

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA -
PPGBIOTEC

Leonardo Gomes Sanders Moura

Caracterização do perfil nutricional, aromático e durabilidade dos frutos de
Ficus sp.

MANAUS

2021

Leonardo Gomes Sanders Moura

**Caracterização do perfil nutricional, aromático e durabilidade dos frutos de
*Ficus sp.***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção da aprovação do referido projeto de mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Rocha de Andrade Silva

MANAUS

2021

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M929c Moura, Leonardo Gomes Sanders
Caracterização do perfil nutricional, aromático e durabilidade dos
frutos de Ficus sp. / Leonardo Gomes Sanders Moura . 2021
114 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jefferson Rocha de Andrade Silva
Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal
do Amazonas.

1. Frutos tropicais. 2. Gênero ficus. 3. Propriedades nutricionais.
4. Parâmetros de qualidade. 5. Compostos orgânicos voláteis. I.
Silva, Jefferson Rocha de Andrade. II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

20/10/2021 19:59

SEI/UFAM - 0700981 - Ata



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia

ATA DA 156ª DEFESA DE DISSERTAÇÃO PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Aos 15 dias do mês de outubro de 2021, às 8 h e 30 m, a banca examinadora composta pelos docentes Prof(a). Dr(a). Jefferson Rocha de Andrade Silva (Presidente), Prof(a). Dr(a). Aline de Souza Ramos (Membro), Prof(a). Dr(a). Igor de Almeida Rodrigues (Membro), assim designados pela Portaria 30/PPGBIOTEC de 23/09/2021, se reuniu para avaliar a apresentação e defesa de dissertação do(a) discente **Leonardo Gomes Sanders Moura**, com trabalho intitulado "**Caracterização físico-química e propriedades funcionais dos frutos de Ficus sp.**". Após a abertura da sessão, foi relatado que o(a) discente cumpriu todos os pré-requisitos necessários para a apresentação e defesa de sua dissertação de mestrado. Foi informado que o(a) discente dispõe de 30 a 60 minutos para concluir a sua apresentação e que em seguida terá início a arguição, sendo de até 30 minutos para cada membro da banca. Ao término da arguição, cada membro da banca examinadora fará o seu julgamento, em sessão secreta, atribuindo ao(a) discente o conceito APROVADO ou REPROVADO. O(A) discente será considerado APROVADO se receber este parecer pela maioria dos membros da banca examinadora. De acordo com o regimento interno do programa a aprovação na defesa de dissertação é um pré-requisito para a obtenção do título de Mestre(a) em Biotecnologia e, que somente após a entrega da versão final da dissertação defendida, lhe será concedido o título de Mestre(a) em Biotecnologia. A coordenação das atividades foi atribuída ao(a) presidente da banca examinadora, Prof(a). Dr(a). Jefferson Rocha de Andrade Silva, que conduziu as atividades. A apresentação, a arguição e a defesa foram realizadas de modo remoto utilizando a ferramenta para conferência web <https://mest.jit.si/>. Após apresentação pelo discente, a arguição e deliberação a banca examinadora emitiu os seguintes pareceres:

Examinador(a)	Aprovado(a)	Reprovado(a)
Prof(a). Dr(a). Jefferson Rocha de Andrade Silva (Presidente)	X	
Prof(a). Dr(a). Aline de Souza Ramos (Membro)	X	
Prof(a). Dr(a). Igor de Almeida Rodrigues (Membro)	X	
Parecer Final	APROVADA	

Nada mais havendo a tratar, eu, Jefferson Rocha de Andrade Silva, dei por encerrada a reunião e lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais membros da banca examinadora e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

em Manaus, 15 de outubro de 2021.

https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=794173&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110000351&infra_hash=502445... 1/2

RESUMO

A floresta amazônica é conhecida pela sua abundância em biodiversidade de espécies produtoras de frutos tropicais que detêm alta demanda e valor agregado à sociedade. Muitos destes frutos têm sido relatados em pesquisas epidemiológicas como fontes naturais ricas em componentes antioxidantes, sendo boas fontes de propriedades nutricionais e terapêuticas. Uma espécie com seu potencial ainda não explorado é a *Ficus* sp. uma planta frutífera, distribuída pela região amazônica. Portanto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar os constituintes fitoquímicos e nutricionais dos frutos da espécie *Ficus* sp. afim de determinar o seu perfil alimentício, suas características aromáticas atrativas para consumo, bem como suas modificações físico-químicas durante o período de estocagem para determinar a sua durabilidade. Para isso foram realizadas as análises de composição centesimal, minerais e características físico-químicos dos frutos frescos e durante estocagem. Foram determinados os teores de ácidos orgânicos (málico, tartárico, cítrico e ascórbico) por cromatografia líquida de alta eficiência, atividade antioxidante DPPH, compostos fenólicos totais, compostos orgânicos voláteis por micro extração em fase sólida no *headspace* por cromatografia gasosa – espectrometria de massas e avaliação da atividade antimicobacteriana. Os resultados obtidos revelaram que os figos de *Ficus* sp. são pouco calóricos (69,83 kcal/100g), com valor moderado de carboidratos (14,56 g/100g) e alto teor de umidade (82,15 g/100g). Suas características físico-químicos (pH 4,17 e ac. titulável 0,75 g EqAC/100g) e perfil de ácidos orgânicos (1106,89 mg/100g de ácido tartárico) o classificam como fruto ácido em potencial. Após 48 horas de estocagem a 25°C ocorrem modificações nas suas características, ocasionando a perda de seus parâmetros de qualidade ideais para consumo, como variação de cor, peso, umidade, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, características referentes a senescência do fruto. Dentre os minerais avaliadores, o alto teor de potássio (279 mg/100g) e baixo teor de sódio (traços) são indicativos de que os figos podem auxiliar em funções metabólicas para a redução da hipertensão. Os valores de atividade antioxidante e fenólicos totais do extrato MeOH-H₂O (165 mg EqTrolox/g e 44,5 mg EqAG/g), são semelhantes ou maiores do que os encontrados em outros frutos. Foram identificados cerca de 43 compostos nos figos frescos, a maioria pertencente a classe dos terpenos com notas aromáticas predominantemente floral, doce, frutal e amadeirado. Foi observada modificação no perfil de compostos voláteis ao decorrer do período de estocagem, contendo apenas 36 substâncias em 96 horas, além do desaparecimento e surgimento de compostos quando comparados os tratamentos controle e 96 horas. O resultado mostrou modificações das notas aromáticas que compõem o aroma final do fruto, pela redução de substâncias com aromas doce, floral e frutado, e aumento de componentes com características de cheiro amadeirado, oleoso e ceroso. Tais modificações aromáticas podem impactar negativamente nas características atrativas para consumo dos figos. O extrato em hexano dos frutos foi capaz de inibir o crescimento de *M. tuberculosis* na concentração de 12,5 µg/mL, porém, este é um dado preliminar e mais análises são necessárias. Apesar da caracterização fitoquímica e nutricional, mais estudos são necessários para compreender a total capacidade dos frutos de *Ficus* sp. em ofertar seus nutrientes e atuar como agente benéfico ao organismo.

Palavras-chave: frutos tropicais, gênero *Ficus*, propriedades nutricionais, parâmetros de qualidade, compostos orgânicos voláteis.

ABSTRACT

The Amazon rainforest is known for its abundance of biodiversity in tropical fruit-producing species that have high demand and added value to society. Many of these fruits have been reported in epidemiological research as natural sources rich in antioxidant components, being good sources of nutritional and therapeutic properties. A species with its potential not yet explored is *Ficus* sp. distributed throughout the Amazon region. The objective of this work was to characterize the phytochemical and nutritional constituents of *Ficus* sp. in order to determine your food profile. Its attractive aromatic characteristics for consumption, as well as its physical modifications applied during the storage period to determine its durability, were studied. For this, analyzes of centesimal composition, minerals, and physicochemical characteristics of the fruits in natura and during storage were carried out. Organic acid contents (malic, tartaric, citric, and ascorbic acids) were determined by high-performance liquid chromatography, DPPH antioxidant activity, total phenolic compounds, volatile compounds by solid-phase microextraction in the headspace and analysis by gas chromatography-mass spectrometry, and evaluation of the antimycobacterial activity of crude extracts. The results obtained showed that the fruits of *Ficus* sp. are low in calories (69.83 kcal/100g), with a moderate value of carbohydrates (14.56 g / 100g) and high moisture content (82.15 g / 100g). Its physicochemical characteristics (pH 4.17, titratable acids 0.75 g EqAC/100g) and organic acid profile (1106.89 mg / 100g of tartaric acid) classify it as a potential acidic fruit and demonstrate that after 48 hours of storage at 25°C there are changes in its characteristics, causing the loss of its ideal quality parameters for consumption, such as variation in color, weight, moisture, soluble solids, pH, titratable acidity, characteristics related to the senescence of the fruit. Among the minerals found, the presence of potassium (279 mg/100g) and the absence of sodium (trace) is an indication that their fruits can help in metabolic functions such as hypertension. The antioxidant capacity and total phenolic activity values of the MeOH-H₂O extract (165 mg EqTrolox/g and 44.5 mg EqAG/g) remained close, sometimes higher than those found in other fruits. In the analysis by headspace, around 43 compounds were identified in fresh figs, most belonging to the class of terpenes with aromatic notes predominantly floral, sweet, fruity, and woody. A change in the profile of volatile compounds was observed during the storage period, containing only 36 substances in 96 hours, in addition to the disappearance and appearance of compounds when comparing the control and 96 hours treatments. The result showed changes in the aromatic notes that make up the final aroma of the fruit, by reducing substances with sweet, floral, and fruity aromas, and increasing components with woody, oily and waxy smell characteristics. Such aromatic modifications can negatively impact the attractive characteristics of the consumption of figs. The hexane extract of the fruits was able to inhibit the growth of *Micobacterium tuberculosis* at a concentration of 12.5 µg/mL, however, this is preliminary data and further analysis is needed. Despite the phytochemical and nutritional characterization, further studies are needed to understand the full capacity of *Ficus* sp. fruits to offer their nutrients and act as a beneficial agent to the body.

