTS•, o que indica que a atividade antioxidante destes extratos não envolve diretamente esse mecanismo.

Em seus relatos, Putri, et al., (2018) mostrou em seu trabalho utilizando diferentes solventes como (n-hexano, diclorometano, acetato de etila, metanol e aquoso) que o extrato bruto da casca do abacaxi, apresentou resultados mais promissores no extrato metanólico quando comparado com os demais.

Almeida, et al., (2011), relata que o suco produzido da polpa do abacaxi, apresentou resultados acima do esperado, se mostrando como um poderoso antioxidante. Ele também cita no seu trabalho que como a casca faz parte do fruto, ela também pode ser considerada uma fonte forte de antioxidantes.

Segundo autores como, Putri et al. (2018), que ao avaliarem o extrato bruto da casca de abacaxi encontraram o valor IC50 de $46,49 \mu\text{g.mL}^{-1}$, para o extrato metanólico e IC50 de $55,89 \mu\text{g.mL}^{-1}$, para o extrato aquoso. Com isso, os autores sugeriram que o extrato metanólico teria maior atividade antioxidante do que o de extrato aquoso. Ele também encontra uma porcentagem de inibição de cerca de 75% nas maiores concentrações no extrato metanólico, valores mais acentuados do que os que foram descritos aqui. Mesmo que os solventes utilizados por PUTRI et al (2018) tenham sido diferentes ao do presente estudo, os valores encontrados por eles são corroborativos ao trabalho aqui proposto.

6.5. Ensaio DPPH

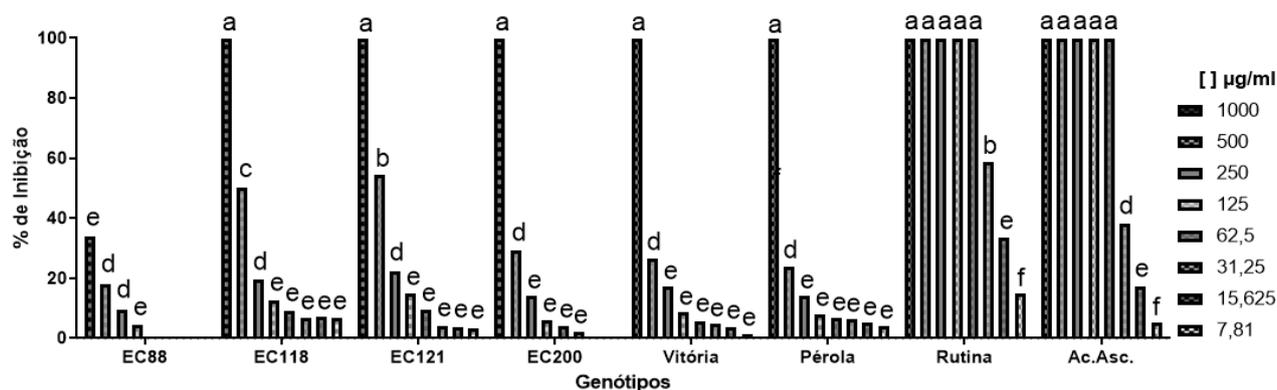
O interesse em antioxidantes de fontes naturais tem crescido cada vez mais, tendo em vista que as substâncias que apresentam propriedades

antioxidantes naturalmente atuam beneficiando a saúde humana, protegendo-a possivelmente de diversas doenças (Del Ré; Jorge, 2011).

Dentre as diversas técnicas que podem ser empregadas, a avaliação da atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH consiste em uma mudança de coloração de violeta para amarela, onde a coloração violeta é caracterizada pela deslocalização do elétron desemparelhado do radical livre DPPH e a coloração amarela é caracterizada quando um composto com propriedades antioxidantes entra em ação e funciona como doador de hidrogênio, obtendo-se, portanto, a hidrazina (Alves et al., 2010). Assim como o ABTS, este método é simples, fácil, além de econômico e rápido e apresenta boa estabilidade em ausência da luz (Da Silveira, et al., 2018).

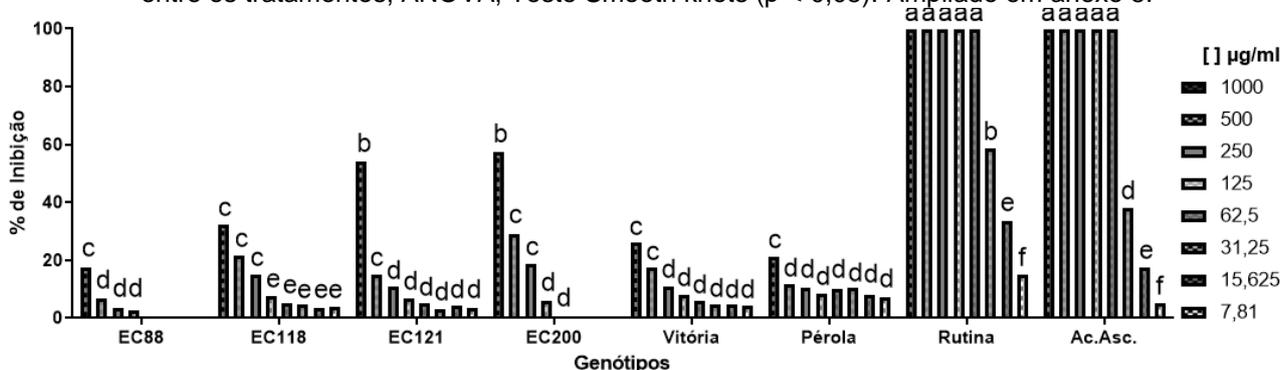
Os resultados do ensaio do DPPH nas folhas (Figura 25) indicam níveis pareáveis aos padrões na sua maior concentração, sendo que os genótipos EC118, EC121, EC200, Vitória e Pérola apresentaram um percentual de inibição de 99,9% em $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. No entanto, com o decaimento das concentrações a curva não se mantém estável, uma vez que, esses valores caem por mais da metade, na concentração de $500 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, tanto EC118 e EC121, mostram uma perda de 50% da sua capacidade inibitória, sendo que esse decaimento de valores são ainda mais acentuados em EC200, Vitória e Pérola, cuja perda chega a 70%. Vale ressaltar também que EC88 não se mostrou um promissor antioxidante desde a maior concentração, cujo valor alcançou 34% da sua capacidade inibitória. Aqui é possível teorizar que o ensaio do DPPH não é o mais adequado para possivelmente carrear os compostos presentes no híbrido EC 88, isso também pode estar relacionado a ele ser de uma variedade diferente das demais, e esse processo se torna mais ineficaz que os demais.

Figura 25 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folhas, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 5.



Em relação aos resultados obtidos pela casca (fig.26), observa-se que diferentemente dos valores expressos pelas folhas, a casca dos frutos não se mostra um bom antioxidante, nem mesmo nas maiores concentrações, uma vez que os valores máximos obtidos ficam em torno dos 50%. Os genótipos EC 200 e EC121 apresentaram valores de $57,5 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e $54,16 \mu\text{g.mL}^{-1}$ respectivamente na maior concentração, enquanto que EC118, Vitória e Pérola apresentam uma média em torno dos 30% de inibição. Mais uma vez os valores expressos por EC88 são os menos expressivos dentre os observados ($17,6 \mu\text{g.mL}^{-1}$). Aqui é possível ver que mesmo com baixas detecções frente ao ensaio DPPH, o genótipo EC 200 continua saindo a frente dos demais em relação às maiores concentrações, nesse caso ele se manteve equiparável ao EC 121 na concentração de $1000 \mu\text{g.mL}^{-1}$ porém, aqui muitos dos valores já começam a não ser detectados por esse ensaio.

Figura 26 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 5.

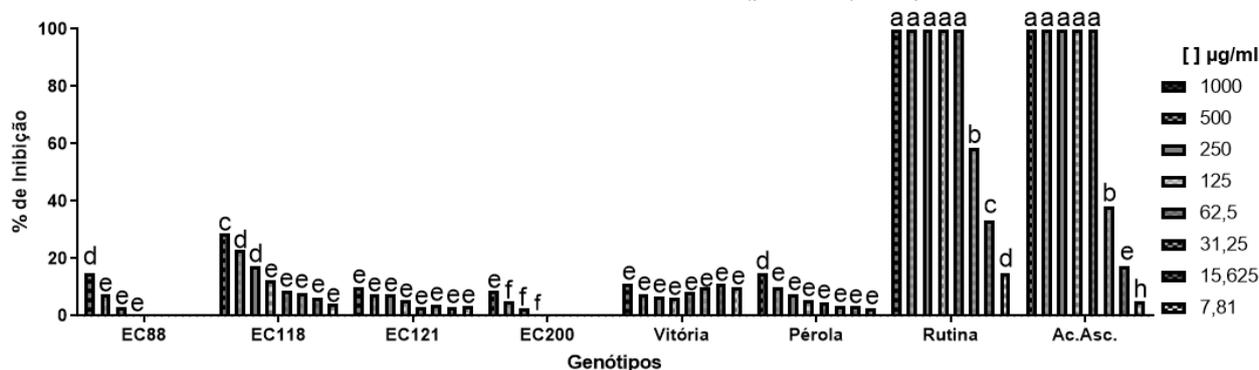


Os valores obtidos pela análise dos extratos das polpas (fig.27) são ainda menos expressivos do que os observados na casca. Nenhum dos genótipos

apresentou um bom nível de inibição nem mesmo nas maiores concentrações. Não foram detectadas atividades antioxidantes em concentrações abaixo de $62,5 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, em EC200 e EC88.

Frente a esse último dado das polpas, é possível reforçar a hipótese de que possivelmente esse ensaio não está sendo o mais ideal, em comparação com o ABTS que mostrou dados medianos. Apesar do DPPH e o ABTS serem testes colorimétricos parecidos e de rápida detecção, o ABTS consegue se sobressair por conseguir carregar mais substâncias presentes na composição, dessa forma, desempenhando um papel mais significativo na constatação desses dados. Essa hipótese pode ser reforçada por Sousa et al. (2011) que constata que os extratos de polpa de abacaxi apresentaram as menores atividades antioxidantes pelo teste do DPPH ($p < 0,05$), mesmo quando foi usado outro solvente, no caso extratos aquosos de resíduos.

Figura 27 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do DPPH. - Equivalentes a Rutina e Ácido Ascórbico. (a–f): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 5.



Outros autores como Putri et al. (2018) relatam que o valor da porcentagem de inibição de cinco extratos baseados na casca de *Ananas comosus*, foi de $99,01 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, obtendo uma boa atividade de inibição. De acordo com ele, os dados dos extratos brutos aquosos e de metanol apresentaram as maiores taxas de inibição, sendo cerca de 61,48% e 59,05%, respectivamente. Quando o padrão foi o ácido gálico a atividade antioxidante girou em torno de 97,8%. Valores diferentes dos expressos no presente trabalho, que demonstram uma boa atividade antioxidante nos maiores valores de folhas, porém, quando as cascas e a polpa são observadas, essa porcentagem de inibição cai por mais da metade.

Quando o alvo das análises é a casca, Hatam, et al., (2013). demonstra resultados com uma boa atividade antioxidante utilizando o extrato etanólico das cascas de *A. comosus*. O que difere dos dados aqui obtidos, onde a casca não se mostra como bom antioxidante.

Por outro lado, um bom resultado do valor de IC50 foi demonstrado por Kataki (2010) que usando o extrato etanólico de folhas encontrou um valor de 214,96 $\mu\text{g. mL}^{-1}$.

Aqui também vale ressaltar, que se pode estabelecer um vínculo entre os resultados dos teores das polpas, com essa baixa atividade antioxidante exibida no ensaio do DPPH, além de se relatar que a folha, órgão com os mais altos valores no referido teste, apresenta valores interessantes em teores de fenóis e flavonoides.

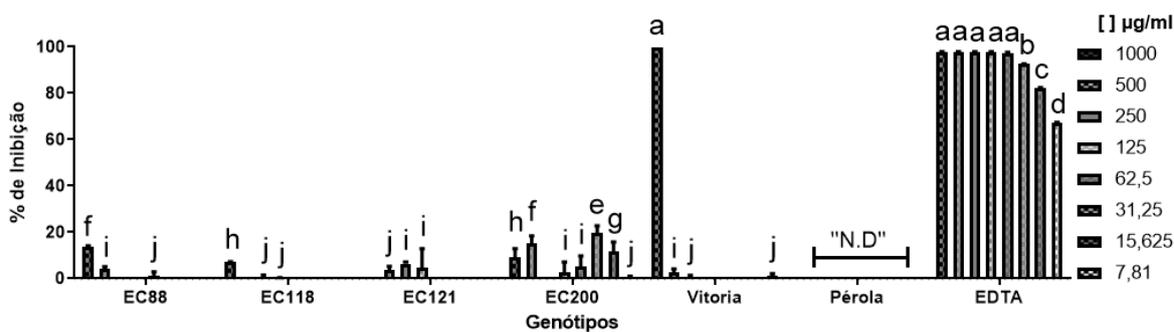
6.6. Quelante de Ferro II

Assim como os outros dois apresentados anteriormente, é um ensaio simples, rápido e de baixo custo. Esse ensaio baseia-se na utilização do reagente ferrozina que, quando exposto ao íon Fe^{2+} , forma um complexo de cor rósea, tendo a sua absorbância mensurada no comprimento de onda de 562 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (Talissa et al., 2016).

O ensaio quelante de íons ferro nas folhas (fig.28), mostra níveis muito baixos, ou até mesmo ausentes nos genótipos estudados. EC88, EC118, EC121 e Vitória, não expressaram a maioria dos valores a partir das da concentração de 500. Um ponto que vale ressaltar nesses resultados é a porcentagem de inibição do genótipo Vitória, alcançando média de 99,9% em relação ao EDTA que por sua vez manteve margem de 97%, no entanto, não manteve uma curva de decaimento satisfatória, uma vez que na concentração de 500, esse número cai para 2,72%. Quanto aos demais o maior valor encontrado foi em EC88, com 13,7% de inibição. Embora todos os extratos tenham sido ineficazes na relação antioxidante nesse teste, existe uma alta correlação entre os compostos fenólicos como fenóis e flavonoides, com o teste quelante de metais, a interação entre esses compostos e o ensaio é de: (Fenóis -0,88461 e flavonoides -0,8703). Esses números sintetizam que existe uma correlação forte entre a composição química e as folhas. Soong et al.; (2004) relata a existência de uma interação

entre o total de compostos bioquímicos como os flavonoides e a atividade quelante de íons ferro, ele também ressalta que na literatura, já foi relatado que os compostos fenólicos exibiram propriedades redox, atuando como redutores de hidrogênio e inibidores de oxigênio, (responsáveis pela atividade quelante de metais). Podemos observar também que os níveis de fenóis e flavonoides demonstrados nas figuras 19, 20 e 21, salientam que a casca não se mostra como uma acumuladora eficiente desses compostos, o que pode estar sendo refletido nesse ensaio. Com isso os dados aqui apresentados não eram esperados, indicando que existe alguma outra variável interferindo no referido ensaio.

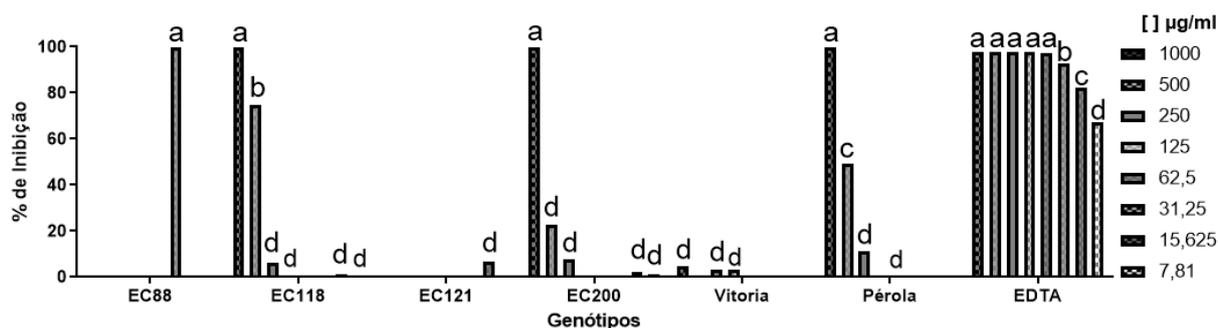
Figura 28 – Porcentagem de inibição dos genótipos em folha, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–j): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 6.



Seguindo os resultados, as cascas (fig.29) mostram níveis muito baixos de atividade quelante, porém, um pouco mais aparentes em relação aos dados obtidos nas folhas, aqui temos a ausência total da variedade vitória, que aparecia com uma alta taxa de inibição na maior concentração. Dessa vez os genótipos EC 88, EC 118, EC200 e Pérola conseguiram manter um percentual comparável ao padrão EDTA na concentração de $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, contudo, assim como já observado nas folhas essa marca de inibição não se mantém, perdendo muito do seu potencial antioxidante nas concentrações seguintes. Outro ponto a se observar é que o híbrido EC 88 possui um percentual de inibição na concentração de $31,25 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, o que é um caso isolado, uma vez que as primeiras concentrações não foram detectadas. Assim como as folhas, podemos usar o teste de pearson para mensurar a relação entre o quelante e a casca. Nesse caso tanto fenol quanto flavonoides obtiveram um grau de interação de ($R=0,51$) para ambos os compostos, ou seja, uma correlação mediana, com isso, era de se esperar que os resultados fossem mais expressivos. Mais uma vez é

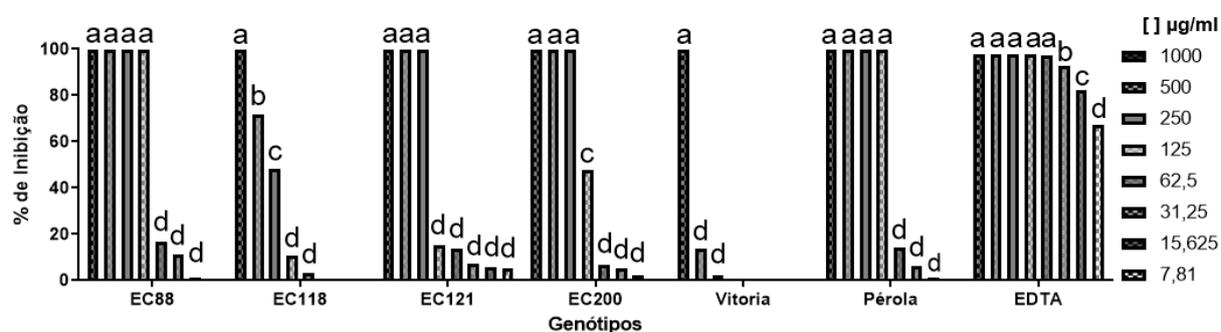
ressaltado o reflexo do baixo nível da composição química de teores, o acúmulo abaixo do esperado gerou um potencial oxidante menor entre os estudados na atividade quelante. Existe alguma interferência entre o sinergismo desses compostos e o ensaio quelante de casca e folhas.

Figura 29 – Porcentagem de inibição dos genótipos em casca, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–d): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 6.



Os resultados de polpa (fig.30) se mostram muito promissores em relação aos demais órgãos e também em relação aos outros ensaios com a polpa, uma vez que, os genótipos apresentam uma ótima capacidade antioxidante na concentração de $1.000 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Alguns genótipos mantiveram essa ótima performance mesmo em concentrações mais baixas, como é o caso de EC88 e Pérola, que atingem 99.9% de inibição até na concentração de $62,5 \mu\text{g.mL}^{-1}$, sendo comparáveis ao padrão EDTA, porém, a concentração seguinte demonstra um significativo decaimento. EC121 e EC200 também se mostram bem equivalentes ao EDTA, mantendo os níveis de inibição altos até a concentração de $250 \mu\text{g.mL}^{-1}$, e só a partir daí expressam um forte decaimento. EC118 mantém uma curva de redução bem expressiva, apesar de não expressar inibição nas menores concentrações, e o genótipo Vitória, apesar de manter a capacidade inibitória alta na concentração de $1000 \mu\text{g.mL}^{-1}$, não consegue manter uma curva de redução aplicável ao teste.

Figura 30 – Porcentagem de inibição dos genótipos na polpa, pelo teste do quelante de íons ferro. - Equivalentes ao EDTA. (a–d): Letras distintas indicam diferença estatística entre os tratamentos, ANOVA, Teste Smooth knots ($p < 0,05$). Ampliado em anexo 6.



Com relação ao ensaio quelante, observa-se que a maioria dos genótipos avaliados exibiu uma significativa atividade antioxidante de seus extratos de polpa, com destaque para os genótipos EC 88, EC 121, EC 200 e Pérola que alcançaram 100% de inibição desde as concentrações de 125 ou 250 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. No entanto, pode-se observar que a variedade Vitória não obteve resultados expressivos em nenhum dos extratos, independentemente da parte utilizada (folhas, casca ou polpa). Essa situação pode estar associada a vários fatores, como possíveis oxidações de compostos presentes na polpa ou até mesmo o teste aqui executado não seja o ideal para a confirmação desse dado. Quando comparamos os teores de fenóis e flavonoides, a cultivar vitória, não exibe níveis significantes de acúmulo desses bioquímicos, e com isso acaba refletindo essa baixa atividade dos antioxidantes. No entanto, também temos que ressaltar que os dados de polpa nos teores não são bons para os outros genótipos também, com exceção do híbrido EC 88 no teor de fenóis, o qual se mostrou bem significativo, esse genótipo mostra valores bem promissores no ensaio quelante, mostrando perda considerável da sua capacidade antioxidante apenas nas concentrações mais baixas. Sintetizando os dados obtidos pela correlação feita, observamos que o teste quelante possui um ($R=0,4$), de baixa relação entre ele e a polpa, o que não explica os altos valores aqui expressos. É notável que na situação do ensaio quelante temos um caso diferenciado, aqui existe uma inversão dos dados com a correlação obtida, onde podemos notar níveis oxidantes baixos frente a uma alta sinergia, e níveis altos frente a uma sinergia baixa, demonstrando que a atividade quelante foi enriquecida nas polpas. Adusei (2019), relata através do seu trabalho com frutos, que a capacidade quelante de metais foi constatada em maior quantidade na polpa do que em outras órgãos

do fruto, como casca e semente. Ele também sugere que a capacidade quelante foi enriquecida nessa região específica do fruto. O que corrobora os dados aqui obtidos. Os valores expressos quanto à atividade quelante, neste trabalho, se mostraram muito inexpressivos quando o alvo são as folhas e a casca, todavia, o presente ensaio consegue taxas de inibição muito satisfatórias na polpa dos frutos. Baseado em estudos anteriores (LIM et al., 2007), utilizando três variedades de *Ananas*, demonstraram uma alta capacidade de quelação dos extratos de abacaxi. Entre uma variedade e outra, os valores mostram uma discrepância de até 10% entre os dados obtidos, porém, esses valores ainda eram baixos quando comparados a outras frutas como a banana como 55% de taxa de inibição. Apesar dos dados do autor mostrarem o *Ananas* como potencial agente redutor, os dados deste trabalho divergem bastante, uma vez que muitos dos dados aqui obtidos não foram detectados.

Os resultados da avaliação antioxidante pelo radical DPPH, assim como no ABTS apresentaram um comportamento dose-dependente na produção dos efeitos antioxidantes, na maioria dos extratos, mas com níveis bem mais reduzidos de ação antioxidante, principalmente em casca e polpa. Também nesse ensaio, os extratos das folhas foram aqueles com melhores desempenhos. Quando comparados aos padrões utilizados (rutina e ácido ascórbico), percebe-se que os genótipos em análise não apresentaram uma atividade antioxidante significativa na maioria das concentrações testadas, com exceção da concentração de $1000 \mu\text{g.mL}^{-1}$, para os extratos das folhas dos genótipos (EC 118, EC 121, EC 200, 'Vitória' e 'Pérola'). Em relação ao ensaio quelante, os números eram esperados uma vez que quando comparado aos níveis de teores, podíamos observar que o acúmulo dos componentes foi abaixo do esperado, no entanto, a polpa se mostrou um excelente antioxidante.

6.7. Análise explorativa: Componentes Principais (PCA) e Coeficiente de Correlação de Pearson

A análise dos Componentes Principais (PCA) e Coeficiente de Correlação de Pearson são análises estatísticas que favorecem o entendimento das similaridades e diferenças entre as variáveis avaliadas em estudos de diferentes áreas (Scotton., 2016)

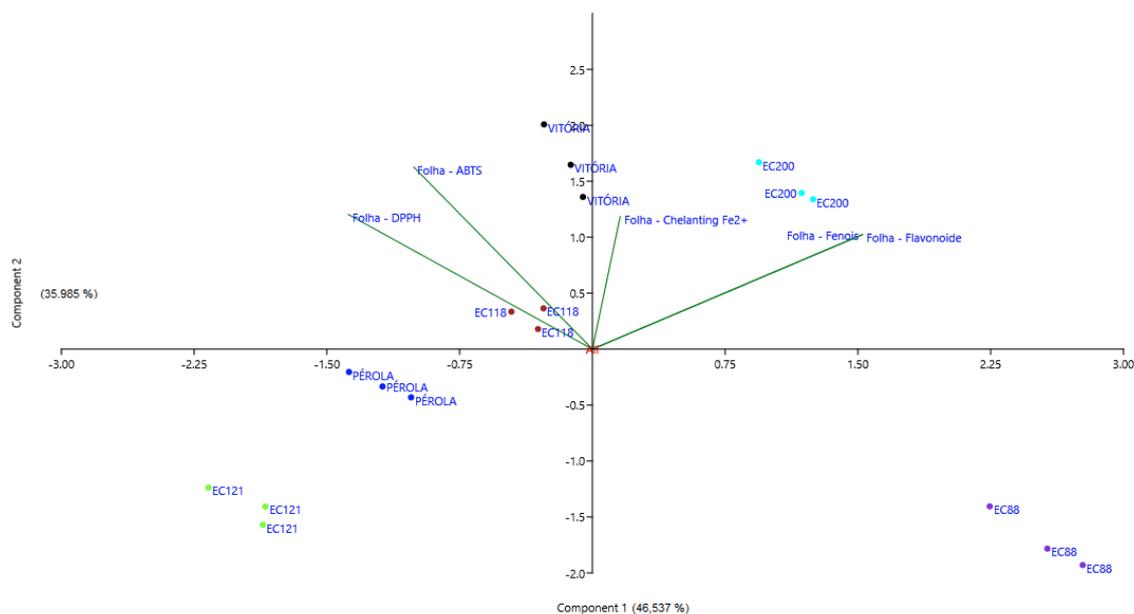
No presente estudo essas duas análises (Correlação de Pearson e PCA) foram usadas na comparação dos diferentes extratos (folha, casca e polpa) de cada um dos genótipos com o objetivo de investigar a relação entre os componentes químicos e as diferentes atividades antioxidantes expostas por eles.