Keywords: tropical fruits, *Ficus* genus, nutritional properties, quality parameters, volatile organic compounds

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal e características físico-químicas da <i>Ficus</i> sp.....	42
Tabela 2 - Composição mineral dos frutos inteiros da <i>Ficus</i> sp. em mg/100g de fruto e valores de ingestão dietética de referência (IDR) em mg/dia.	44
Tabela 3 - Composição mineral de <i>Ficus</i> sp. e frutos de espécies comerciais em mg/100g...47	
Tabela 4 - Composição mineral de <i>Ficus</i> sp. e frutos de espécies nativas da Amazônia em mg/100g.....	48
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos dos frutos de <i>Ficus</i> sp. em diferentes tempos de estocagem.	51
Tabela 6 - Composição centesimal de <i>Ficus</i> sp. em diferentes tempos de estocagem.....	52
Tabela 7 - Atividade antioxidante e fenólicos totais dos extratos dos figos de <i>Ficus</i> sp. a 1 mg/mL.	56
Tabela 8 - Valores de fenólicos totais de frutos de diversas espécies vegetais.....	58
Tabela 9 - Comparação entre a atividade antioxidante do extrato hidrometanólico da <i>Ficus</i> sp. e outros frutos tropicais.	58
Tabela 10 - Teor de ácidos orgânicos nos frutos in natura de <i>Ficus</i> sp.....	60
Tabela 11 - Compostos orgânicos voláteis presentes nos frutos inteiros de <i>Ficus</i> sp. extraídos com fibra de PDMS (Padrão interno: 3-octanol 10 mg/L), valores expressos em ppb.	65
Tabela 12 - Descritos de aroma, odor threshold e odor activity value dos compostos voláteis encontrados nos figos durante estocagem.	77
Tabela 14 - Teste de atividade antibacteriana de extratos orgânicos de <i>Ficus</i> sp. contra <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Locais de ocorrência da espécie <i>Ficus</i> sp.	16
Figura 2 - Exsicata de <i>Ficus</i> sp.	17
Figura 3 - Ilustração da polinização das figueiras através do mutualismo com vespas da família Agaonidae.	18
Figura 4 - Estruturas químicas de algumas das principais substâncias encontradas nas espécies do gênero <i>Ficus</i>	22
Figura 5 - Eventos da síntese de COV derivados do ataque de herbívoras a plantas.	26
Figura 6 - Fluxograma da obtenção dos extratos em ordem crescentes de polaridade dos solventes.	31
Figura 7 - Frutos da espécie <i>Ficus</i> sp. de forma inteira.	41
Figura 8 - Parâmetros colorimétricos dos frutos de <i>Ficus</i> sp. estocados em diferentes tempos.	50
Figura 9 - Cromatograma de ácidos orgânicos quantificados nos figos de <i>Ficus</i> sp. por CLAE.	60
Figura 10 - Cromatogramas dos figos da <i>Ficus</i> sp. nos tratamentos in natura (A) e 96 horas de estocagem (B).	64
Figura 11 - Interação receptor-ligante e mecanismo de ação da percepção do cheiro.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Características da família Moraceae e gênero <i>Ficus</i>	15
3.2 Aspectos fitoquímicos de espécies do gênero <i>Ficus</i>	19
3.3 Importância dos compostos orgânicos voláteis em frutos	23
3.4 Durabilidade e parâmetros de qualidade de frutos	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 Material vegetal	30
4.2 Caracterização morfológica dos frutos	30
4.3 Obtenção de Extratos.....	30
4.4 Composição centesimal dos frutos	31
4.5 Umidade	32
4.6 Cinzas	32
4.7 Lipídeos	33
4.8 Proteína Bruta (Determinação de Nitrogênio).....	33
4.9 Carboidratos	34
4.10 Valor energético	34
4.11 Análise de Minerais	34
4.12 Determinação de pH.....	35
4.13 Acidez titulável (AC).....	35
4.14 Sólidos solúveis (°Brix).....	35
4.15 Determinação colorimétrica	35
4.16 Avaliação do tempo de estocagem dos frutos frescos de <i>Ficus</i> sp.....	36

4.17 Avaliação de ácidos orgânicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE	36
4.18 Extração de compostos orgânicos voláteis (COV).....	37
4.19 Análise de compostos orgânicos voláteis por Headspace-SPME/CG-EM.....	38
4.20 Atividade antioxidante - DPPH	39
4.21 Análise de compostos fenólicos totais.....	39
4.22 Ensaio antibacteriano dos extratos de <i>Ficus</i> sp.	39
4.23 Análises estatísticas	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Características Morfológicas	41
5.2 Composição centesimal, mineral e parâmetros físico-químicos	42
5.3 Avaliação do tempo de estocagem dos frutos de <i>Ficus</i> sp.	48
5.3.1 Colorimetria dos frutos de <i>Ficus</i> sp.....	48
5.3.2 Parâmetros físico-químicos e centesimais dos figos de <i>Ficus</i> sp. durante estocagem	50
5.4 Atividade antioxidante (DPPH) e compostos fenólicos totais	55
5.5 Análise cromatográfica de ácidos orgânicos por CLAE/DAD/UV.....	59
5.6 Análise de compostos voláteis por Headspace-SPME/CG-EM	62
5.7 Avaliação de compostos orgânicos por CG-EM em <i>Ficus</i> sp.....	83
5.8 Potencial atividade antimicrobacteriana de <i>Ficus</i> sp.....	86
6. CONCLUSÃO.....	89
7. REFERÊNCIAS	90

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é conhecida pela extensão que ocupa e variedade de espécies que a habitam. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, são totalizadas 2.500 espécies de árvores de grande porte (1/3 de toda a madeira tropical do mundo) e são mais de 30 mil espécies de plantas (das 100 mil da América do Sul). Dessas espécies, cerca de 2.000 plantas identificadas já são utilizadas na alimentação e medicina, bem como na obtenção de diversos produtos como óleos, graxas, ceras, etc. É evidente a riqueza biológica presente na Amazônia e as espécies produtoras de frutos tropicais contribuem de forma significativa, pois detêm alto valor agregado (BRASIL, 2019).

A família Moraceae compreende 37 gêneros e cerca de 1100 espécies distribuídas nas regiões tropicais e temperadas (CLEMENT e WEIBLEN, 2009). Um importante gênero pertencente a essa família é o *Ficus*, que é encontrado nas regiões tropicais e subtropicais e em geral são plantas perenes, ou seja, tem um longo ciclo de vida com baixa perda de folhas em períodos secos e alto brotamento em períodos úmidos. A importância desse gênero está na associação do consumo de seus frutos com as propriedades nutricionais e funcionais oferecidas por eles (SHAMIN-SHAZWAN et al., 2019).

Ficus sp. é uma espécie tropical frutífera, silvestre, pouco conhecida e está largamente distribuída pela região amazônica, encontrada principalmente em locais de solo arenoso. É uma planta epífita pois utiliza de árvores como suporte para seu crescimento, chegando até 20 metros de extensão. De forma geral, seus frutos são produzidos em grande quantidade, são tenros, suculentos e levemente acídulos, podem ser consumidos in natura, bem como na forma de geleias e sucos (KINUPP e LORENZI, 2014; RIVERA et al., 2020).

Algumas espécies do gênero *Ficus* têm suas propriedades funcionais já bem descritas, apresentando diversos compostos bioativos e atividades farmacológicas. Um estudo realizado

com o extrato hidro-metanólico da *Ficus carica* apresentou na concentração de 1000 mg/Kg atividade anti-hipertensiva de 42% ao reduzir a pressão arterial de ratos. No mesmo estudo, foram identificados no extrato hidro-metanol do fruto: ácido gálico, ácido caféico, ácido caféico, ácido m-coumarico, quercetina, flavonóides e fenólicos (ALAMGEER et al., 2017).

Além disso, o extrato em metanol de *Ficus auriculata* na concentração de 500 µg/mL apresentou inibição de 91,45% de alfa-amilase e 97,75% de alfa-glicosidase, resultados importantes em ensaios *in vitro* contra diabetes (ANJUM e TRIPATHI, 2019). O extrato aquoso de *Ficus religiosa* apresentou nas concentrações entre 50 a 100 mg/Kg atividade antidiabética, reduzindo os níveis de glicose sanguínea em roedores normais e diabéticos (MAKHIJA, SHARMA e KHAMAR, 2010). Ainda, o extrato etanólico da *Ficus racemosa* na concentração de 250 mg/Kg apresentou atividade hipoglicêmica pela redução dos níveis de glicose sanguínea em ratos albinos diabéticos e o β -sistosterol isolado da raiz da planta apresentou potente atividade hipoglicêmica em relação a outros compostos (JOSEPH, 2010).

A realização de tais estudos é de suma importância, pois durante as últimas décadas, o consumo de frutos tropicais cresceu ao redor do mundo. De acordo com a literatura, no ano de 2019 foram contabilizados 7,7 milhões de toneladas de frutos tropicais comercializados, 6,4% maior que o ano anterior (FAO, 2020). Esse crescimento ganhou destaque devido aos frutos tropicais serem sensorialmente atrativos e reconhecidos como boas fontes de propriedades nutricionais e terapêuticas (MIGLIORE et al., 2017). Entre as propriedades benéficas dos frutos tropicais destacam-se: redução de desenvolvimento de doenças crônicas como obesidade e diabetes (MOZAFFARIAN, 2020); atividade antioxidante e anti-inflamatória contra o estresse oxidativo relacionado à obesidade e inflamação crônica (SEPTEMBRE-MALATERRE et al., 2016). A presença de compostos bioativos como carotenóides, flavonóides e fenólicos nos frutos tropicais são os principais responsáveis na redução de incidência de doenças (ELLONG et al., 2015).

A análise de compostos aromáticos voláteis de frutos é de suma importância, pois além do aroma ser um dos parâmetros de qualidade alimentos, ele exerce um papel importante no monitoramento de maturação de frutos (OLIVEIRA et al., 2010). Tais compostos voláteis são derivados de aminoácidos, ácidos graxos e carboidratos, sintetizados por diferentes rotas metabólicas. E é comum que sua produção só ocorra durante o processo de amadurecimento dos frutos (FERNANDES et al., 2009). Os compostos aromáticos voláteis também são importantes no que se refere a vida pós colheita de frutos, principalmente para aqueles semelhantes aos figos, que tem um amadurecimento muito rápido e alta suscetibilidade a degradação, tornando necessário o condicionamento em baixas temperaturas logo após a colheita (VILLALOBOS et al., 2018).

Além disso, a caracterização dos componentes dos frutos, relacionados aos diferentes estágios de maturação, é essencial, pois, muitas mudanças ocorrem durante esse processo, afetando a síntese, transporte e degradação de metabólitos, que por sua vez, afetam o aroma e sabor dos frutos (DEFILIPPI et al., 2009). Por isso, monitorar o perfil fisiológico e físico-químico (perda de peso, cor, pH, sólidos solúveis etc) de frutos após a colheita, serve como parâmetro para indicar a sua viabilidade de consumo, ou seja, até quanto tempo frutos muito perecíveis, como os figos, mantém as suas características organolépticas (TAKAHASHI et al., 2018).

Por isso, é de sua importância a investigação das características de consumo de frutos nativos da região amazônica, como a *Ficus* sp. que ainda não foram descobertas comercialmente. Para que se possa compreender quais benefícios são possíveis obter através de seu consumo, qual a melhor forma de consumi-las, transportá-las e armazená-las, sem que ocorra a perda de suas propriedades alimentares.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Caracterizar os constituintes fitoquímicos e nutricionais dos frutos da espécie *Ficus* sp. afim de determinar o seu perfil alimentício.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a composição centesimal e parâmetros físico-químicos dos frutos para obter suas características alimentícias in natura;
- Realizar o processo de estocagem para determinar a durabilidade dos frutos, afim de indicar a vida útil destes durante o armazenamento em condição ambiente;
- Analisar os constituintes voláteis dos frutos de forma a identificar as principais substâncias que impactam no aroma.
- Avaliar a capacidade de inibir o crescimento bacteriano dos extratos orgânicos obtidos dos frutos.
- Avaliar a atividade antibacteriana de extratos do fruto, obtidos com solventes de diferentes polaridades.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características da família Moraceae e gênero *Ficus*

A família Moraceae é conhecida por sua importância econômica, principalmente as espécies dos gêneros *Artocarpus* (fruta pão - *Artocarpus altilis*), *Brosimum* (amoreira-do-campo - *Brosimum gaudichaudii*), *Ficus* (figo - *Ficus carica*) e *Morus* (amora - *Morus alba*). Essa família pertence a ordem Rosales com outras oito famílias, engloba cerca de 1100 espécies, 9 gêneros e seis tribos. Suas espécies estão distribuídas ao longo das regiões tropicais e temperadas, com mais de 50% dos gêneros localizados no neotrópico, do México a Argentina (Figura 1). São encontradas nas formas de árvores, arbustos, trepadeiras, e mais raramente erva, apresentam pequenas flores, pouco vistosas, monocromadas e unissexuais (LEITE et al., 2018).

Ficus L. é o maior gênero da família Moraceae, contendo cerca de 800 espécies, com distribuição nas regiões tropicais, subtropicais e raramente nas regiões temperadas. De acordo com Berg (1989) o gênero *Ficus* pertence a tribo Ficeae e está subdividido em cinco subgêneros: *Pharmacosycea*, *Urostigma*, *Ficus*, *Sycidium* e *Sycomorus*. As características de inflorescência, sexo e disposição das flores foram as bases da proposta destas divisões.

No Brasil, são reconhecidas 76 espécies nativas, distribuídas em dois subgêneros: *Pharmacosycea* Miq. e *Urostigma* Gasp. (PELLISSARI e ROMANIUC, 2013). O subgênero *Urostigma* engloba espécies como *F. citrifolia*, *F. americana*, *F. cyclophylla*, *F. eximia*, *F. gomelleira*, *F. guaranítica*, *F. hirsuta* e *F. luschnathiana*. Já o subgênero *Pharmacosycea* engloba espécies como *F. insipida*, *F. obtusiuscula* e *F. pulchella*. As espécies de ambos subgêneros habitam diversos biomas, incluindo Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia e Caatinga (LOPES, 2015).

As figueiras são caracterizadas principalmente pelo hábito arbóreo ou hemiepifítico, apresentam látex leitoso em todas as partes vegetais, estípulas terminais desenvolvidas, folhas com glândulas no pecíolo e inflorescências do tipo sicônio (PELISSARI e ROMANIUC, 2013).

As plantas nesse gênero têm ocupado diversos nichos ecológicos, variando entre árvores de folha caduca ou sempre verde, arbustos, ervas, trepadeiras, e as formas de vida podem ser árvores autônomas epífitas ou semiepífitas em fendas, réofitos ou litófitos. Eles representam um recurso alimentar extremamente importante durante todo o ano para os frugívoros. Eles ainda têm um importante papel no ecossistema e são considerados as espécies chaves na floresta tropical, pois diversos animais se alimentam de seus frutos sendo responsáveis pela dispersão de sementes e auxiliam o equilíbrio biológico das florestas (HERRE et al., 2008).



Figura 1- Locais de ocorrência da espécie *Ficus* sp.

Fonte: © OpenStreetMap contributors, © OpenMapTiles, GBIF.

Várias partes das espécies de *Ficus* são usadas para muitos propósitos. As folhas, látex, casca, raízes, caule, cinza de madeira e plantas inteiras são usadas como frutos, legumes e para compor geléias, sopas, caril, saladas, bebidas, ingredientes alimentares ou outros itens de dieta (ABBASI et al., 2015). Para a maioria das espécies, os frutos seguidos das folhas são as partes mais usadas da planta e a maiores formas de consumo são crua ou alimentos preparados. Os figos (frutos) são geralmente consumidos desidratados, devido a sua baixa vida de prateleira

após a coleta e transporte (SAJIDA e BARUA, 2011). Dentre os figos associados à dieta, a espécie *Ficus carica* se destaca, pois produz frutos com propriedades alimentícias e medicinais com grande importância comercial. Porém, outras espécies de figueiras são usadas como fontes de frutos, vegetais e bebidas, assim como outros derivados alimentares (SHI et al., 2018).

Ficus sp. é uma planta silvestre pouco conhecida. Seus frutos produzidos em grandes quantidades são comestíveis *in natura* e podem ser aproveitados para o uso culinário através de cozimento ou demais preparos. Seus frutos são de textura macia no estado maduro, de característica suculenta, levemente ácidos e possuem sementes comestíveis. Essa planta geralmente cresce em solos arenosos da região amazônica, logo, apresenta fácil adaptação para o cultivo agroecológico, possibilitando o desenvolvimento da produção de polpas congeladas para diversos tipos de consumos, como: sucos, sorvetes, geleias, figadas, etc (KINUPP e LORENZI, 2014).

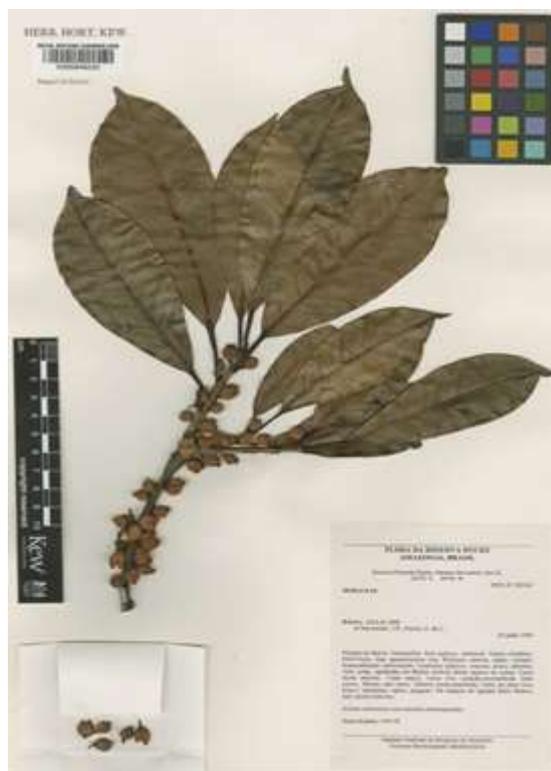


Figura 2 - Exsicata de *Ficus* sp.

Fonte: Berg, 2007.

As figueiras têm uma forma única de polinização, relacionada a vespas pertencentes à família Agaonidae, que por sua vez, são dependentes dessas espécies de plantas para se reproduzirem, ou seja, as vespas e as figueiras realizam mutualismo. As árvores produzem três tipos de flores; macho, uma fêmea de estilo longo e uma flor feminina de estilo curto, comumente chamada de flor de fel. Todos os três tipos de flores estão contidos na estrutura que se desenvolve para a formação do fruto (RONSTED, 2008).

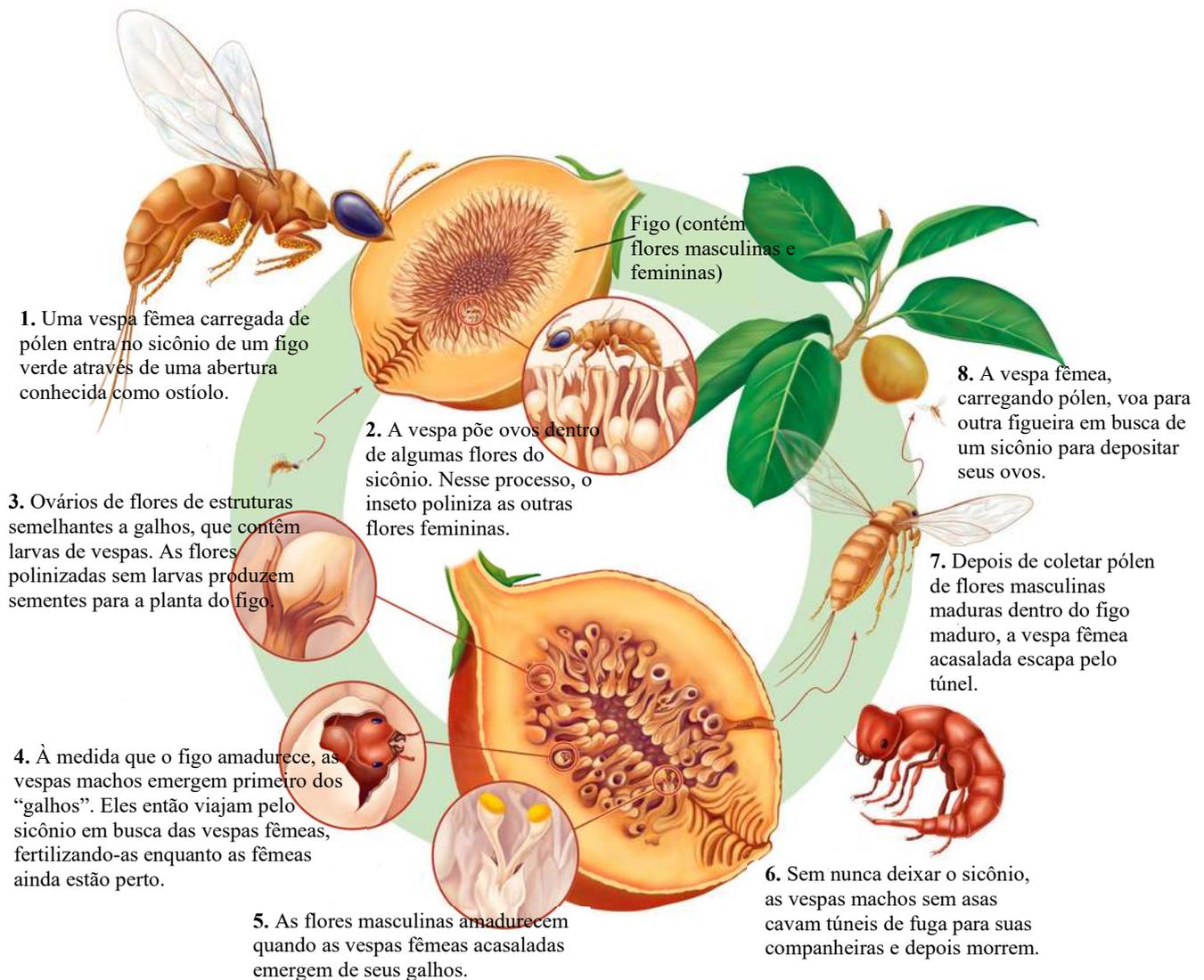


Figura 3 - Ilustração da polinização das figueiras através do mutualismo com vespas da família Agaonidae.

Fonte: Adaptada e traduzida de ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA/UIG/GETTY IMAGES.

Para garantir a sua sobrevivência, os indivíduos do gênero *Ficus* desenvolvem flores de forma assíncrona, ou seja, fora de ordem. Isso garante que as flores estarão presentes em qualquer época do ano, mesmo que seja uma quantidade mínima, mas essencial para garantir que a população de vespas continuará seu ciclo de vida, e dessa forma, polinizando as figueiras. Sem a presença de flores constantes, as vespas polinizadoras, que possuem vida curta, seriam extintas localmente (KEN, 2019).