A correlação de Pearson descrita no presente resultado, foi verificada conforme descrito por Figueiredo Filho e Silva Junior (2009), como: ($r=1,00$) perfeita, ($0,80 \leq r < 1,00$) forte, ($0,50 \leq r < 0,80$) moderada e ($0,10 \leq r < 0,50$) fraca.

Os primeiro e segundo componentes principais respondem por 82,52% da variância total, (PC1 - 46,237% e PC2 - 35,985%). De acordo com os resultados nota-se que o PC1 foi dominado pelas seguintes variáveis: quelante de ferro, Fenóis e flavonoides, e o PC2 foi dominado pelas variáveis: ABTS e DPPH (Figura 31).

Estes resultados sugerem que os teores de flavonoides e de compostos fenólicos foram correlacionados com o extrato do genótipo EC 200, enquanto a atividade quelante de Fe^{2+} foi correlacionada com o extrato da variedade Vitória. Pode-se inferir também que as atividades antioxidantes, principalmente, ABTS e DPPH, não estão correlacionadas aos fenóis e flavonóides, assim como também não apresentam uma proximidade correlativa com os extratos EC118, EC121 e Pérola (Figura 31 – ampliada nos anexos). Vale ressaltar que não há forte correlação entre as atividades antioxidantes e os teores.

Figura 31 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de folhas de Ananas.



Quanto a correlação de Pearson, (Tabela 1), observa-se que as do conteúdo de fenólicos totais e flavonoides apresentou uma correlação alta (**+0,99955**), o que pode sugerir que os flavonoides sejam um dos principais componentes que conferem o potencial fenólico nas folhas de abacaxi. O que difere de Soares et al. (2020), que no seu trabalho utilizando frutos de guapeva, encontra uma correlação mediana (**R=0,62**) entre o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides, sugerindo que os flavonoides não sejam os principais responsáveis pelo conteúdo de compostos fenólicos.

Entre a relação fenólicos totais e DPPH a correlação foi de (**-0,6999**), valor considerado mediano, porém, de forma inversa, uma vez que demonstra valores negativos, (apesar deste método também estar baseado em mecanismos de ação semelhantes, ou seja, na transferência de elétrons). O que mesmo assim apresenta resultados significativos, em relação aos dados que Soares et al. (2020), obtém trabalhando com frutos, ele encontra para essa correlação um valor de (**R=0,18**), mostrando uma fraca relação entre esses testes.

Quanto ao coeficiente de fenóis e o ABTS, sua relação foi de (**-0,07099**) valor considerado com baixa correlação, mesmo considerando seu valor inverso, o que difere de Castelucci; Da Silva; Spoto (2020), que reportam uma moderada correlação entre o TCF e capacidade antioxidante por sequestro do radical ABTS•+ (**R= 0,68**), para 4 diferentes frutas nativas. Discordando também de

Taver (2020), que relata uma moderada correlação entre o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante pelo teste colorimétrico do ABTS•+ encontrando uma interação de (**R= 0,50**). Tais resultados podem sugerir que o teste do ABTS não seja o mais adequado ao referido experimento, como foi observado na tabela 1, onde os valores de inibição em folhas, não são tão expressivos fora da curva de maior concentração.

Quanto ao quelante de ferro, o valor expresso foi de (**-0,88461**) número considerado forte, e inversamente proporcional. Sula, et al. 2020, em seu trabalho, utilizando extrato de folhas de *Galinsoga parviflora*, em meio ao referido teste, encontra resultados semelhantes aos que foram aqui observados, (**R=0,99**), respaldando o uso desse ensaio como fonte de avaliação.

Tabela 1 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de folhas de Ananas

<i>Folhas</i>	<i>Fenóis</i>	<i>Flavonoides</i>	<i>DPPH</i>	<i>ABTS</i>	<i>Chelating</i>
<i>Fenóis</i>					
<i>Flavonoides</i>	0,99955				
<i>DPPH</i>	-0,69993	-0,72036			
<i>ABTS</i>	-0,07099	-0,10074	0,76264		
<i>Chelating</i>	-0,88461	-0,83030	0,28532	-0,40234	

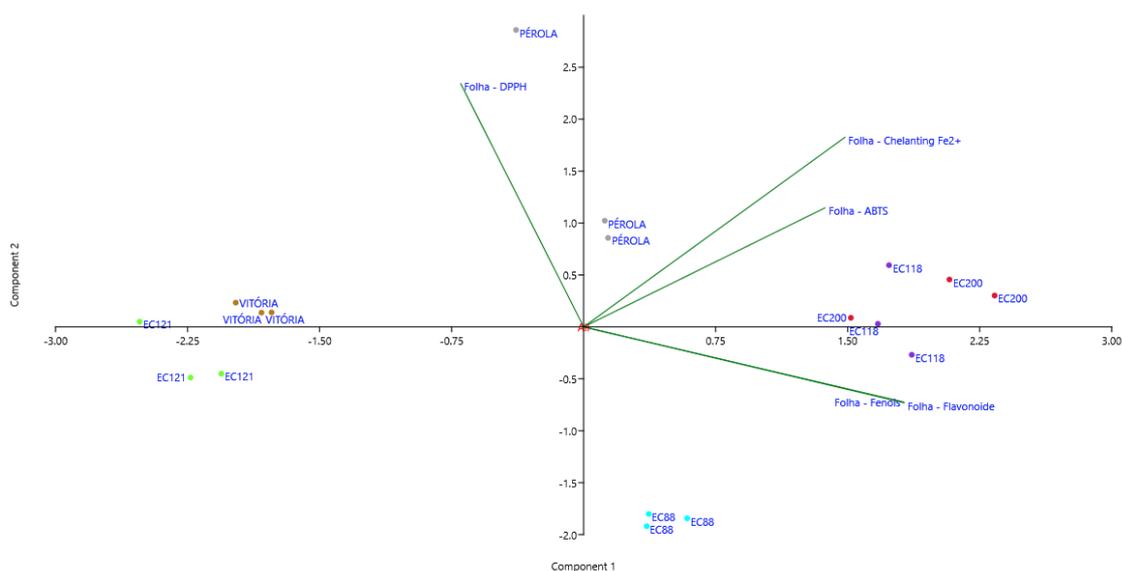
Em relação à análise de componentes principais das cascas dos genótipos, os primeiro e segundo componentes principais respondem por 81,979 % da variância total, (PC1 - 56,622 % e PC2 - 25,357 %). De acordo com os resultados nota-se que o PC1 foi dominado pelas seguintes variáveis: Quelante, ABTS, Fenóis e flavonoides e o PC2 foi dominado pela variável: DPPH.

Podemos observar no componente 1, que há uma correlação fraca/média entre os flavonoides e os fenóis com a atividade quelante. Tanto quelante quanto ABTS possuem correlação positiva, e uma aproximação significativa aos extratos EC200 e EC 118. No componente 2, podemos notar uma correlação entre DPPH e o extrato pérola. Os outros extratos como EC121 e Vitória se

mantiveram distantes, porém, o genótipo vitória se mostra no mesmo quadrante que o DPPH, denotando uma certa correlação com o mesmo.

Pela PCA, observa-se que os fenóis e flavonoides estão inversamente relacionados à atividade DPPH e também não estão relacionados às atividades quelantes e ABTS. Onde também tem uma fraca correlação entre quelante e fenóis ou flavonoides.

Figura 32 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da casca de Ananas.



A correlação de Pearson (Tabela 2) voltada a casca, demonstra que o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides, apresentou uma correlação alta (**+0,99998**), o que assim como apresentado nos dados de folha, pode sugerir que de alguma forma os flavonoides estejam sendo um dos principais componentes que conferem o potencial fenólico na casca de abacaxi. Ullon (2020), demonstra resultados obtidos pela análise da correlação de Pearson, onde ele determinou que o conteúdo de polifenóis e flavonoides das amostras de cacau apresenta uma correlação positiva perfeita (**R=0,99**), o que reforça os dados obtidos no presente estudo, onde a interação fenóis e flavonoides se mostra perfeita, dessa forma assim como nas folhas o teor de flavonoides se mostra como um dos principais constituintes para o teor de fenóis. Entretanto Ullon, (2020), também descreve uma relação perfeita entre os fenóis e o DPPH, o que difere do presente estudo, uma vez que os dados aqui encontrados em relação fenólicos totais e ABTS foi de (**0,36497**), valor considerado baixo.

Quanto ao Compostos fenólicos totais e o DPPH, sua relação foi de (-**0,35218**) assim como nas folhas, seu valor é também considerado baixo, o que corrobora com Silva (2018), que em seu trabalho frutas nativas da Mata Atlântica, encontra o valor de (**R= -0,50**), número considerado também fraco para o referido teste.

Quanto ao quelante de ferro, o valor expresso foi de (**0,51657**) número considerado moderado. Srivastava et al., 2021 apresenta resultados diferentes dos que foram apresentados aqui, em seu estudo com frutos, determinou um valor de (**R=0,71**) para a atividade quelante.

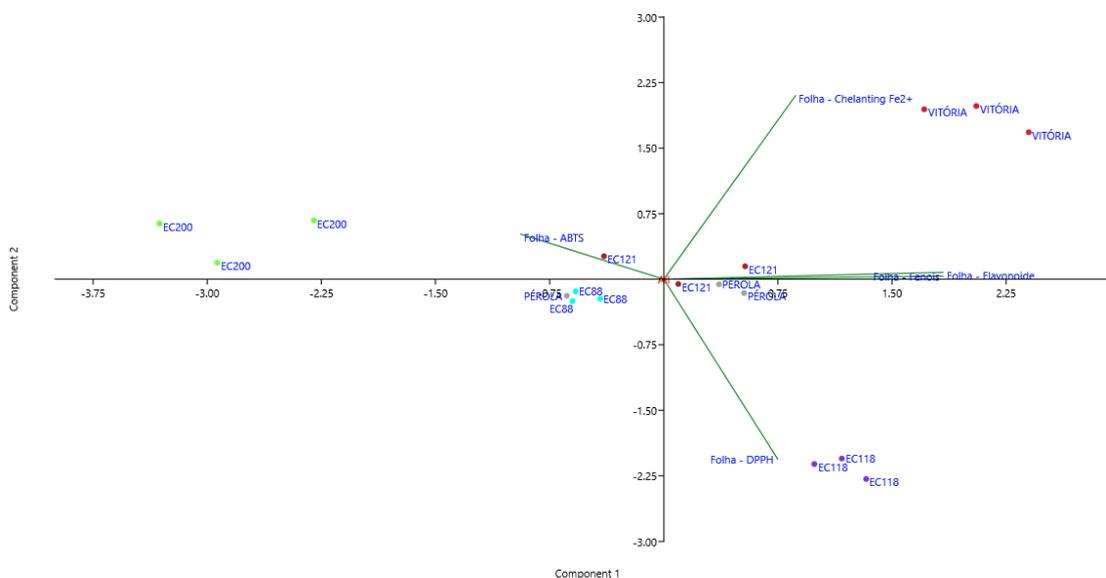
Tabela 2 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de casca de Ananas.

<i>Casca</i>	<i>Fenóis</i>	<i>Flavonoides</i>	<i>DPPH</i>	<i>ABTS</i>	<i>Chelating</i>
<i>Fenóis</i>					
<i>Flavonoides</i>	0,99998				
<i>DPPH</i>	-0,35218	-0,35442			
<i>ABTS</i>	-0,36497	0,36454	-0,19303		
<i>Chelating</i>	0,51513	0,18336	0,18336	0,70639	

Com relação à polpa, o primeiro e segundo componentes principais respondem por um total de 81,944 % da variância total, (PC1 - 51,789 % e PC2 - 30,155 %). De acordo com os resultados nota-se que o PC1 foi dominado pelas seguintes variáveis: quelante de ferro, Fenóis, flavonoides e DPPH e o PC2 foi dominado pela variável: ABTS.

No componente 1, os resultados sugerem que os teores de flavonoides e de compostos fenólicos foram correlacionados com o extrato EC121 e Pérola, enquanto a atividade quelante de Fe²⁺ foi correlacionada com o extrato Vitória. Ainda no componente 1 é possível observar uma correlação negativa entre DPPH e o extrato EC118. No segundo componente existe uma fraca relação entre ABTS e o extrato EC 121, é possível aferir também, que existe uma relação com o EC200, uma vez que ambos dividem o mesmo quadrante.

Figura 33 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da polpa de Ananas.



Para a polpa a correlação de Pearson, mostra que as o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides, apresentou uma interação alta (**+ 0,9996**), sugerindo mais uma vez o papel dos flavonoides como componente forte na composição dos fenóis. O que difere dos estudos de Dala-Paula BM et al., (2019) que ao trabalhar com a acerola, encontrou valores bem expressivos para casca (**r = 0,76**) e semente (**r = 0,88**), porém, não conseguiu encontrar um índice de correlação na polpa do fruto que fosse significativo ao estudo. Machado et al., (2019). Na sua avaliação de compostos fenólicos e flavonoides de polpa não pasteurizada de frutos, demonstra uma correlação moderada e inversamente proporcional (**R= -0,75**), enquanto que os frutos pasteurizados obtiveram uma relação de (**R= -0,31**).

Entre a relação fenólicos totais e DPPH a correlação foi de (**0,41312**), valor considerado baixo. Sganzerla et al., (2018) demonstra uma interação forte (**R=0,97**) no seu estudo com polpa de uvaia, diferindo de forma significativa dos dados aqui obtidos. Ele também reforça um valor de (**R=0,99**), ou seja, perfeito, para os resultados obtidos entre a interação de fenólicos e ABTS, diferindo mais uma vez dos dados aqui expressos (**R=0,38882**), o que pode reforçar que tanto ABTS quanto DPPH não são testes especificamente ideais para expressar o potencial antioxidante de Ananás.

Quanto a interação quelante de ferro e compostos fenólicos, o valor expresso foi de **(0,47148)** número considerado baixo, uma vez que quando observado os valores expressos na figura 19, podemos notar que os resultados foram bem promissores em relação a casca e folhas, essa fraca interação aqui representada não explica a ótima atividade antioxidante expressa no teste da tabela 3, podendo existir outro composto sendo o responsável pela atividade antioxidante. Nam Jin-Sik et al. (2019) em estudos com polpa de mamão, encontra uma correlação perfeita (**R=0,99**), para o referido teste, mostrando que o ensaio é relevante para estudos com frutos.

Tabela 3 - Correlação de Pearson dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de polpa de Ananas.

<i>Polpa</i>	<i>Fenóis</i>	<i>Flavonoides</i>	<i>DPPH</i>	<i>ABTS</i>	<i>Chelating</i>
<i>Fenóis</i>					
<i>Flavonoides</i>	0,99960				
<i>DPPH</i>	0,41312	0,39927			
<i>ABTS</i>	-0,38882	-0,38312	-0,12875		
<i>Chelating</i>	0,48148	0,48714	-0,48717	0,01951	

7. CONCLUSÃO

Em relação a teores, os genótipos que se mostram mais promissores são o EC 200, EC 88, e EC 118, principalmente quando o alvo são as folhas. Quanto aos ensaios antioxidantes, os genótipos mais promissores são EC 200, EC 118, EC 121, Vitória e Pérola, que apesar da sua baixa atividade em alguns ensaios, mostraram alta atividade de inibição em outros, em relação ao genótipo EC 88, o mesmo não consegue acompanhar os valores dos demais na maioria dos resultados.

Em relação aos genótipos rústicos como EC 200 e EC 88, é interessante ressaltar mais uma vez que ambos possuem resultados muito promissores em diferentes aspectos como teores e antioxidantes, com isso é preciso que se tenham mais estudos a respeito desses híbridos, uma vez que eles mostram ser os de maior potencial no presente estudos.

Categorizando o melhor genótipo aqui observado, seria sem dúvidas o EC 200, por ser uma variedade proveniente de seleção natural, e manter os moldes rústicos da espécie, o mesmo se manteve promissor, por sempre estar à frente na maioria dos resultados, suas folhas são um grande depósito de compostos bioquímicos, e é um espécime fortíssimo para estudos de natureza antioxidante, valendo o investimento em pesquisas futuras.

Por outro lado, o genótipo com menor aproveitamento foi o EC 121, tendo em vista seus valores abaixo do limiar na maioria dos testes, principalmente na composição fitoquímica de teores, lembrando que essa suposição se faz jus no tipo de testes que foram realizados aqui, talvez utilizando outras fontes de análise ele apresente resultados melhores.

Quanto às variedades comerciais, como Vitória e Pérola, podemos notar que ambas se mostram bem medianas quando comparadas aos espécimes mais promissoras, em relação aos fenóis e flavonoides, seus resultados estão na média, tanto para folhas, quanto casca e polpa. Em relação a antioxidantes, eles mostram uma capacidade inibitória bem interessante nas maiores concentrações, porém perdem a eficácia muito rapidamente, porém, como são variedades fortíssimas no mercado e resistentes ao *fusarium*, elas se mostram como forte fonte de novas pesquisas antioxidantes.

As folhas, casca e coroa do abacaxi são resíduos industriais que são atualmente descartados pelas indústrias, e se mostraram como um potencial fonte para obtenção de extratos naturais com capacidade antioxidante como vimos no referido estudo, com isso podem ser utilizados em substituição aos antioxidantes de vias sintéticas. De certa forma reaproveitar esse material resulta na obtenção de produto com valor agregado para a indústria, minimizando a geração de altas cargas de resíduos, beneficiando a qualidade do meio ambiente e a sustentabilidade.

Concluindo, os dados aqui expressos mostram que os genótipos de ananás, podem ser usados não só para o consumo, mas também como fonte de compostos bioquímicos saudáveis a saúde, sendo utilizados no desenvolvimento de produtos como suplementos alimentares, compostos enzimáticos como a bromelina, e ajudar no combate ao estresse oxidativo de forma eficiente. E também, pode-se concluir que os genótipos aqui avaliados são promissoras, sendo que alguns se destacam mais que outros em determinados aspectos e

serão ainda necessárias novas avaliações sobre como essas respostas podem ser usadas em benefício do produtor e incremento do uso e destinação dos diferentes órgãos desse fruto.

8. REFERÊNCIAS:

- ABU BAKAR, BADRUL HISHAM et al. RIPENESS LEVEL CLASSIFICATION FOR PINEAPPLE USING RGB AND HSI COLOUR MAPS. **Journal of Theoretical & Applied Information Technology**, v. 57, n. 3, 2013.
- ADE KULDIP, D.; LAL, Aditya; MISHRA, A. A. Development and Quality evaluation of Pineapple pomace and Wheat bran fortified biscuits. **The Allahabad Farmer Journal**, v. 70, n. 2, 2015.
- ADUSEI S. (2019), Phytochemical analysis, antioxidant and metal chelating capacity of *Tetrapleura tetraptera*. **Heliyon** (2019) e0276
- AHMAD, Basir et al. Identification and characterization of functional intermediates of stem bromelain during urea and guanidine hydrochloride unfolding. **The Journal of Biochemistry**, v. 141, n. 2, p. 251-259, 2007.
- ALMEIDA, M.; Mozarina Beserra et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ALOTHMAN, M., BHAT, R., & KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 785-788, 2009.
- ALVES, Clayton Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, p. 2202-2210, 2010.
- AMARAL, A. B.; SILVA, M. V. DA; LANNES, S. C. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors: a review. **Food Science and Technology** 2018, 38, 1.
- AMINI, A.; MASOUMI-MOGHADDAM, S.; EHTEDA, A.; LIAUW, W.; MORRIS, D.L. Potentiation of chemotherapeutics by bromelain and N-acetylcysteine: Sequential and combination therapy of gastrointestinal cancer cells. *Am. J. Cancer Res.* 2016, 6, 350.
- Ancos, B., Sanchez-Moreno, C., & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2016). **Pineapple composition and nutrition. Handbook of Pineapple Technology: Postharvest Science, Processing and Nutrition**, 221–239.
- ANGELO, P.M, JORGE N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2007.
- BAEZ, R.; LOPES, M.T.; SALAS, C.E.; HERNANDEZ, M. In vivo antitumoral activity of stem pineapple (*Ananas comosus*) bromelain. **Planta Med.** 2007, 73, 1377–1383
- BANDYOPADHYAY, M., CHAKRABORTY, R., & RAYCHAUDHURI, U. (2008). Effect of carrot on quality improvement of sweet syrupy cheese ball (Rasgulla). **International Journal of Dairy Technology**, 61(3), 290–299.
- BARRETTO, L. C. de O., Moreirade, J. de J. dá S., dos Santos, J. A. B., Narain, N., & dos Santos, R. A. R. (2013). Characterization and extraction of volatile compounds from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) processing residues. **Food Science and Technology**, 33(4), 638–645.

BARROS, T. F. S. Qualidade, potencial funcional e perfil bioquímico de porções de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola', 'Vitória' e 'Imperial'. Areia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2017, 127p. **Trabalho de Tese em Agronomia**. Orientadora: Prof^a. Silvana de Melo Silva, PhD.

BARTWAL, A.; MALL, K.; LOHANI, P.; GURU, S. K.; ARORA, S. Role of Secondary Metabolites and Brassinosteroids in Plant Defense Against **Environmental Stresses**. **Journal of Plant Growth Regulation** 2013, 32, 216.

BENNETT, B.C. Em Ethnobotany of Bromeliaceae in Bromeliaceae: Profile of an adaptative radiation; Benzing, D. H., ed.; **Cambridge University: Cambridge**, 2000, cap 14.

BENUCCI, I.; LIBURDI, K.; GARZILLO, A.M.; ESTI, M. Bromelain from pineapple stem in alcoholic-acidic buffers for wine application. **Food Chem.** 2011, 124, 1349–1353

BHATTACHARYA, R.; BHATTACHARYYA, D. Resistance of bromelain to SDS binding. *Biochim. Biophys. Acta* **Proteins Proteom.** 2009, 1794, 698–708.

BLOCK, J.M.; BARRERA-ARELLANO, D. (Ed.). *Temas selectos en aceites y grasas*. São Paulo: Blucher, 2012. 2 v.

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

CABRAL, J. R. S. Cultivares de abacaxi. Cruz das Almas- BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 20 p.(**Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica**, 33).

CALABRESE, E. et al. Crohn's disease: a comparative prospective study of transabdominal ultrasonography, small intestine contrast ultrasonography, and small bowel enema. **Inflammatory bowel diseases**, v. 11, n. 2, p. 139-145, 2005.

CARVALHO, S. A. et al. Synthesis and antimycobacterial evaluation of new trans-cinnamic acid hydrazide derivatives. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 18, p.538-541, 28 nov. 2007.

CASTELUCCI, A. C. L., DE TOLEDO, N. M. V., JULIANO, F. F., DA SILVA, P. P. M., & SPOTO, M. H. F. (2020). Influence of processing on the phenolic compounds of feijoa pulp (*Feijoa sellowiana*). **Journal of Food Bioactives**, 11.

CAVALCANTE, A. G. M.; DE BRUIN, P. F. C. O papel do estresse oxidativo na DPOC: conceitos atuais e perspectivas. **Jornal brasileiro de Pneumologia**, v. 35, n. 12, p. 1227-1237, 2009.

CHANG, i et Ching-Hual. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 3, p. 478-485, 2006.

CHAUMPLUK, P., CHAIPRASART, P., & VILAIVAN, T. (2012). Postharvest non destructive determination of fruits: A model on fruit maturity assay via biosensor based on colorimetric change of gold nanoparticles. **Acta Horticulturae**, 945, 205–212. 10.17660/ActaHortic.2012.945.27

CHEZEM, W.R.; CLAY, N.K. Regulation of plant secondary metabolism and associated specialized cell development by MYBs and bHLHs. **Phytochemistry**, v.131, n.1, p.26-43, 2016.

CLAVIJO UM, GÓMEZ AMA, ARANGO V, MANCERA FMC, JARAMILLO APC, MAYA WDC. 2012. Efecto in vitro del extracto vegetal de Ananas comosus sobre espermatozoides humanos. **Revista Tecnológicas**, 28: 55-70

COTINGUIBA, G. G. et al. Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. *Journal of Health Sciences*, v. 15, n. 3, 2015.

CRESTANI, Maraisa et al. Das Américas para o mundo: Origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1473-1483, 2010.

CUNHA, G. A. P. et al. 2007. Avaliação de Genótipos de Abacaxi Resistentes à Fusariose em Coração de Maria, Bahia. **Magistra**, v.19, n.3, p.219-223.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S. 1999. Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, p.17-28

D.I.S. DA SILVA et al. / **Industrial Crops and Products** 50 (2013) 557–562
D'ARCHIVIO, M. et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanita**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.348-361, 2007.

DA SILVA BARROS, Lennon et al. Utilização de farinha de resíduo de abacaxi aromatizada na produção de cookies. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21926-21937, 2019.

DA SILVA, Carla Guidone et al. Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de caroço de manga: incorporação de substâncias bioativas e aproveitamento de resíduos agroindustriais. 2016.

DA SILVA, D. I., NOGUEIRA, G. D., DUZZIONI, A. G., & BARROZO, M. A. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. **Industrial Crops and Products**, 50, 557–562.

DA SILVEIRA, A. C. et al. Método de DPPH adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

DALA-PAULA BM et al. *Food Science and Technology • Ciênc. agrotec.* 43 • 2019. Processamento doméstico e armazenamento nas características físico-químicas de suco de acerola (*Malpighia glabra* L.).

DANTAS, A. L., DE MELO SILVA, S., DANTAS, R. L., PEREIRA, W. E., LIMA, R. P., MENDONÇA, R. M. N., & SANTOS, D. Influence of combined sources of nitrogen fertilization on quality of cv. Vitória pineapple. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 40, p. 3814-3824, 2015.

DAVE, S.; DKHAR, H.K.; SINGH, M.P.; GUPTA, G.; CHANDRA, V.; MAHAJAN, S.; GUPTA, P. Hexafluoroisopropanol-induced helix–sheet transition of stem bromelain: Correlation to function. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2010, 42, 938–947.

DE AZEVEDO, Pedro V. et al. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. **Agricultural water management**, v. 88, n. 1-3, p. 201-208, 2007.