3.2 Aspectos fitoquímicos de espécies do gênero *Ficus*

Estudos farmacológicos sobre os compostos secundários de plantas alimentares, especialmente para as que são tradicionalmente usadas tanto com propósito alimentar quanto medicinal, combinados à investigação de seus benefícios saudáveis tem trazidos destaque para o campo da etnofarmacologia (JENNINGS et al., 2015). As plantas do gênero *Ficus* são utilizadas de várias formas pela população das regiões tropicais e sub-tropicais, tanto de forma alimentícia quando medicinal. Os figos, ou seja, os frutos das figueiras, têm características nutritivas conhecidas, sendo livres de gorduras, livres de sódio, e livres de colesterol, fornecendo assim benefícios relacionados ao seu consumo, podendo reduzir o risco de desenvolvimento de doenças relacionadas a alta ingestão de sódio e fontes lipídicas. Esse gênero tem grande papel nos estudos farmacológicos, devido a sua gama de metabólitos secundários presentes em diversas espécies do gênero (SALMA et al., 2020).

As propriedades do gênero *Ficus* têm sido largamente investigadas através de estudos etnobotânicos e farmacológicos. Por isso, estudos focados em aspectos alimentares e funcionais, ou seja, a correlação entre os nutrientes e metabólitos secundários ao atuarem simultaneamente no organismo, podem promover a melhor compreensão dos efeitos benéficos desse gênero (SALEM et al., 2013, KHAN et al., 2011).

A revisão dos componentes químicos das espécies *Ficus* revela a presença de diversos componentes. O extrato etanólico (50 µg/mL) dos frutos inteiros da *Ficus auriculata* contém ácido betulínico, lupeol, estigmasterol, miricetina, quercetina, bergapteno e escopoletina em sua composição e apresenta capacidade antibacteriana (*S. aureus*, *E. coli*, *B. subtilis* e *P. aeruginosa*) (EL-FISHAWY et al., 2011). Já o extrato etanol:água dos frutos inteiros da *Ficus racemosa* contém glauanol, hentriacontano, β-sitosterol, acetato de glauanol, glicose, ácido tíglico, ester de taraxasterol, acetato de lupeol e friedelina, e é capaz de aumentar a absorção de glicose, na concentração de 100 a 200 mg/Kg, pelo aumento da sensibilidade à insulina. O extrato etanólico da polpa do fruto, administrados em ratos Swiss albino, pôde restaurar os níveis séricos de glicose (redução de 33,85% em comparação com indivíduos diabéticos) e as fibras alimentares puderam aumentar a excreção fecal de colesterol e ácidos biliares na dieta induzindo a hipocolesterolemia (ZULFIKER et al., 2011; URMI et al., 2012; PAARAKH et al., 2009).

Estudos *in vivo* com o extrato etanólico obtido de folhas da espécie *Ficus benghalensis*, na concentração entre 200 a 400 mg/Kg de peso corporal, exibiram a capacidade de reduzir os níveis de glicose e colesterol total da corrente sanguínea (5 mg/Kg equivalente a gliclazida – droga hipoglicêmica padrão) de ratos diabéticos (SARASWATHI, SENTHAMARAI e SUNDARI, 2013). Em outro estudo, as folhas da *Ficus callosa* apresentaram compostos isolados do extrato metanólico que exibiram capacidade de captura de radicais livres (de 2 a 10 µM equivalente a TROLOX) (VAN et al., 2011).

Ainda, os frutos da *Ficus religiosa* apresentam atividade *in vivo* (ratos com diabetes induzida) de seu extrato etanólico, que promoveu a redução dos níveis da glicose sanguínea na concentração de 250 mg/kg por meio do estímulo nas células β e liberação de insulina. Essa atividade foi atribuída à molécula de fitosterolína, pois quando administrada isoladamente, apresentou capacidade de redução de glicose sérica a 7,5 mg/kg de peso corporal. Além dessa

substância, os frutos dessa espécie possuem os aminoácidos asparagina, tirosina, alanina, ácido aspártico, glicina, treonina, leucina e valina em sua composição (CHOUDHARY et al., 2011; SINGH e SINGH, 2011).

É importante ressaltar a característica antioxidante das espécies *Ficus*, onde os testes mais utilizados para determinar esse parâmetro são ABTS, DPPH e FRAP. De acordo com a literatura, a capacidade antioxidante dos figos é altamente relacionada com a quantidade de compostos fitoquímicos presentes neles (Figura 4). É relatado que esses compostos são ácidos fenólicos, como: ácido gálico, ácido caféico e ácido clorogênico, assim como os flavonoides: quercetina, catequina, rutina e kaempferol (BEY et al., 2015). Além disso, existem resultados controversos em relação ao processo de desidratação dos figos sobre a capacidade antioxidante, pois em alguns estudos os melhores resultados foram encontrados nos frutos desidratados, enquanto outros autores afirmam que os resultados mais expressivos foram observados nos frutos frescos (CHANG et al., 2016).

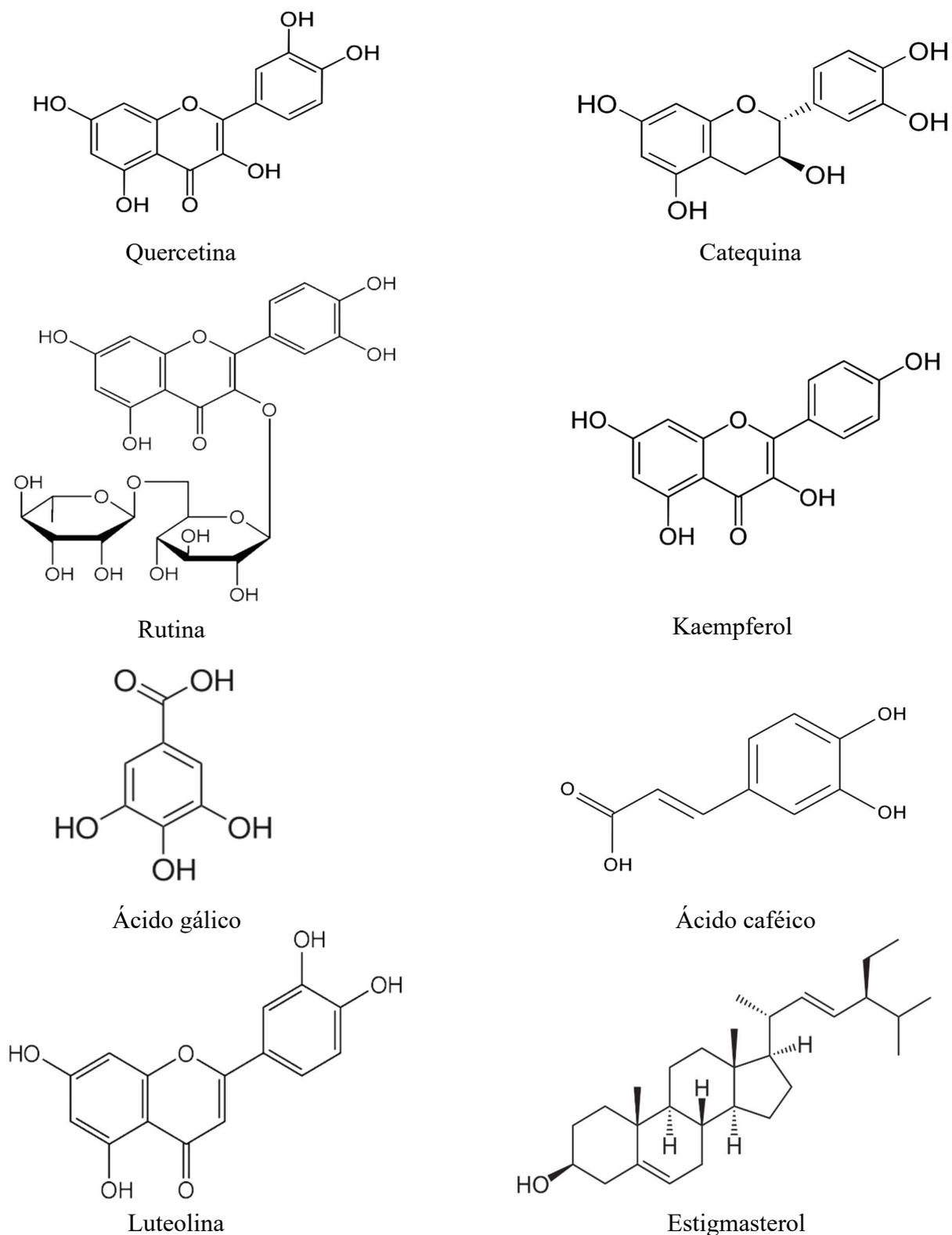


Figura 4 - Estruturas químicas de algumas das principais substâncias encontradas nas espécies do gênero *Ficus*.

Fonte: BEY et al., 2015

Algumas partes isoladas dos frutos podem apresentar maior atividade antioxidante, como a casca dos figos. O estudo de HARZALLAH e colaboradores (2016) corrobora essa afirmação ao verificar que a capacidade antioxidante de sucos de diferentes figos foi maior no suco da casca de figo preto, seguido pelo suco do figo preto inteiro. Além disso, outros estudos têm reportado resultados similares (AMMAR et al., 2015; MAGHSOUDLOU et al., 2017). De fato, os figos de coloração escura apresentam maior capacidade antioxidante em relação àqueles de cor clara. Pois com base em análises colorimétricas como o estudo de PEREIRA e colaboradores (2017) os extratos dos figos de cor escura exibiram maior atividade antioxidante em comparação aos de cor mais clara, também foi relatado que o consumo de figos com casca, maduros e de cor escura é recomendado a fim de promover suas propriedades benéficas ao organismo.

Apesar das variedades entre as espécies e as diferenças de compostos encontrados entre elas, a característica predominante de suas atividades farmacológicas é de regulação metabólica. É comum essas espécies regularem o metabolismo de glicose e lipídeos, apresentando papel importante no controle de distúrbios metabólicos. Por isso, a incorporação dessas espécies na dieta é de grande benefício para a saúde, devido a sua capacidade medicinal/alimentar que contempla uma das maiores tendências alimentícias do mercado. Ainda, a presença de substâncias com atividade antioxidante nos extratos dos figos deve ser avaliada na aplicação de produtos alimentícios como componentes funcionais (ARVANITI et al., 2019).

3.3 Importância dos compostos orgânicos voláteis em frutos

Compostos orgânicos voláteis (COV) constituem uma complexa combinação de substâncias de baixo peso molecular e alta pressão de vapor, derivadas de diferentes rotas biossintéticas (MARI, BAUTISTA-BANOS e SIVAKUMAR, 2016). Tais compostos pertencem a diferentes classes químicas, dentre elas: álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas,

terpenos e hidrocarbonetos (VIVALDO, 2017). Sua função primária é agir na defesa contra herbívoros e patógenos, bem como, atrair polinizadores e dispersores de sementes, e atuar como sinalizador na comunicação entre plantas (DONG et al., 2016).

Algumas substâncias são conhecidas por atuarem em uma das funções primárias citadas acima, como o α -muuroleno que é liberado durante o dia com a finalidade de atrair vespas polinizadoras da família Agaonidae (BORGERS, BESSIÈRE e RANGANATHAN, 2013). O germacreno D é conhecido por atuar sobre diferentes parasitas de plantas e seu isômero germacreno B é conhecido pela capacidade de agir contra patógenos, como as bactérias (CASIGLIA et al., 2017; DE SOUZA MOURA et al., 2020).

Um método bastante utilizado para identificação de compostos orgânicos voláteis presentes em frutos é a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM), combinada a micro extração em fase sólida do “*headspace*” (LIU e ZHANG, 2021). Esta é uma técnica sensível o suficiente para capturar as substâncias presentes no aroma, que possuem concentrações muito baixas em frutos, e, por isso, torna-se ideal para analisar os compostos orgânicos voláteis neste tipo de material vegetal (SALES et al., 2017).

Diversos órgãos vegetais, tais como folhas, frutos, flores e raízes são capazes de liberar compostos aromáticos voláteis. A maior parte dos álcoois e isoprenóides (isopreno, monoterpenos e sesquiterpenos) emitidos por plantas, são liberados pelas folhas (SHARKEY et al., 2017). Já em frutos, os álcoois e ésteres são os principais compostos que constituem o perfil aromático (FARNETI et al., 2015).

Diferentes estágios de desenvolvimento da planta podem afetar a emissão de COV, como o período de florescência tendem a resultar na maior emissão de terpenos (FARES et al., 2011). Mas não somente isso, fatores como a sazonalidade, temperatura e diversas condições

do ecossistema, modulam o perfil de liberação das substâncias voláteis de plantas (LI et al., 2021).

As plantas podem liberar metabólitos secundários na forma de compostos orgânicos voláteis para atuarem como agentes de controle biológico, funcionando como uma estratégia alternativa de defesa. Esse mecanismo atua contra patógenos causadores de diversas doenças em plantas e é denominado biofumigação (DI FRANCESCO, DI FOGGIA e BARALDI, 2020). Este é um recurso muito importante no período pós-colheita, momento em que os frutos estão mais suscetíveis a ação de patógenos (DI FRANCESCO, MARTINI e MARI, 2016).

Um dos principais mecanismos que induzem a síntese e emissão dos COV é o ataque de herbívoros. Quando causam dano físico a planta, uma série de eventos ocorrem em cadeia, envolvendo diversos processos metabólicos, resultando na produção dos COV denominados elicitores (DONG et al., 2016). A partir do dano mecânico, a planta utiliza uma gama de moléculas para a síntese dos compostos aromáticos voláteis, sendo elas: ácido graxo-aminoácido conjugados, β -glucosidase, inceptina, caeliferinas e constituintes termolábeis não identificados (ALLMANN e BALDWIN, 2012; BONAVENTURE, VANDOORN e BALDWIN, 2011).

A sequência de eventos durante o ataque de herbívoros (ilustrado na figura 5) ocorrem em diferentes momentos. Nos primeiros segundos/minutos, ocorre o reconhecimento e ativação das vias de transdução de sinal da interação planta-inseto, caracterizada pelo potencial elétrico de membrana, seguido pela mudança na concentração de Ca^{2+} no citosol e formação de H_2O_2 . O acúmulo intracelular de H_2O_2 induz a ativação de quinases e fito-hormônios como ácido jasmônico e ácido salicílico. Por fim, os genes envolvidos na formação dos COV em plantas podem ser ativados por fito-hormônios como o ácido jasmônico, que pode levar a alta emissão de COV induzidos por herbívoros (DONG et al., 2016).

Além das atribuições nativas dos COV, estes também têm importante papel na área comercial, pois podem atribuir notas sensoriais ao consumidor, contribuindo para características de sabor e aroma em determinados alimentos (SREEKUMER et al., 2009). Os metabolitos voláteis podem influenciar nas matrizes de odor, sabor, cor e textura de frutos, em certos casos, essas modificações podem vir de fungos endofíticos como o *A. pullulansi* que é capaz de modificar os componentes nutricionais de frutos, bem como, inibir o crescimento de patógenos em pêssego e kiwi (DI FRANCESCO et al., 2018)

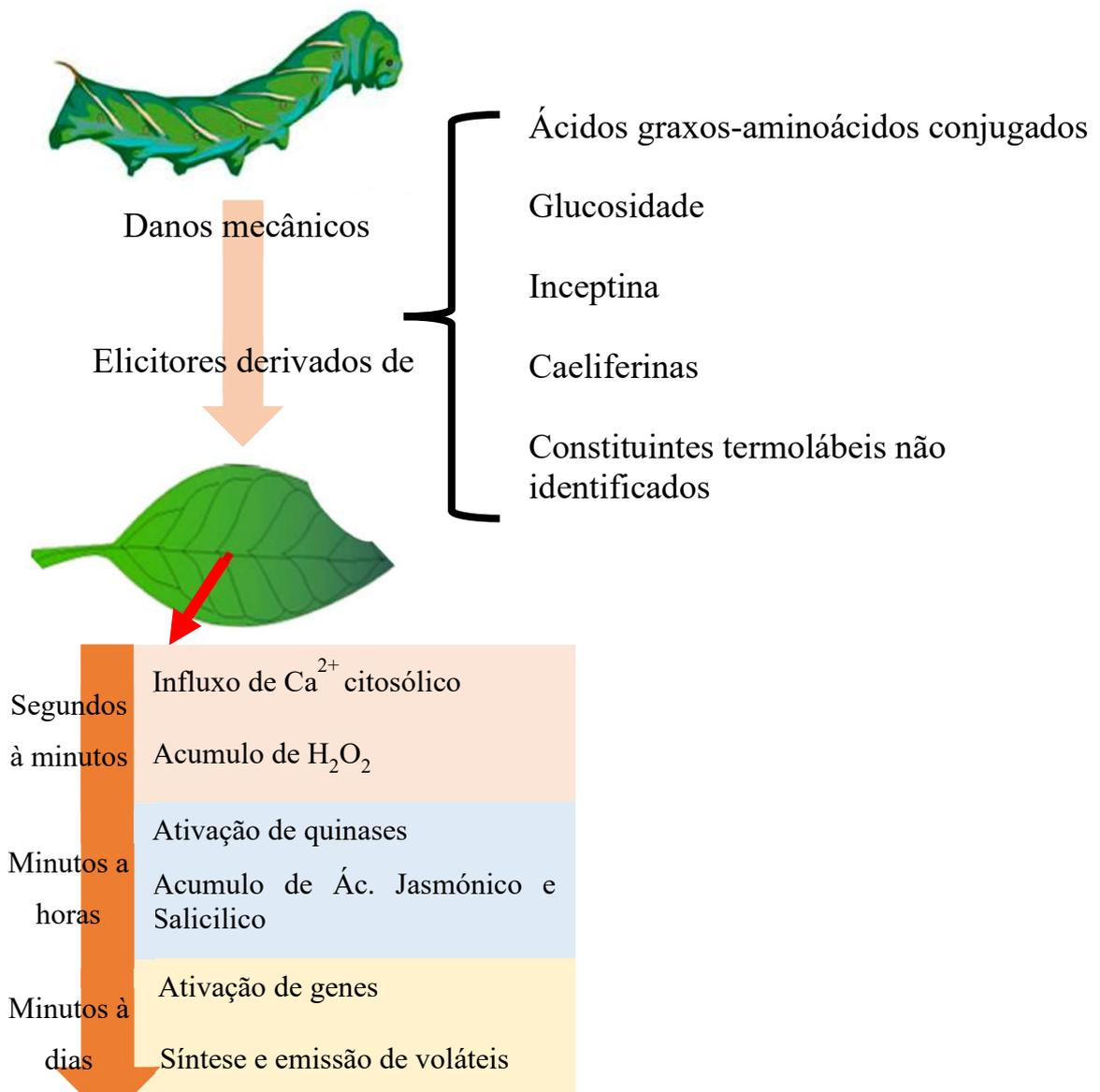


Figura 5 - Eventos da síntese de COV derivados do ataque de herbívoras a plantas.

Fonte: Adaptada e traduzida de DONG et al., 2016.

A liberação de compostos voláteis dos frutos tem influência a atração para consumo, pois os voláteis liberados durante o amadurecimento podem ser sentidos como os principais constituintes do sabor, que sinalizam a maior disponibilidade de nutrientes (GOFF e KLEE, 2006). Esta é uma correlação de benefício mútuo entre animais/humanos e as plantas, pois, quando maduros (estágio ideal para consumo) os frutos possuem concentrações de compostos capazes de exercer diversas atividades biológicas, como antimicrobiana, antioxidante, anticarcinogênica etc, beneficiando os indivíduos que as consumirem. Por outro lado, as plantas irão se beneficiar da dispersão das sementes causadas pelos consumidores de seus frutos (LEWINSOHN et al., 2005; VILLALBA e PROVENZA, 2005)

Os COV estão presentes em frutos em diferentes concentrações, contudo, a substância mais abundante não significa necessariamente que é a que mais impacta no aroma, ou seja, na percepção de cheiro. Isso se deve ao limiar de detecção sensorial, que indica a concentração de um dado COV (geralmente em água) necessária para causar a percepção de odor (GUO et al., 2021). O valor de atividade de odor (odor activity value - OAV) dos compostos orgânicos voláteis é calculado pela divisão da concentração do composto pelo valor de limiar de odor. Somente compostos com $OAV > 1$ podem ser percebidos pelo olfato (CHANG, JUNG e HUR, 2014).

3.4 Durabilidade e parâmetros de qualidade de frutos

A percepção do sabor é frequentemente descrita como a combinação de paladar e olfato, aparência, textura e temperatura, indicando que sensações múltiplas combinadas é o que gera esta sensação geral (PRESCOTT, TAYLOR e ROBERTS, 2004). A integração das informações sensoriais no cérebro resulta na preferência de sabor ou sua aversão (GOFF e KLEE, 2006). Por isso, o entendimento e a avaliação dos parâmetros que influenciam a qualidade dos frutos são tão importantes.

A forma ideal de consumo de frutos é quando estão maduros. O amadurecimento é um processo complexo que envolve uma série de modificações nos frutos, como as fisiológicas, bioquímicas, e químicas, que englobam a biossíntese de antocianinas, degradação de clorofila, aumenta da degradação enzimática na parede celular, quantidade de açúcares, atividades respiratórias, produção de etileno e mudanças nos compostos aromáticos (GIOVANNONI et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Porém, após atingirem a maturação e serem coletadas das plantas, os frutos estão mais suscetíveis aos efeitos pós-colheita, que são os mais prejudiciais, pois acarretam em perdas econômicas devido a redução do valor dos frutos causados pela degradação de suas qualidades e nutrientes (MARI, BAUTISTA-BANOS e SIVAKUMAR, 2016). A perda da firmeza, resultante da degradação da parede celular e amido, pode influenciar nas perdas e danos da pós-colheita, aumentando a susceptibilidade de crescimento microbológico. A consequência disso é inviabilização da cadeia produtiva, que possui restrições quanto a integridade dos frutos (CAMPOSTRINI, VALDEMIRO e YAMANISHI, 2008).

O amolecimento do fruto, perda da firmeza, é uma das mudanças mais importantes que ocorrem durante o estágio pós-colheita. Essa característica é afetada diretamente pela ação da temperatura, que resulta no aumento da atividade enzimática de enzimas, como celulase, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), que atuam na degradação das principais moléculas de polissacarídeos (pectina, celulose e hemicelulose) presentes na parede celular (PRASANNA, PRABHA e THARANATHAN, 2007; CARNEIRO et al., 2015).