DE MORAIS, Rômulo Alves et al. Viabilidade De Inserção Da Geleia De Guapeva (Pouteria Cf. Guardneriana Radlk.) Na Alimentação Escolar Do Município De Palmas-Tocantins. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. Especial, p. 20-25, 2020.

DE SOUZA, W. Avaliação da atividade antioxidante e compostos fenólicos de extratos vegetais. **universidade tecnológica federal do parana campus campo mourão curso superior de tecnologia em alimentos**. 2013

DEBNATH, R. et al. Bromelain with peroxidase from pineapple are more potent to target leukemia growth inhibition - A comparison with only bromelain. **Toxicology in Vitro**, [s.l.], v. 55, p. 24-32, 2019. DOI: 10.1016/j.tiv.2018.11.004.

DEL RÉ; JORGE, Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais. Revisão • Rev. bras. plantas med.** 14 (2) • 2012 • <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000200021> . 2011

DELORY, B.M.; DELAPLACE, P.; FAUCONNIER, M.-L.; JARDIN, P. Root-emitted volatile organic compounds: can they mediate belowgroun plant-plant interactions **Plant and Soil**, v. 402, n.1, p.1-26, 2016.

DO AMARAL MIRANDA, Denise Silva et al. Elaboração e caraterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 82-87, 2015.

DO CARMO MARTINELLI, Gabrielli et al. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, v. 80, p. 274-286, 2019.

DOMÍNGUEZ, C. R., AVILA, J. A. D., PAREEK, S., OCHOA, M. A. V., ZAVALA, J. F. A., YAHIA, E., & GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. (2018). Content of bioactive compounds and their contribution to antioxidant capacity duringripening of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Esmeralda. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, 91, 61–68.

DOS SANTOS, S. L. Estudo sobre os efeitos anti-inflamatórios do ácido trans-cinâmico. 2018. 60 f. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió** - Al, 2018.

DUARTE S.F.V. et. al. Cruz das Almas, BA. Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2021. 57 p.: il. (Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996, 250)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mandioca e Fruticultura, 2006. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/> Base de Dados / index_pdf/dados/brasil/abacaxi b1_abacaxi.pdf. Acessado em: 04 de setembro de 2021.

ERLUND, I. (2004) Review of the Flavonoids Quercetin, Hesperetin, and Naringenin. Dietary Sources, Bioactivities, **Bioavailability and Epidemiology. Nutrition Research**, 24, 851-874.

ERLUND, Iris. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition research**, v. 24, n. 10, p. 851-874, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United States (2013). Produção brasileira de frutas 2013. **Banco de dados. FAO.**

FAO. 2021. Major Tropical Fruits: Preliminary results 2020. Rome.

FARIAS, GABRIELLY. abordagem bibliográfica sobre o suco de abacaxi (*Ananas comosus*.) e resíduos do seu processamento: composição físico química e bioacessibilidade de compostos fenólicos. **Universidade federal de santa catarina centro de ciências agrárias departamento de ciência e tecnologia de alimentos curso de graduação em ciência e tecnologia de alimentos.** 2021

FERNANDES, Ana Mónica Jardim. **Investigação clínica com nutracêuticos.** 2016. Tese de Doutorado. 00300:: Universidade de Aveiro.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da associação médica brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

Fonte: <http://www.masmusculo.com.es>) acesso em 25 de setembro de 2021.
GARCIA, A.A.; CARRIL, E.P.-U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (Biologia)**, v.2, n.3, p.119-145, 2009.

GASTL FILHO, Josef; LABEGALINI, Márcia Cavalcante. Desenvolvimento de licor à base de cascas de abacaxi. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, v. 1, n. 1, 2017.

GHOSH, S. Biosynthesis of Structurally Diverse Triterpenes in Plants: **The Role of Oxidosqualene Cyclases.** Printed in India 2016, 82, 1189.

GIACOMELLI, E. J.; PY, C. **Abacaxi no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1981. 101

GOBBO-NETO, Leonardo; LOPES, Norberto P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GRANADA, Grazielle Guimarães; ZAMBIAZI, Rui Carlos; MENDONÇA, Carla Rosane Barboza. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, 2004.

GUINDANI, C. Emprego da Tecnologia supercrítica para a valorização do resíduo de semente de chia (*Salvia hispanica*). 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), **Universidade Federal de Santa Catarina**, SC, p.1–156, 2014.

GURGEL, G. B.. Aspectos fisiológicos de plantas de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) sob cultivo hidropônico e convencional associado ao estudo molecular do florescimento. **Dissertação de Mestrado**, 2017

- HAMINIUK, C.W. I. et al. Phenolic compounds in fruits - an overview. *International Journal Of Food Science & Technology*, v. 47, n. 10, p.2023-2044, 2012.
- HARIPYAREE A, GUNESHWOR K, DAMAYANTI M. 2010. Evaluation of antioxidant properties of phenolics extracted from *Ananas comosus* L. *Notulae Scientia Biologicae*, 2 (2): 68-71
- HATAM, S. F., EDI, S., ABIDJULU, J., 2013. Aktivitas Antioksidan Dari Ekstrak Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr). *Pharmacon*, 2(1), pp. 2302-2493.
- HEINICKE, R.M. Complementary enzyme actions in the clotting of milk. *Science* 1953, 118, 753–754.
- HEINICKE, R.M.; VAN DER WAL, L.; YOKOYAMA, M. Effect of bromelain (*Ananas*) on human platelet aggregation. *Experientia* 1972, 28, 844–845.
- HELENO, S. A. et al. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 173, p.501-513, abr. 2015
- HOSSAIN, M. Amzad; RAHMAN, SM Mizanur. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International*, v. 44, n. 3, p. 672-676, 2011.
- HOSSAIN, Md Farid; AKHTAR, Shaheen; ANWAR, Mustafa. Nutritional value and medicinal benefits of pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, v. 4, n. 1, p. 84-88, 2015.
- HUANG, Dejian; OU, Boxin; PRIOR, Ronald L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.
- IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (**IICA**), 2017
- IZLI, NAZMI; IZLI, GOKCEN; TASKIN, Onur. Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. *CyTA-Journal of Food*, v. 16, n. 1, p. 213-221, 2018.
- JESUS, J. A.; LAGO, J. H. G.; LAURENTI, M. D.; YAMAMOTO, E. S.; PASSERO, L. F. D. Antimicrobial Activity of Oleanolic and Ursolic Acids: **An Update**. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015, 14.
- JOMOVA K, VONDRAKOVA D, LAWSON M, VALKO M. 2010. Metals, oxidative stress and neurodegenerative disorders. *Molecular and Cellular Biochemistry* 345: 91-104.
- JOVANOVIĆ, M., MILUTINOVIĆ, M., KOSTIĆ, M., MILADINOVIĆ, B., KITIĆ, N., BRANKOVIĆ, S., & KITIĆ, D. (2018). Antioxidant capacity of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) extracts and juice. *Lekovite Sirovine*, 38(38), 27–30.
- KAMILOGLU, S., TOYDEMIR, G., BOYACIOGLU, D., BEEKWILDER, J., HALL, R. D., & CAPANOGLU, E. (2016). A review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(sup1), S110–S129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1045969>

- KAROVICOVÁ, Z. J., MAGALA, M. (2013). Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits. Croat. **J. Food Sci. Technol.** 5, 11-17
- KATAKI, M. S., 2010. Antibacterial activity, in vitro antioxidant activity and anthelmintic activity of ethanolic extract of *Ananas comosus* L. tender leaves. **Pharmacologyonline**, 2, pp. 308-319.
- KIMATI, H.; TOKESHI, H. Nota sobre a ocorrência de *Fusarium* sp. causando resinose em abacaxi. **Revista de Agricultura**. 39:131-33, 1964
- KRIVORUCHKO, A.; NIELSEN, J. Production of natural products through metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. **Current Opinion in Biotechnology**. 2015, 35, 7.
- KUMAR, S.; HEMAVATHI, A.B.; HEBBAR, H.U. Affinity based reverse micellar extraction and purification of bromelain from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) waste. **Process Biochem.** 2011, 46, 1216–1220
- KUSKOSKI, E. M. et al. Actividad antioxidante de pigmentos antociânicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2005.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, G. A.; TRONCOSO, A. M.; MANCINIFILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.
- LEAL, F. & COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. Pineapple. In: JANICK, J. & MOORE, J.N. (eds.): **Fruit Breeding. I. Tree and tropical fruits**. Wiley and Sons, New York. 1996. p. 515-557.
- LEONARDO GOBBO-NETO; NORBERTO P. LOPES, Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. Departamento de Física e Química, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, **Universidade de São Paulo**, Av. do Café, s/n, 14040-903 Ribeirão Preto – SP, Brasil. 2007
- LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chem**, n. 76, p. 69-75, 2002.
- LIM, Yau Yan; CHEW, Yik Ling. Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. **Food chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1214-1222, 2007.
- LIN, Q. et al. 2006. Effects of high night temperature on crassulacean acid metabolism (CAM) photosynthesis of *Kalanchoë pinnata* and *Ananas comosus*. **Plant Production Science**, v.9, n.1, p.10-19.
- LIU, H., LIU, J., LV, Z., YANG, W., ZHANG, C., CHEN, D., & JIAO, Z. (2019). Effect of dehydration techniques on bioactive compounds in hawthorn slices and their correlations with antioxidant properties. **Journal of Food Science and Technology**, 56(5), 2446–2457.
- LOBO, M. G., & YAHIA, E. (2016). Biology and postharvest physiology of pineapple. In *Handbook of Pineapple Technology: Postharvest Science, Processing and Nutrition* (pp. 39–61). 10.1002/9781118967355.ch3.

- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A.; Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas, Ed. Plantarum: São Paulo, 2002.
- LÜTTGE, U. Ability of crassulacean acid metabolism plants to over come interacting stresses in tropical environments. **AoB PLANTS**, Darmstadt, 2010.
- M. TATTINI, L. GUIDI, L. MORASSI-BONZI, P. PINELLI, D. REMORINI, E. DEGL'INNOCENTI, C. GIORDANO, R. MASSAI AND G. AGATI. **New Phytol.**, 167 (2005), pp. 457-470
- MACHADO, T. F., MONTEIRO, E. R., & TIECHER, T. (2019). Chemical, physicochemical and antioxidant stability of freezing pasteurized and unpasteurized pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2017149.
- MANETTI, L. M.; DELAPORTE, R. H.; LAVERDE JUNIOR, A. Metabólitos secundários da família Bromeliaceae. **Química Nova**, v.32, p. 1885-1897, 2009.
- MARTÍNEZ, CRISTINA; CARBAJAL, Ángeles. Componentes bioactivos de los alimentos. Manual práctico de nutrición y salud. **Universidad Complutense de Madrid**. Madrid, España. 2012.
- MATA, Thiago Luiz da. Diversidade genética em germoplasma de arroz filipino identificada por marcadores moleculares e caracteres agromorfológicos. 2010. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**.
- MATELJAN, George. **The world's healthiest foods: essential guide for the healthiest way of eating**. GMF publishing, 2006.
- MCMURRY, J.; Química Orgânica, 7a ed., **Cengage Learning**: São Paulo, 2011.
- MEDINA, J.C. A cultura do abacaxi. In: MEDINA, J.C. et al. **Frutas tropicais 2** . São Paulo: Canton, 1978. p.06-68.
- MEINI, S.; ZANICHELLI, A.; SBROJAVACCA, R.; IURI, F.; ROBERTS, A.T.; SUFFRITTI, C.; TASCINI, C. Understanding the pathophysiology of COVID-19: Could the contact system Be the key? **Front. Immunol.** 2020, 11, 2014.
- MELETTI, Laura Maria Molina; SAMPAIO, Aloísio Costa; RUGGIERO, Carlos. Avanços na fruticultura tropical no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 73-75, 2011.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 26, n. 3, p. 639- 644, 2006.
- MELO, P. S.; BERGAMASCHII, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, p.1088- 1093, 2011
- MENON, L., MAJUMDAR, S. D., RAVI, U. (2014). Mango (*Mangifera indica*L.) kernel flour as a potential ingredient in the development of composite flour bread. **Indian Journal of Natural Products and Resources**. 5, 75-82

METLEN, K.L.; ASCHEHOUG, E.T.; CALLAWAY, R.M. Plant behavioural ecology: dynamic plasticity in secondary metabolites. **Plant, Cell & Environment**, v.32, n.6, p.641-653, 2008.

MEZA M, E., YANEZ, J., REMSBERG, C., TAKEMOTO, J., DAVIES, N., RASCO, B., & CLARY, C. (2010). Effect of dehydration on raspberries: Polyphenol and anthocyanin retention, antioxidant capacity, and antiadipogenic activity. **Journal of Food Science**, 75(1), H5–H12.

MHATRE et al. confirmed that the highest antioxidant activity in DPPH system belongs to the methanol extracts of pineapple fruit. 2009

MORAIS, R. B. DE. ESTUDO QUALITATIVO DA BIOTRANSFORMAÇÃO DA CICLOHEXANONA E DA VANILINA POR ENZIMAS CONTIDAS NO ABACAXI (Ananas comosus L.). **Universidade Estadual do Ceará** 2011

MOREIRA, R.; UGUÑA, F. Diagnóstico base del cultivo de piña en Ecuador con énfasis en el cultivo del cultivar “criolla o milagreaña”. Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias INIAP, January, 2018.