Por isso, certos cuidados devem ser tomados durante essa etapa, como por exemplo o devido acondicionamento para cada tipo de fruta ou legume, pois condições de armazenamento de frutos em baixas temperaturas é eficiente em reter o frescor e estender a vida de prateleira, ao passo que reduz a taxa de respiração, decomposição térmica, atividades fisiológicas,

bioquímicos e microbiológicas que alteram a textura, sabor, cor e valor nutritivo, e comprometem a qualidade do alimento (ALI et al., 2004; SAMIRA, WOLDETSADIK e WORKNEH, 2011). Além disso, a vida de prateleira de frutos e vegetais pode ser aumentada pelo uso de atmosferas controladas e armazenamento hipobárico, contudo, estas técnicas são caras demais para serem empregadas usualmente (GOL, CHAUDHARI e RAO, 2015).

Para determinar quais cuidados devem ser tomados no período pós-colheita dos frutos, é necessário compreender como os parâmetros de qualidade de alimentos se comportam durante esse período e quanto tempo os frutos permanecem em boas condições de consumo durante o seu armazenamento ou estocagem (SALEHI, 2020). Em geral são avaliados como parâmetros de qualidade durante a estocagem: a perda de peso, perda de água, firmeza, tamanho, formato, sólidos solúveis, cor, índice de escurecimento, pH, acidez, vitamina C, fenólicos totais e atividade de polifenol oxidase (SALEHI et al., 2015; SAYYARI et al., 2016; BHARGAVA e BANSAL, 2021).

Os frutos e vegetais que sofrem grandes modificações em seus parâmetros de qualidade, tornam-se inviáveis para consumo, pois isso indica que a sua composição e integridade sofreram alterações suficientes para causar a perda das suas propriedades alimentícias, além de indicar possível contaminação de patógenos (AGLAR et al., 2017). Sendo assim, a perecibilidade de um fruto vai depender das condições de armazenamento e transporte após a colheita, e por quanto tempo este é capaz de manter suas características sem sofrer modificações significativas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal

Os frutos da *Ficus* sp. foram coletados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, situada na periferia de Manaus, AM, Brasil (entre 02° 55' e 3° 01' latitude S e entre 59° 53' e 59° 59' longitude W) em setembro de 2019. O total de 4,2 Kg de frutos maduros foram destinados ao Laboratório de Produtos Naturais, localizado no departamento de química, Instituto de Ciências Exatas (ICE) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), onde foram sanitizados (solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos), lavados com sabão e água corrente e armazenados em sacola plástica a -18°C. Uma parte dos frutos foi liofilizada a -40°C por 24 horas, para facilitar o procedimento de extração de compostos orgânicos. O material liofilizado foi armazenado a -18°C até as análises.

4.2 Caracterização morfológica dos frutos

A descrição dos aspectos fenotípicos e físicos dos frutos de *Ficus* sp., foram realizadas com base em observação visual e utilização de descrição morfológicas de frutos da literatura (SOARES et al., 2017). Além disso, foram usados equipamentos como paquímetro em metal 6'' para mensurar as dimensões dos frutos (altura e largura) e balança analítica para determinar a sua massa, ambos realizados a temperatura ambiente.

4.3 Obtenção de Extratos

Os frutos inteiros foram submetidos a extração sucessiva com aumento da polaridade, por maceração a frio em frascos tipo mariote, utilizando os solventes: hexano, diclorometano e metanol, de acordo com a figura abaixo.

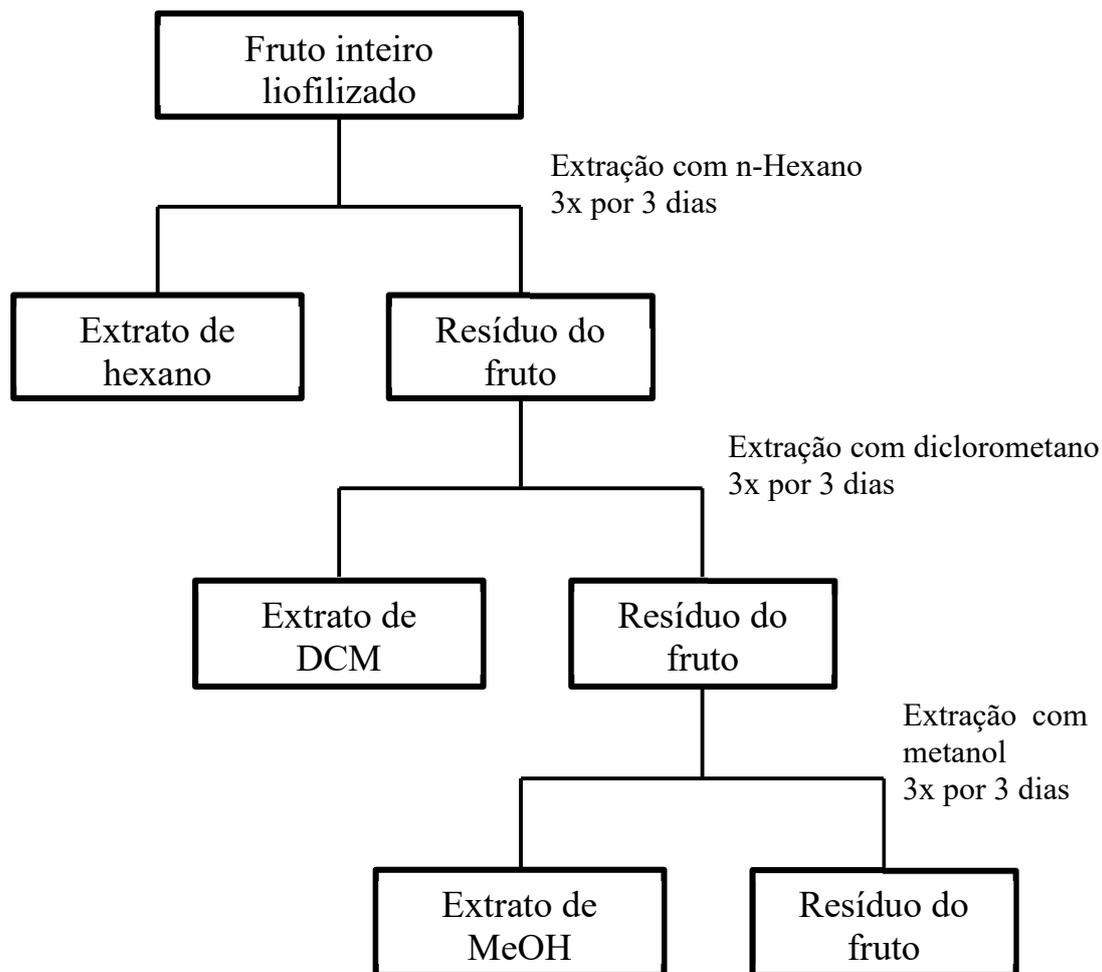


Figura 6- Fluxograma da obtenção dos extratos em ordem crescentes de polaridade dos solventes.

Os frutos liofilizados também foram utilizados para o processo de extração com solventes hidroalcoólicos por um período de 3 dias cada. Foram obtidos os extratos metanol:água (6:4) e etanol:água (7:3) visando a maior extração de compostos fenólicos. Após a filtração, os solventes foram removidos sob pressão reduzida em evaporador rotatório. A porção de água restante no extrato foi retirada utilizando a desidratação em liofilizador.

4.4 Composição centesimal dos frutos

As quantidades de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos e parâmetros físico-químicos foram determinadas de acordo com a Instituto Adolfo Lutz, 2008. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Físico-Química de Alimentos (LFQA), localizado no

campus V-8 do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os resultados foram determinados em matéria úmida, forma in natura do fruto.

4.5 Umidade

Para a análise de umidade foram pesados 5 gramas da amostra em cápsula de porcelana, previamente tarada. Esta foi aquecida durante 3 horas, em seguida, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. Após isso, foi pesada e repetida a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. Após a pesagem, os valores foram substituídos na fórmula abaixo:

Cálculo:

$$(1) \quad [100 \times N / P] = \text{umidade ou substâncias voláteis a } 105^{\circ}\text{C por cento}$$

N = umidade em gramas.

P = massa de amostra em gramas.

4.6 Cinzas

Foram pesados 5 gramas da amostra em cápsula de porcelana, previamente aquecida em mufla 550°C , esta foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Essa etapa ocorreu até a mudança de cor para tonalidade branca ou ligeiramente acinzentada. Foram repetidas as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

Para a determinação de cinzas foi aplicada a seguinte fórmula:

$$(2) \quad [100 \times N / P] = \text{cinzas por cento}$$

N = cinzas em gramas.

P = massa de amostra em gramas.

4.7 Lipídeos

Foram pesados 5 gramas da amostra em cartucho de papel de Soxhlet. Em seguida, o cartucho foi transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet acoplado ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C e adicionado éter de petróleo que foi mantido sob aquecimento em chapa elétrica, por aproximadamente 8 horas. Após esta etapa o cartucho foi retirado, o éter destilado e o balão com o resíduo extraído foram inseridos em estufa a 105°C, por cerca de uma hora. Em seguida foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. A etapa de aquecimento, resfriamento e pesagem foi repetida até peso constante.

$$(3) \quad [100 \times N / P] = \text{lipídeos ou extrato etéreo por cento}$$

N = lipídeos em gramas.

P = massa de amostra em gramas.

4.8 Proteína Bruta (Determinação de Nitrogênio)

Foram pesados 40 mg da amostra em papel manteiga e em seguida a amostra foi transferida para o balão de Kjeldahl. Foram adicionados 3 mL de ácido sulfúrico, cerca de 2 gramas de sulfato de potássio e 60 mg de sulfato de cobre. A mistura foi aquecida em bloco digestor dentro da capela a uma temperatura de até 350°C, a determinação da decomposição total se deu pela visualização da cor azul-esverdeada. O tubo contendo a amostra digerida foi levado para o aparelho de destilação, onde foi neutralizado com 25 mL de solução de NaOH a 40%, seguido de aquecimento. A amostra destilada foi recolhida em erlenmeyer, contendo 5 mL de solução saturada de ácido bórico e 3 gotas de solução indicadora. O volume final de 50 mL foi levado para a titulação com HCl 0,02 N. Os resultados obtidos foram utilizados na fórmula abaixo para calcular a quantidade de nitrogênio presente na amostra.

$$(4) \quad [(V_a - V_b) \times (0,02 \times F \times 0,00014 \times 100) \times 6,25 / P] = \text{proteína por cento}$$

F = fator de correção do ácido.

P= massa em mg da amostra.

Va – Vb = diferença entre o volume de ácido em mL.

4.9 Carboidratos

O teor de carboidratos das amostras foi determinado por diferença, subtraindo de 100 a somatória dos teores de umidade, proteína, lipídeos e cinzas (IAL, 2008).

(5) $[100 - (\text{proteínas} + \text{lipídeos} + \text{cinzas} + \text{umidade})] = \text{Carboidratos em gramas.}$

4.10 Valor energético

Os valores de proteínas, lipídeos e carboidratos, principais nutrientes usados pelo organismo humano para a obtenção de energia foram multiplicados pelos fatores de conversão 4, 9 e 4 (em kcal/g), respectivamente, para a obtenção do valor energético alimentar. A regra 4-9-4, estabelecida no fim do século XIX (ATWATER e WOODS, 1896), é um método empírico de obtenção dos valores energéticos de alimentos, que tem como base a composição nutricional destes.