NADZIRAH, K.Z.; ZAINAL, S.; NORIHAM, A.; NORMAH, I. Efficacy of selected purification techniques for bromelain. **Int. Food Res. J.** 2013, 20, 43.

NAFFATI, Abdulhakim et al. Recycling of filter tea industry by-products: Application of subcritical water extraction for recovery of bioactive compounds from *A. uva-ursi* herbal dust. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 121, p. 1-9, 2017.

NAM JIN-SIK et al. Phenolic Profiles, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Pawpaw Pulp (*Asimina triloba* [L.] Dunal) at Different Ripening Stages. **Journal of Food Science**. Vol. 84, Iss. 1, 2019

NAMRATA et al. **International Journal of Engineering Research & Technology** (IJERT). ISSN: 2278-0181. Vol. 6 Issue 09, September – 2017

NASCIMENTO FILHO, W. B., FRANCO, C. R. (2015). Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, 7, 1968-1987.

NIAZ WALI. National Taiwan University and Academia Sinica, Taipei, Taiwan. **On vitamin and Nonmineral Nutritional Supplements**. 2019

NUCCI, MARCIO et al. A double-blind, randomized, placebo-controlled trial of itraconazole capsules as antifungal prophylaxis for neutropenic patients. **Clinical infectious diseases**, v. 30, n. 2, p. 300-305, 2000.

NUNES, I. L. **Antioxidantes**. 2019. Florianópolis. Notas de aula OLIVEIRA, A. A. N. (2018).

Avaliação da Oxidação Lipídica em Hambúrguer de Carne Bovina Adicionado de Farinha da Casca do Abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) como Antioxidante Natural. **Dissertação de Mestrado**

ÖZCAN, M. M., AL JUHAIMI, F., AHMED, I. A. M., USLU, N., BABIKER, E. E., & GHAFOR, K. (2020a).

Effect of microwave and oven drying processes on antioxidant activity, total phenol and phenolic compounds of kiwi and pepino fruits. **Journal of Food Science and Technology**, 57(1), 233–242.

ÖZCAN, M. M., GHAFOOR, K., AL JUHAIMI, F., USLU, N., BABIKER, E. E., MOHAMED AHMED, I. A., & ALMUSALLAM, I. A. (2020b). Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. **Journal of food science and technology**, 1–12.

PAVAN, R.; JAIN, S.; KUMAR, A. Properties and Therapeutic Application of Bromelain: **A Review**. *Biotechnol. Res. Int.* 2012, 2012, 1–6.

PEDRASSOLLI, I.M., HOMEM-JUNIOR, A.C., PANDOLFI, M.A.C. (2015). Aproveitamento dos resíduos de manga das agroindústrias. In: **III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC**. Anais. 3 n. 1. Taquaritinga

SILVA, P. A. P., COSTA FILHO, D. V., SILVA, A. J., SOUSA, F. C. (2017). Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais na Elaboração de Subprodutos. II **Congresso Internacional das Ciências Agrárias**.

PÉREZ, C. B. et al. 2010. Coeficientes de cultivo para la programación del riego de la piña. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuárias, La Habana**, v.10, n.3, p.23-27.

PERUZZI, M. F. et al. Avaliação da Atividade Antioxidante pela Inibição da Peroxidação Lipídica e Quelação de Íon Ferro de Extratos Metanólicos de *Azadirachta indica* (NEEM). **Blucher Biochemistry Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 17-19, 2015.

PHILIPPI, TUCUNDUVA S. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. Editora Manole, 2008.

PRIYANKA SINGH¹, YAMSHI ARIF¹, ANDRZEJ BAJGUZ², AND SHAMSUL HAYAT¹ 1ALIGARH MUSLIM. **The role of quercetin in plants**. University Faculty of Life Sciences 2University of Bialystok February 11, 2021

PUTRI et al. / **Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences** Vol. 14, No. 2 (2018) 307-311

PYRZYNSKA, K.; PEKAL, A. Application of free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) to estimate the antioxidant capacity of food samples. **Analytical. Methods**, v. 5, n. 17, p. 4288-4295, 2013

RATHNAVELU, V.; ALITHEEN, N.B.; SOHILA, S.; KANAGESAN, S.; RAMESH, R. Potential role of bromelain in clinical and therapeutic applications. **Biomed. Rep.** 2016, 5, 283–288.

REINHARDT, D. H. R. C.; DA CUNHA, G. A. P. **A propagação do abacaxizeiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006., 2006.

RIOS, R. D. M. (2020). Caracterização morfoagronômica e molecular de acessos de açaí coletados na Amazônia Oriental brasileira. **Embrapa Amapá - Tese/dissertação (ALICE)**

RODRIGUES, C. A. et al. Rapid extraction method followed by a d-SPE clean-up step for determination of phenolic composition and antioxidant and antiproliferative activities from berry fruits. **Food Chemistry**, v. 309, p. 125694, 2020.

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

ROHRBACH, K.G; LEAL, F; D'EECKENBRUGGE, G.C. History, Distribution and World Production. In: BARTHOLOMEW, D.P; PAULL, R.E; ROHRBACH, K.G. **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. USA: CABI Publishing, 2002, p. 1-12

RUFINO, M. D. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SANTANA, Márcio J. de et al. Coeficientes de cultura do abacaxizeiro nas condições edafoclimáticas de Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 602-607, 2013.

SANTOS, DANIEL SOUSA DOS; RODRIGUES, MAYARA MIKELLE FARIAS. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 29-35, set./dez. 2017.

SANTOS, Michelle Ludmila Guedes. Processo pirolítico da biomassa residual do abacaxi. **Mestrado em Tecnologia ambiental**, 2018.

SCHMALWIESER, A. W.; Weihs, P.; Schauburger, G. UV Effects on living organisms. **BT - Encyclopedia of Sustainability Science and Technology**, 1a. ed., Springer: New York, 2019.

SCOTTON, Juliana Cristina. **Manejo de transição para agricultura orgânica, sob cultivo de citros** (*Citrus sinensis* L. Osbeck), favorece a diversidade de fungos no solo. 2016.

SFORCIN, J. Biological properties and therapeutic applications of propolis. **Phytotherapy research** 2016, 30, 894.

SGANZERLA WG et al. Nutritional, physicochemical and antimicrobial properties of uvaia pulp (*Eugenia pyriformis* Cambess). **COMMUN PLANT SCI** (ISSN 2237-4027) 2018

SHAMSUDIN, R.; ZULKIFLI, N. A.; KAMARUL ZAMAN, A. A. Quality attributes of fresh pineapple-mango juice blend during storage. **International Food Research Journal**, v. 27, n. 1, 2020.

SILVA, Aline Priscilla Gomes da. **Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba e uvaia, frutas nativas da Mata Atlântica**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Ana Carolina Couto et al. Alimentos contendo ingredientes funcionais em sua formulação: revisão de artigos publicados em revistas brasileiras. **Revista Conexão Ciência**, v. 11, n. 2, p. 133-144, 2016.

SILVA, et al. Resposta do abacaxizeiro 'vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n.2 , p. 447-456, 2015.

SILVA, F. C. O.; FERREIRA, M. K. A.; SILVA, A. W.; MATOS, M. G. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; SILVA, P. T.; BANDEIRA, P. N.; DE MENEZES, J. E. S. A; SANTOS, H. S*. Bioatividades de Triterpenos Isolados de Plantas: **Uma Breve Revisão**. 2020

SILVA, Fernando César; DUARTE, Lucienir P.; VIEIRA FILHO, Sidney A. Celastráceas: fontes de triterpenos pentacíclicos com potencial atividade biológica. **Revista virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1205-1220, 2014.

SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, caratenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, P. A. P. et al. Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais na Elaboração de Subprodutos. In: II **Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. 2017.

SILVEIRA, et al - Método de DPPH **adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível**. 2018

SOARES CMS; et al. Correlation between bioactive compounds and antioxidant activity of guapeva Pulp (*Pouteria* cf. *Guardneriana* Radlk).

SOARES LMV, SHISHIDO K, MORAES AMM, MOREIRA VA. 2004. Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 24 (2)202-206

SONI, V.K.; MEHTA, A.; RATRE, Y.K.; TIWARI, A.K.; AMIT, A.; SINGH, R.P.; SONKAR, S.C.; CHATURVEDI, N.; SHUKLA, D.; VISHVAKARMA, N.K. CURCUMIN, a traditional spice component, can hold the promise against COVID-19? *Eur. J. Pharmacol.* 2020, 886, 173551.

SOONG, Yean-Yean; BARLOW, Philip J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.

SOUSA, M. S. B. et al. **Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais**. 2011

SOUZA M. ET AL. 2021. Determinação da capacidade antioxidante do extrato do pó da casca do abacaxi aplicando diferentes técnicas de extração. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e155101018574, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409

SOUZA, DE SOARES J. Esterificação do ácido cinâmico usando catálise enzimática / Joyce Soares de Souza – **Apodi**, 2021.

SOUZA, F. V. D. et al. Abacaxizeiros (*Ananas* spp.) cultivados e silvestres. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (**IICA**). 2017.

SRIVASTAVA R. Evaluation of the extraction hours and solvent concentrations on secondary metabolites and antioxidant activity of *Feronia limonia* fruit. **Indian Journal of Natural Products and Resources**. Vol. 12(3), September 2021, pp. 463-471

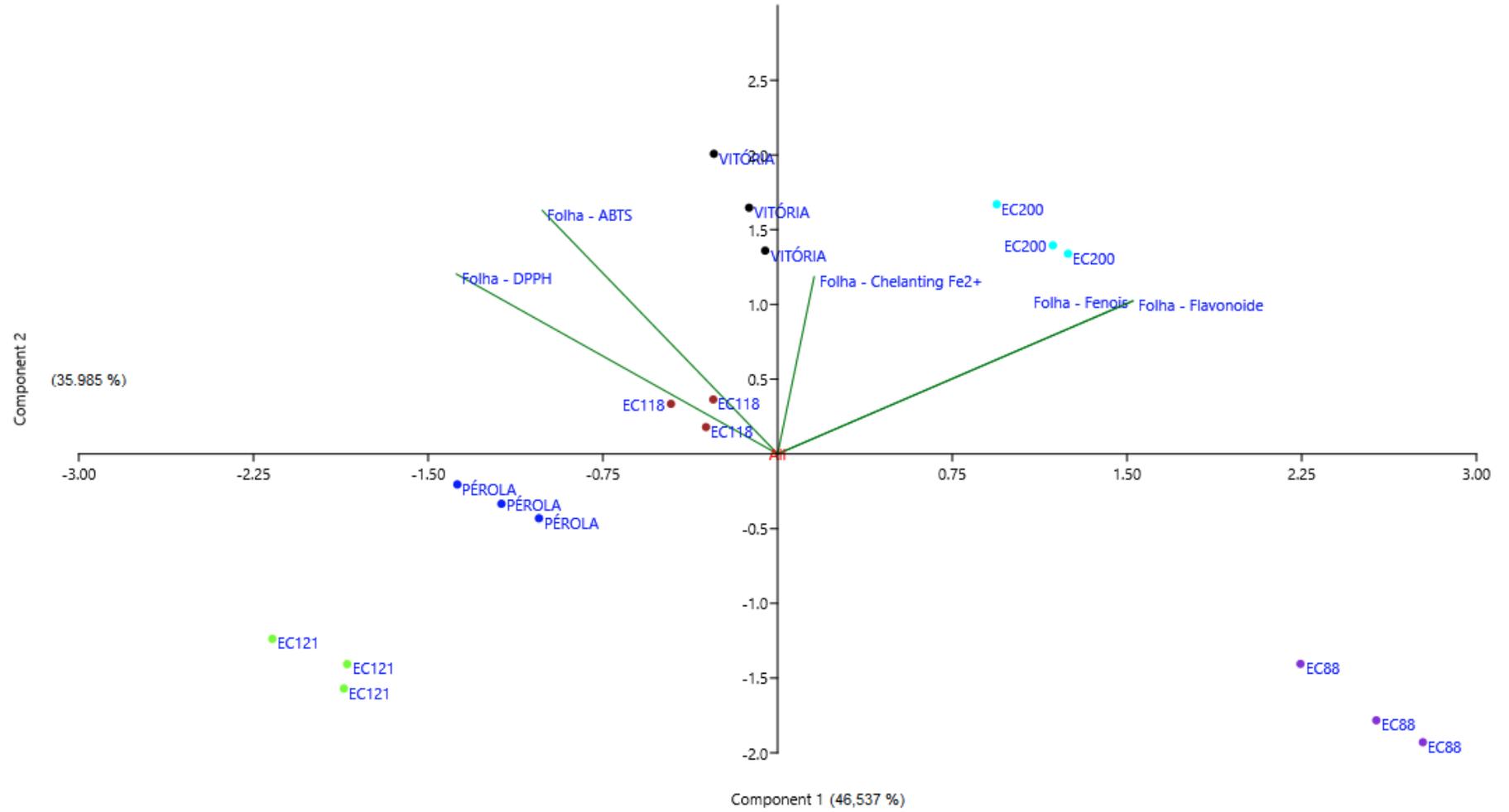
SULA M. V. FELETI, et al. (2020). Phytochemical Screening, Antioxidant, Anti-Cytotoxic And Anticancer Effects Of *Galinsoga Parviflora* And *Vernonia Polyanthes* (Asteraceae) Extracts. **International Journal of Research GRANTHAALAYAH**, 8(10), 84-98.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