4.11 Análise de Minerais

O teor de ferro, cobre, cálcio, magnésio, zinco, manganês, sódio e potássio foram determinados por espectrometria de absorção atômica, preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). A digestão das amostras foi realizada em via micro-ondas no digestor MARS – Xpress CEM Corporation, MD – 2591, para mineralização da matéria orgânica com a utilização de ácido nítrico concentrado, seguido do resfriamento e diluição com água deionizada. A leitura foi realizada diretamente nas soluções diluídas em espectrofotômetro de absorção atômica (Spectra AA, modelo 220 FS, Varian, 2000), com lâmpadas específicas conforme o Manual do fabricante.

4.12 Determinação de pH

O pH dos frutos *in natura* foi mensurado usando um pHmetro digital (Modelo B474, Micronal, Brasil). O equipamento foi calibrado com soluções tampão comercial em pH 7.0 e 4.0. A quantidade de 2,5 gramas de amostra foi macerada a frio e diluída em 25 mL de água ultrapura sobre agitação magnética, o eletrodo foi inserido e o valor foi anotado.

4.13 Acidez titulável (AC)

Foram utilizados cerca de 2,5 gramas de amostra maceradas a frio e colocadas em um Erlenmeyer de 125 mL contendo 25 mL de água ultrapura. A titulação foi realizada com solução de NaOH 0.1N, 3 gotas de fenolftaleína foram adicionadas como indicador do ponto de virada (pH = 8.2 ± 0.1). O volume de NaOH foi expressado em g/100g de ácido cítrico e o valor foi obtido pela seguinte equação:

$$AC = \frac{[V \times 0.1 \text{ N NaOH}(f) \times 0.067 \times 100]}{m}$$

Onde, V é o volume de NaOH utilizado, m é a massa da amostra e f é o fator de correção do NaOH.

4.14 Sólidos solúveis (°Brix)

Os sólidos solúveis foram mensurados usando o refratômetro (Modelo Pocket Refractometer PAL-3, ATAGO, Japão). O fruto foi macerado em uma quantidade suficiente para preencher a superfície do prisma em cada leitura. O índice de refração foi obtido e expressado em °Brix. O prisma do aparelho foi limpo com água destilada entre as leituras.

4.15 Determinação colorimétrica

A cor foi mensurada usando o colorímetro Hunter Lab (ColorFlex, Modelo #A60-1010-615, Hunter associates laboratory Inc., USA) baseado em três coordenadas de cores, chamadas

de L^* , a^* e b^* . Os valores da cor foram expressos em L^* (luminosidade/escuridão), a^* (variação entre vermelho/verde) e b^* (variação entre amarelo/azul). A cor de referência do fruto foi feita com a leitura dos mesmos íntegros (cor da casca) e foi comparado com a cor destes macerados (cor da polpa). Foi feito o cálculo da diferença total de cor, dado pela seguinte fórmula:

$$DTC: \sqrt{(L - L_o)^2 + (A - A_o)^2 + (B - B_o)^2}$$

4.16 Avaliação do tempo de estocagem dos frutos frescos de *Ficus* sp.

A avaliação da durabilidade dos figos foi executada com base no trabalho de Burana (2021). De acordo com esse estudo, os figos em geral são frutos muito perecíveis e apresentam uma durabilidade muito curta à temperatura ambiente, com cerca de 3 a 5 dias. Após esse período, ocorrem a incidência de fungos e a perda dos parâmetros alimentares dos frutos.

Para avaliar a durabilidade dos frutos após coleta, foram verificados os parâmetros físico-químicos e centesimais *in natura* (frutos coletados diretamente da planta e em condição ideal para consumo), em 24, 48, 72 e 96 horas de estocagem. Os frutos foram selecionados com base na similaridade de tamanho, cor e integridade física. Em seguida, foram higienizados com água corrente e sabão, e acondicionados em recipientes plásticos com furos para passagem de ar. Por fim, foram colocados em superfície plana a temperatura ambiente e sem o recebimento de luz solar direta.

4.17 Avaliação de ácidos orgânicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE

As amostras foram avaliadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência utilizando os detectores de diodos e espectrômetro de massas (Shimadzu 2010A) em aparelho com duas bombas LC-10AD, desgaseificador DGU-12A e injetores SIL-10AD. Foi utilizada a metodologia de Scherer e colaboradores (2012) para determinação de quatro ácidos orgânicos, sendo eles o ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido tartárico e ácido málico. Foram utilizados na

análise a coluna C-18, a 25°C, com fluxo de 0,5 mL/min e volume de injeção de 20 µL. Foi utilizada a solução tampão de 0,01 mol/L de KH₂PO₄ (pH 2,6 ajustado com ácido fosfórico) como fase móvel, com método de eluição isocrático. As amostras (5 g) foram misturadas com a solução tampão utilizada na fase móvel para extração, com auxílio de agitação de vórtex por 5 minutos à 1000 rpm. Após a combinação de amostra e solução tampão, foi utilizada membrana de 0,45 µm para filtração e uma alíquota da solução filtrada foi utilizada para a injeção no cromatógrafo.

Os padrões de ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido tartárico e ácido málico foram comprados da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Seguindo as recomendações da metodologia original, curvas de calibração para os quatro ácidos foram construídas com as respectivas variações de concentrações: de 0,01 a 1,9 mg/mL para o ácido tartárico (210 nm), de 0,24 a 1,35 mg/mL para o ácido málico (210 nm), de 0,006 a 0,33 mg/mL para o ácido ascórbico (250 nm) e de 1,45 a 5,6 mg/mL para o ácido cítrico (210 nm). Foram utilizados de 5 a 7 pontos para a construção das curvas de calibração de cada ácido e os coeficientes de determinação obtidos foram os seguintes: 0,9993 para o ácido tartárico; 0,9998 para o ácido málico; 0,9939 para o ácido ascórbico e 0,9916 para o ácido cítrico. A identificação dos ácidos nas amostras foi feita com base nos tempos de retenção obtidos pelos cromatogramas de cada padrão e a quantificação de cada ácido foi realizada utilizando a equação da reta de cada ácido. Os valores foram expressados em mg para cada 100 gramas de amostra.

4.18 Extração de compostos orgânicos voláteis (COV)

Os frutos (3 gramas) foram adicionados junto a 0,75 gramas de NaCl, 5 mL de água-Mili-Q e o padrão interno 3-octanol (solução padrão de 10 mg/L em etanol) em um frasco de 20 mL. O frasco foi selado com alumínio e colocado em banho-maria a 40°C, sob agitação magnética. Após o tempo de equilíbrio (10 minutos), o dispositivo Supelco SPME contendo a fibra de polidimetilsiloxano 100 µm (PDMS) (Bellefonte, PA, USA) foi inserido no frasco

contendo a amostra. A fibra foi exposta para o headspace (porção superior do frasco) por 40 minutos a 40°C. Logo em seguida, a fibra foi recolhida para a agulha e transferida para a porta de injeção do cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas por 10 minutos a 260°C para a dessorção dos analitos no modo splitless (RODRIGUES et al., 2018).

4.19 Análise de compostos orgânicos voláteis por Headspace-SPME/CG-EM

Para identificar e quantificar os compostos aromáticos presente nos frutos foi utilizada a técnica de micro extração em fase sólida no modo “headspace” (SPME-Headspace) acoplado a um cromatógrafo gasoso de acordo com o método da literatura (RODRIGUES et al., 2018).

Foi utilizado um cromatógrafo a gás Shimadzu GCMS-QP2012 equipado com um detector de massa seletivo. Para separação dos analitos foi utilizada uma coluna capilar DB-5MS (30 m x 0,25 mm de diâmetro, 0,25 µm de espessura de filme). A fibra de polidimetilsiloxano foi dessorvida e mantida na porta de injeção a 260°C durante 10 minutos. Cada extração foi injetada no modo splitless. A temperatura do forno foi mantida a 70°C durante 5 minutos, depois aumentada para 120°C a uma taxa de 5°C/minuto e mantida em isoterma por 10 minutos, em seguida a temperatura foi aumentada até 250°C a uma taxa de 5°C/minuto e mantida em isoterma em 250°C durante 5 minutos. Foi utilizado hélio como gás de arraste. O espectro de massa foi operado em modo de impacto de elétrons (EI) a 70 eV, digitalizando o intervalo de 35-550 m/z, e a temperatura da fonte iônica foi de 200°C. Todos os compostos foram identificados por comparação de seus espectros de massa com os registros na base de dados Wiley 275L do equipamento, e por comparação com a literatura (ADAMS et al., 2007), foram considerados válidos as substâncias que apresentaram o índice de similaridade do padrão de fragmentação igual ou superior a 90%.

4.20 Atividade antioxidante - DPPH

A capacidade sequestrante de radicais livres dos extratos por metanol e hidroalcoólicos foram avaliadas utilizando o radical DPPH de acordo com a literatura (MOLYNEUX et al., 2004). Foi preparada uma solução metanólica de 10 μM de DPPH e a absorbância foi ajustada para 0,7. A concentração de 1 mg/mL dos extratos foi testada, adicionando 10 μL de amostra nos poços e, em seguida, foram adicionados 190 μL do radical DPPH. O trolox foi utilizado como controle positivo (100 a 2000 μM), o radical foi utilizado como controle negativo e o metanol foi utilizado como branco. A mistura foi mantida no escuro a temperatura ambiente durante 30 minutos. A detecção da atividade foi realizada no comprimento de onda de 515 nm em leitor de microplaca (Biotek, Elx800). O potencial antioxidante dos extratos foi definido em equivalência a quantidade de TROLOX que inibiu o radical DPPH, com base na curva de calibração. O ensaio foi realizado em triplicata.

4.21 Análise de compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos presentes nas amostras obtidas de *Ficus* sp. foi determinado conforme o método de Slinkard e Singleton (1977). De forma resumida, uma alíquota de 20 μL de extrato foi adicionado em placa de Elisa (Biotek, Elx800) em contato com 150 μL de Folin Ciocalteu de concentração 1:10 (v/v) e posteriormente 150 μL de solução de bicarbonato de sódio (6g para 100mL). A mistura foi mantida no escuro a temperatura ambiente durante 90 min e a absorbância foi medida a 750 nm, realizado em triplicata. O padrão utilizado foi ácido gálico em uma concentração de 1 mg/mL e o resultado foi medido em equivalência ao padrão através de curva de diferentes concentrações (7.8-1000 $\mu\text{g/mL}$).

4.22 Ensaio antibacteriano dos extratos de *Ficus* sp.

A atividade antibacteriana dos extratos dos frutos foi avaliada em parceria com o Laboratório de Bacteriologia e Bioensaios, localizado no Instituto de Infectologia Evandro

Chagas (INI), na FIOCRUZ, campus Manguinhos. A avaliação *in vitro* foi realizada contra linhagens de *Mycobacterium tuberculosis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Acinetobacter* spp. utilizando o ensaio de micro-placa Alamar Blue (MABA) (FRANZBLAU et al., 1998). Foram adicionados 200 μ L de água deionizada estéril a todos os poços de perímetro externo de placas de 96 poços estéreis, 100 μ L do caldo Middlebrook 7H9 (Difco Laboratories, Detroit, MI, EUA) e diluições sucessivas do extrato foram realizadas diretamente na placa. As placas foram lacradas e incubadas a 37°C por cinco dias. Seguidamente, foi adicionada a placa uma mistura do reagente Alamar Blue (Accumed International, Westlake Ohio) e Tween 80 e a mesma foi incubada por 24h. A cor azul foi interpretada como ausência de crescimento bacteriano e rosa classificada como crescimento. A Concentração de Inibição Mínima (MIC) foi definida como a concentração mais baixa do extrato, que evita o crescimento bacteriano.