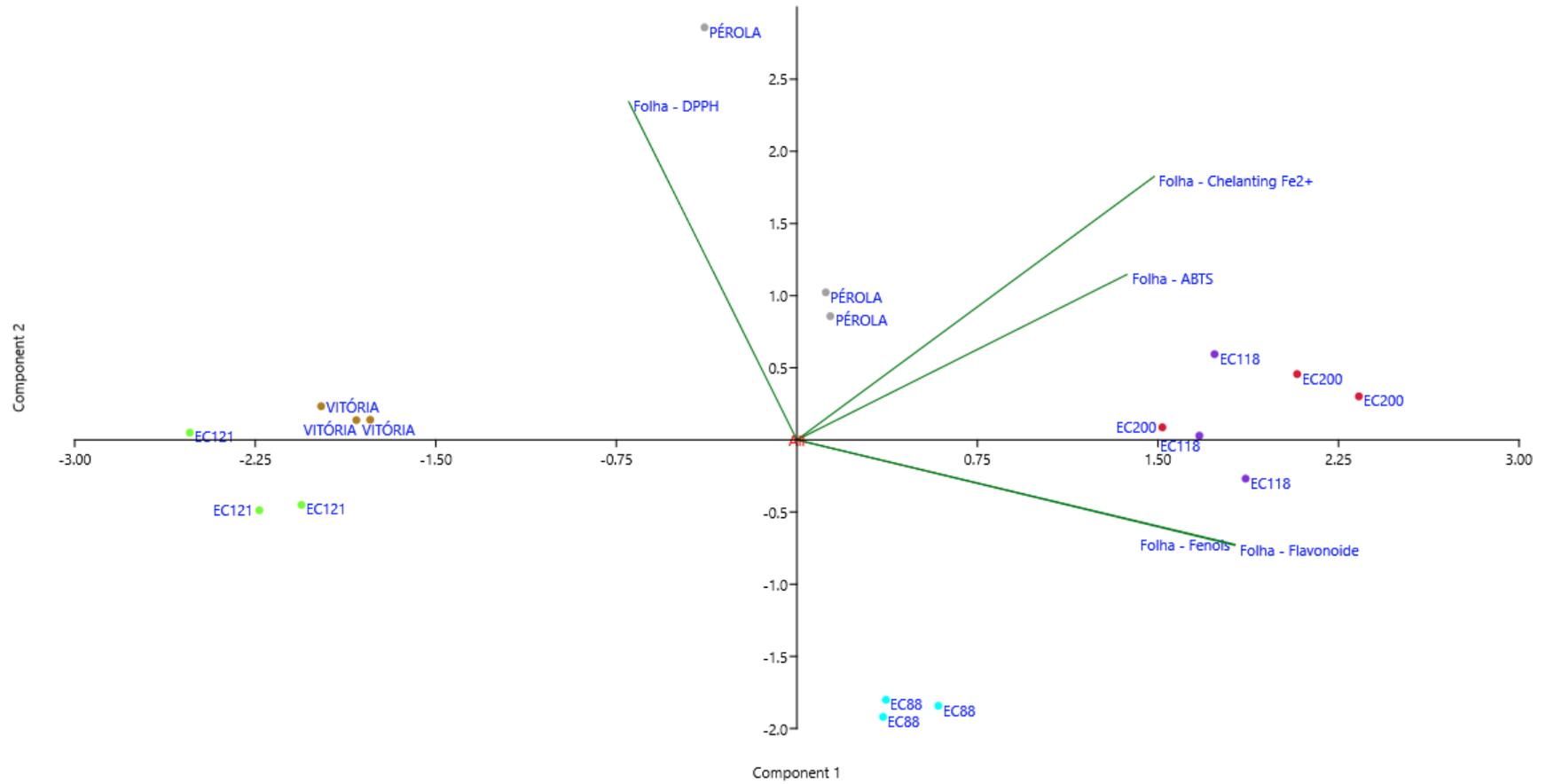
- TALISSA B. HARB et al. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do sistema quelante de metais para extratos de algas. Instituto de Biociências, **Universidade de São Paulo** ISBN 978-85-85658-63-2. 2016
- TANG, S.Z. et al. Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. **Food Chemistry**, v.76, p.45-51, 2002.
- TARHEMBA T. PHILIP et. al./ **Prog. Chem. Biochem. Res.** 2021, 4(1), 1-10
- TAVER, I. B - Compostos bioativos em acessos de cambuci (*Campomanesia phea* O.Berg Landrum) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) – **frutas nativas da mata atlântica** / Isabela Barroso Taver. - - Piracicaba, 2020
- THÉ PMP, NUNES R DE P, MOREIRA DA SILVA LIM, ARAÚJO BM. 2010. Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv smooth cayenne recém colhido. **Alimentos e Nutrição**, 21(2):273-281.
- THENG, Vuthy; AGARIE, Sakae; NOSE, Akihiro. Regulatory properties of phosphoenolpyruvate carboxylase in Crassulacean acid metabolism plants: diurnal changes in phosphorylation state and regulation of gene expression. **Plant production science**, v. 10, n. 2, p. 171-181, 2007.
- THIMMAPPA, R.; GEISLER, K.; LOUVEAU, T.; MAILLE, P.; OSBOURN, A. TRITERPENE. Biosynthesis in Plants. **Annual Review of Plant Biology**. 2014, 65, 225.
- TOCHI, B.N.; WANG, Z.; Xu, S.Y.; Zhang, W. Therapeutic application of pineapple protease (bromelain): **A review**. *Pak. J. Nutr.* 2008, 7, 513–520. 2008
- ULLON BPR. “Contenido De Vitamina C, Polifenoles Y Flavonoides Totales Presentes En Mucilago De Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Variedad Ccn-51 Y Nacional. **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**. 2020
- UPADHYAY, A.; LAMA, J.P.; TAWATA, S. Utilization of pineapple waste: A review. *J. Food Sci. Technol.* Nepal 2010, 6, 10–18
- VANNUCCHI, Helio; MARCHINI, Julio Sérgio. *Nutrição Clínica*. **Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro, 2014.
- VASCONCELOS, T. B. et al. Radicais Livres e Antioxidantes: Proteção ou Perigo? **Journal of Health Sciences**, v. 16, n. 3, p. 213-219, 2014.
- VENTURA, J. A.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. ‘Vitória’: new pineapple cultivar resistant to fusariosis. **Acta Horticulturae**. 822:51-55, 2009.
- VIDINAMO F; et al. Investigation of the Effect of Drying Conditions on Phytochemical Content and Antioxidant Activity in Pineapple (*Ananas comosus*). **Food and Bioprocess Technology** .2021
- VIEIRA, Roberto Fontes et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.
- VUOLO, M. M.; LIMA, V. S.; JUNIOR, M. R. M. Phenolic compounds: structure, classification, and antioxidant power. In. **Bioactive Compounds**. Campos, M. R.S.(Ed.): Amsterdam: Elsevier. p. 33–50. 2019.

- WAGNER¹, JULIA GOETTEN et al. **POTENCIAL BIOATIVO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GENÓTIPOS DE Butia odorata**. 2019
- WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal Agric. Food Chem**, v.44, n. 3, p.701-705, 1996.
- WIERSINGA, W.J.; RHODES, A.; CHENG, A.C.; PEACOCK, S.J.; PRESCOTT, H.C. Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID19): **A review**. *J. Am. Med. Assoc.* 2020, 324, 782–793.
- XIE, Weidong et al. Effect of ethanolic extracts of Ananas comosus L. leaves on insulin sensitivity in rats and HepG2. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 143, n. 4, p. 429-435, 2006.
- XIE, Weidong et al. The effects of Ananas comosus L. leaves on diabetic-dyslipidemic rats induced by alloxan and a high-fat/high-cholesterol diet. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 33, n. 01, p. 95-105, 2005.
- ZDROJEWICZ, Zygmunt et al. Health-promoting properties of pineapple. **PEDIATRIA I MEDYCYNĄ RODZINNA-PAEDIATRICS AND FAMILY MEDICINE**, v. 14, n. 2, p. 133-142, 2018.
- ZHANG et al. KaKs_Calculator: calculating Ka and Ks through model selection and model averaging. **Genomics, proteomics & bioinformatics**, v. 4, n. 4, p. 259-263, 2006.
- ZHAO, C. N. Fruits for prevention and treatment of cardiovascular diseases. **Nutrients** 2017, 9, 598.
- ZHISHEN, Jia; MENGCHENG, Tang; JIANMING, Wu. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

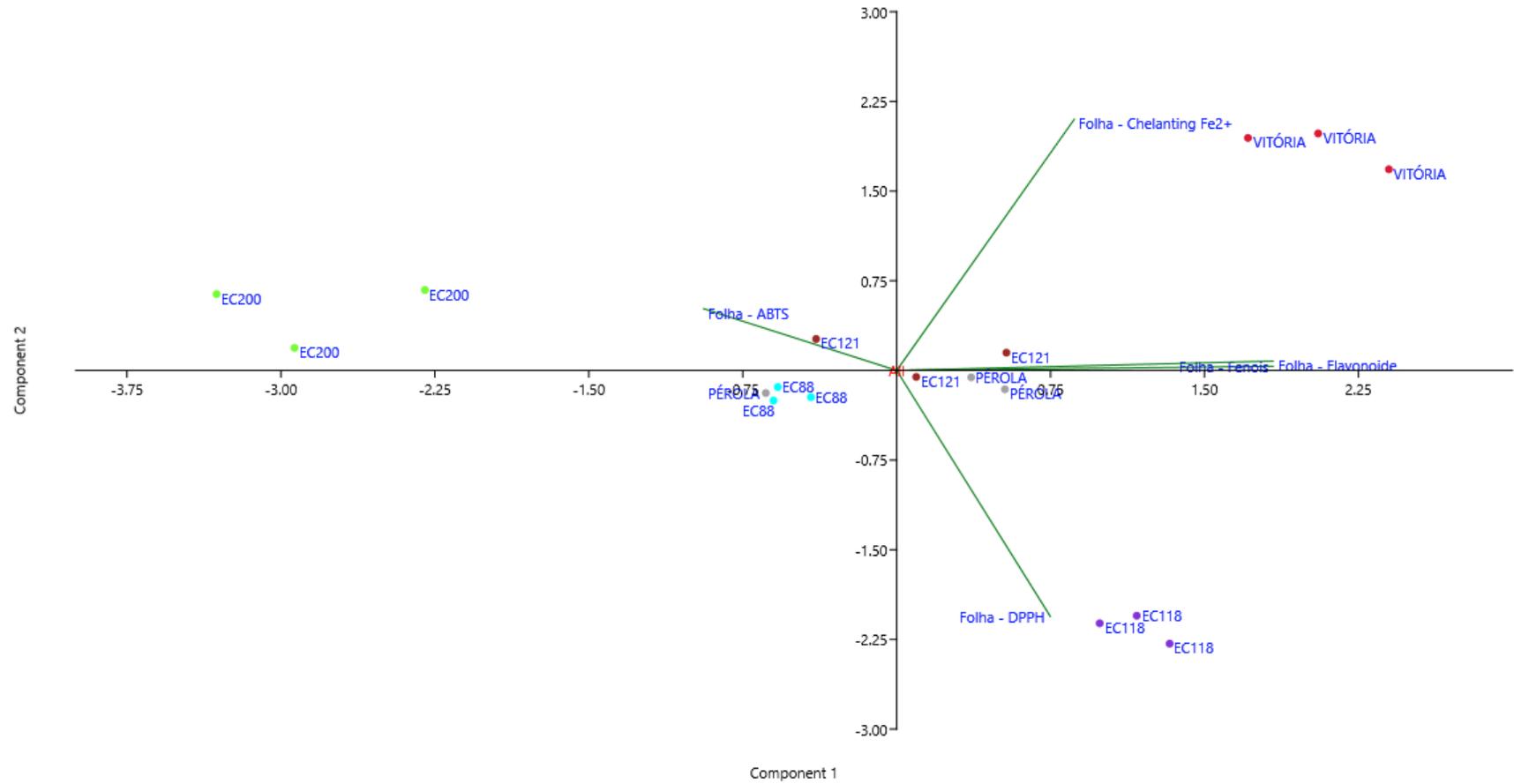
Anexo 1: Figura 34 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos de folhas de Ananas.



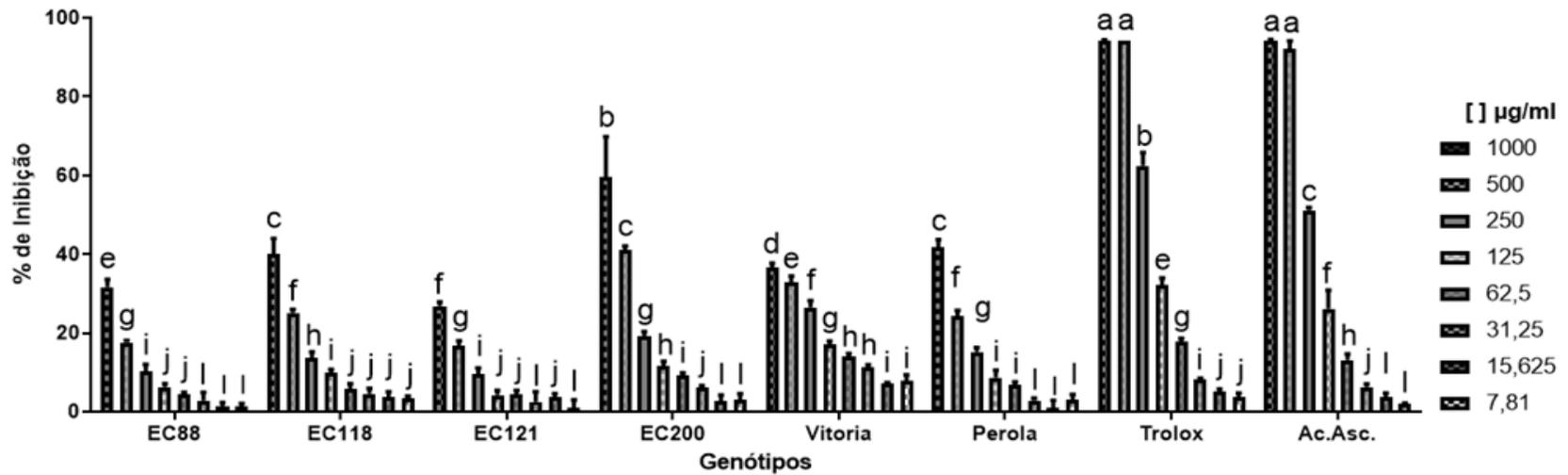
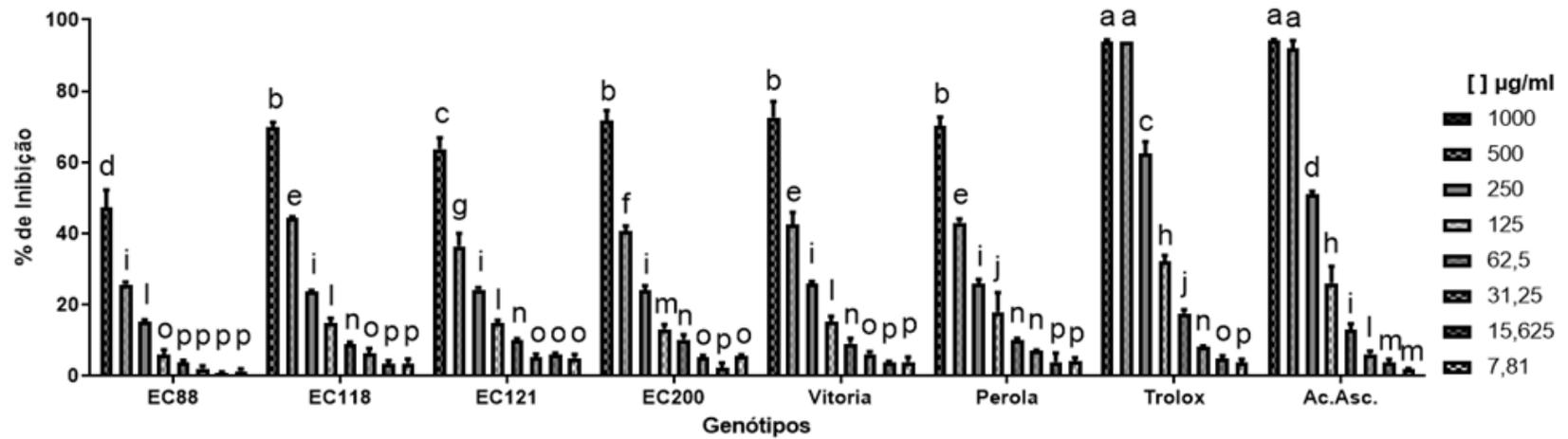
Anexo 2: Figura 35 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da casca de Ananas.

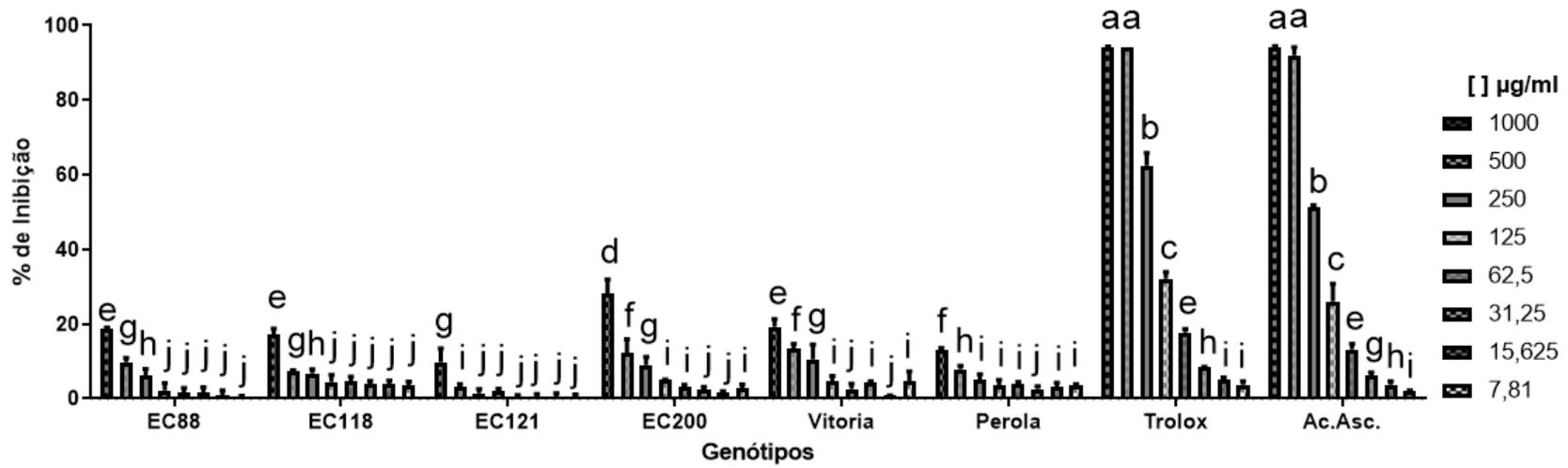


Anexo 3: Figura 36 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos teores de compostos fenólicos e testes antioxidantes de extratos da polpa de Ananas.

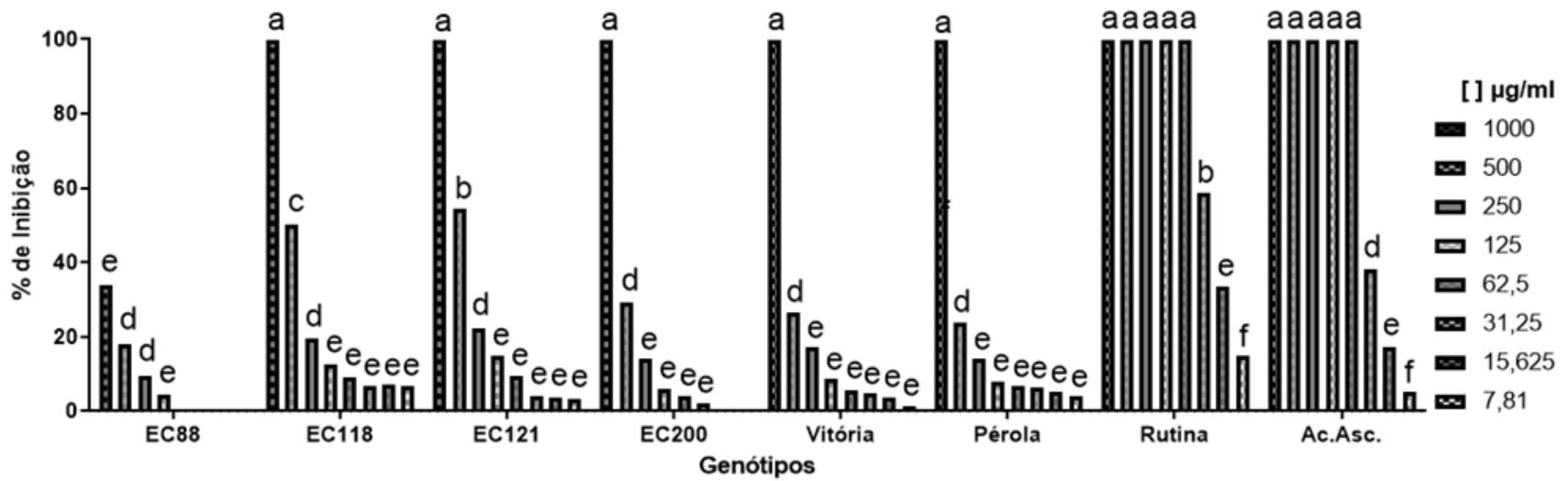


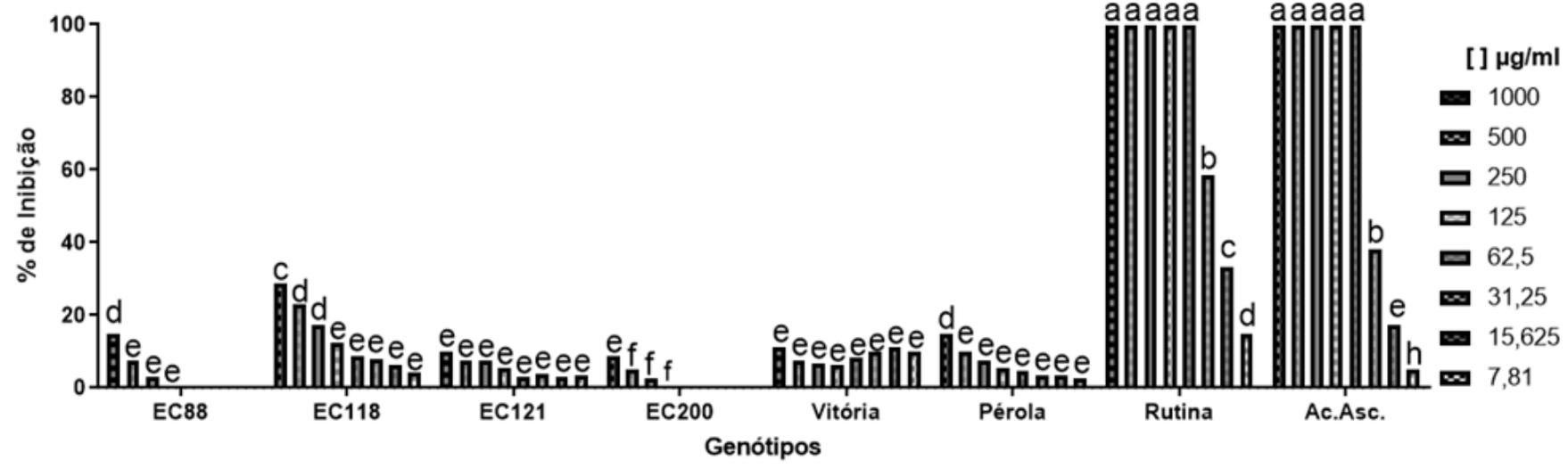
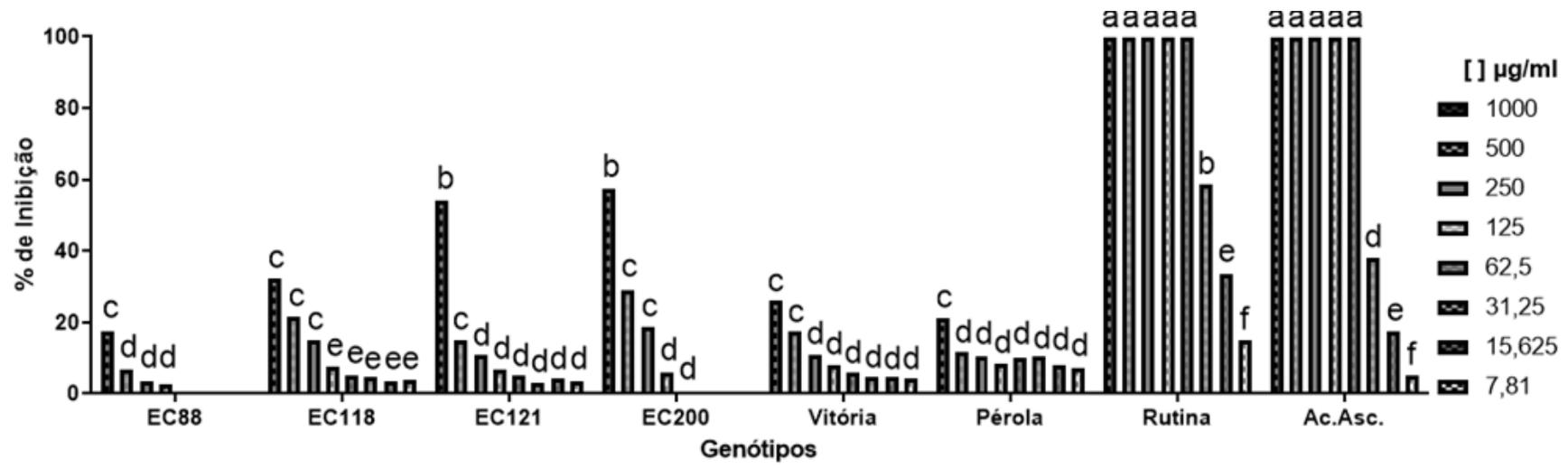
Anexo 4. Figuras de ABTS, correspondentes a folha, casca e polpa respectivamente.





Anexo 5. Figuras de DPPH, correspondentes a folha, casca e polpa respectivamente.





Anexo 6. Figuras de Quelante de ferro²⁺, correspondentes a folha, casca e polpa respectivamente.