4.23 Análises estatísticas

Todas as análises foram avaliadas por ANOVA e teste de Tukey a 95% de nível de confiança utilizando o software SISVAR versão 5.6. Todas as amostras foram analisadas em triplicatas e expressas em média e desvio padrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características Morfológicas

Os figos são denominados sicônios, que é a designação botânica para pseudofrutos originados a partir de uma inflorescência ou infrutescência composta entre um receptáculo carnudo e flores ou frutos inclusos (KINUPP e LORENZI, 2014). No caso das espécies do gênero *Ficus*, a parte feminina da flor, chamada de figo receptor, é quem recebe o pólen e se desenvolve até a formação do sicônio (DUNN, 2020).

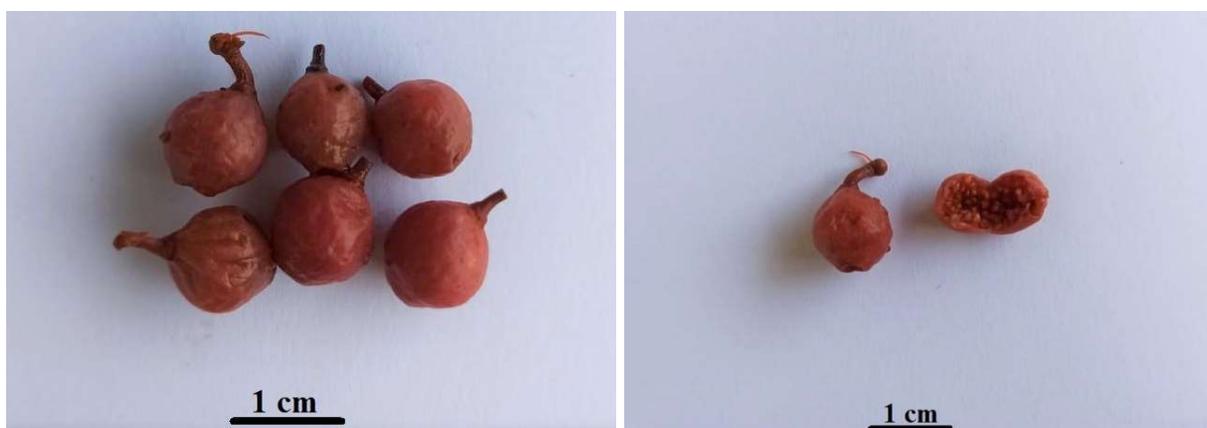


Figura 7 - Frutos da espécie *Ficus* sp. de forma inteira.

Fonte: arquivo pessoal.

A descrição dos frutos da espécie *Ficus* sp. foi realizada com base na observação dos aspectos externos e internos do pericarpo, apenas no sentido topográfico, deixando de lado a ontogenia do fruto. Estes são simples (formado por um único carpelo), indeiscentes (sementes permanecem no interior do fruto quando maduro) e são carnosos do tipo bacoide (parede do ovário inteiro amadurece em um pericarpo comestível). A forma do fruto é globosa (figura 7), o epicarpo é liso e com pouca espessura, de cor vermelho alaranjado quando maduro (SOARES et al., 2017). Os figos possuem em média $0,85 \pm 0,05$ cm de largura e $1,1 \pm 0,1$ cm de comprimento (eixo vertical do pedúnculo ao ostíolo), e um fruto maduro possui cerca de 0,413 gramas de peso.

5.2 Composição centesimal, mineral e parâmetros físico-químicos

A composição nutricional e os aspectos físico-químicos dos frutos *in natura* da *Ficus* sp. estão descritos na Tabela 1. Os alimentos em base úmida tendem a apresentar elevado teor de umidade, como observado 82,15%, e baixo teor de componentes orgânicos (proteínas 1,93%, lipídeos 0,43% e carboidratos 14,56%). Logo, o valor energético do fruto se mantém baixo (69,83 kcal).

Tabela 1 - Composição centesimal e características físico-químicas da *Ficus* sp.

Macronutrientes (g/100g)	Média ± Desvio padrão
Umidade	82,15 ± 0,41
Cinzas	0,93 ± 0,0
Lipídeos	0,43 ± 0,01
Proteínas	1,93 ± 0,06
Carboidratos	14,56 ± 0,61
Valor calórico (kcal)	69,83
Acidez titulável	0,75 ± 0,03
pH	4,17 ± 0,06
Sólidos solúveis (°Brix)	5,23 ± 0,25

Do ponto de vista nutricional, os frutos de *Ficus* sp. *in natura* são pouco calóricos, principalmente pelo baixo teor de lipídeos, nutriente que mais contribui para o valor calórico (SMITH, FINLEY e LEVEILLE, 1994), e alto teor de umidade, componente sem calorias (GNAIGER e BITTERLICH, 1984). O fruto é uma boa fonte de carboidratos e proteínas, e apresenta um baixo teor de cinzas, referente aos minerais presentes, que podem auxiliar em diferentes funções fisiológicas (KRUMREICH et al., 2013).

Avaliando-se os frutos de *Ficus carica* (SHI et al., 2018) em base úmida (82% de umidade), são encontrados 0,62 g de proteínas, 0,09 g de lipídeos, 11,9 g de carboidratos e 59,7 kcal de valor energético. E os frutos da espécie *Ficus insipida* (BATISTA, REIS e REZENDE, 2017) apresentaram em sua composição 0,31 g de proteínas, 10,3 g de lipídeos, 6,6 g de carboidratos e 120,3 kcal de valor energético em base úmida (82% de umidade). Portanto é

possível afirmar que os frutos de *Ficus* sp. possuem maior teor de proteínas que as espécies comparadas, além de apresentar um teor de lipídeos mais reduzido que a *F. insipida* e possuir maior valor de carboidratos dentre estas mencionadas.

O fruto de *Ficus* sp. é capaz de fornecer nutrientes como proteínas e carboidratos sem apresentar um alto teor calórico, principalmente por seu baixo valor de lipídeos, tornando-se uma ótima fonte nutricional em relação às duas outras espécies do gênero. Isso se deve ao fato dos valores de ingestão dietética de referência, preconizados na literatura, indicarem que adultos devem ingerir cerca de 70 g/dia de lipídeos, 130 g/dia de carboidratos e 56 g/dia de proteínas, por isso, alimentos como os frutos de *Ficus* sp., auxiliam na obtenção dos valores diários de macronutrientes com maior facilidade (PINELA, CARVALHO e FERREIRA, 2017).

Os componentes nutricionais de *Ficus* sp. apresentaram semelhanças com outros frutos tropicais. Dados obtidos da literatura (TACO, 2011) evidenciam que a graviola (82,2 g/100g) apresenta umidade muito próxima do valor encontrado em *Ficus* sp. (82,15 g/100g). Já outras espécies como kiwi, abacaxi, laranja, tangerina e acerola possuem maior porcentagem de água em suas composições, variando entre 85,9 a 90,5 g/100g. Logo, a quantidade de massa seca, porção do alimento sem a presença de água (CELESTINO, 2010), é mais expressiva em *Ficus* sp., e por isso, o valor calórico tende a ser maior neste fruto que nos demais, pois os nutrientes energéticos são encontrados na massa seca do fruto, com exceção das cinzas.

O valor de proteínas de *Ficus* sp. (1,93 g/100g) é maior do que os valores encontrados em tangerina, graviola, goiaba, acerola e abacaxi, que variam de 0,8 a 0,9 g/100g. Ainda, os valores de lipídeos de *Ficus* sp. (0,43 g/100g) são menores que os encontrados no kiwi e goiaba, 0,6 e 0,5 g/100g, respectivamente, e maiores que os encontrados na laranja, tangerina e abacaxi que possuem 0,1 g/100g de lipídeos em sua composição. Por fim, o valor de carboidratos de *Ficus* sp. (14,56 g/100g) é maior do que os valores encontrados na acerola, tangerina, laranja,

goiaba e abacaxi que variam de 8 a 12,3 g/100g. Ou seja, o valor calórico, obtido pelo valor energético das proteínas, lipídeos e carboidratos, é mais elevado em *Ficus* sp. (69,83 kcal) em comparação à outras espécies, como: laranja, abacaxi, acerola, goiaba, graviola e kiwi que variam de 46 a 62 kcal. Isso indica que o valor nutritivo dos frutos de *Ficus* sp., ou seja, sua capacidade de fornecer energia ao organismo, é mais elevada que os demais frutos apresentados.

As características físico-químicas dos frutos de *Ficus* sp. (tabela 1), são semelhantes às dos frutos da espécie *Ficus carica* (TANWAR, ANDALLU e MODGIL, 2014) que possui pH 4.2, sólidos solúveis 6.8 °Brix e acidez titulável 0,19 g/100g de ácido cítrico. Em relação a frutos tropicais que são conhecidamente cítricos, como o limão, pH 3.03 e acidez titulável 2.7 g/100g de ácido cítrico (MARMITT, BETTI e OLIVEIRA, 2016), e acerola pH 3.9 e acidez titulável 0.94 g/100g de ácido cítrico (TEMÓTEO et al., 2012), a *Ficus* sp. apresenta características semelhantes a estes, indicando que este fruto possui um perfil em potencial, podendo ser considerado um fruto cítrico (TEMBO, HOLMES e MARSHALL, 2017).

A tabela 2 apresenta os valores de minerais presentes nos frutos inteiros da *Ficus* sp.

Tabela 2 - Composição mineral dos frutos inteiros da *Ficus* sp. em mg/100g de fruto e valores de ingestão dietética de referência (IDR) em mg/dia.

Minerais	Figo	IDR^a
Cálcio (Ca)	0,89 ± 0,01	1000 - 1300
Cobre (Cu)	0,07 ± 0,01	0,9
Ferro (Fe)	0,16 ± 0,02	8 - 18
Manganês (Mn)	0,23 ± 0,01	1,6 - 2,3
Magnésio (Mg)	48,88 ± 0,94	310 - 320
Potássio (K)	279,98 ± 0,17	2300 - 3400
Sódio (Na)	Traços	1200 - 1500
Zinco (Zn)	0,79 ± 0,01	8 - 11

^a NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al., 2019.

Os frutos são fundamentais para a dieta humana, não só pela presença dos macronutrientes, mas também por conter micronutrientes, sendo capazes de contribuir para atingir os valores de ingestão diária e auxiliar na redução de doenças causadas pela baixa ingestão nutricional (OGUNLAJA et al., 2020). Com base nos valores de ingestão dietética de referência (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al., 2019), 100 gramas de fruto de *Ficus* sp. são capazes de contribuir com 0,08% de cálcio, 7,78% de cobre, 1,23% de ferro, 11,8% de manganês, 15,52% de magnésio, 9,82% de potássio e 8,31% de zinco, equivalentes ao valor diário total desses minerais.

O valor mais expressivo é do mineral potássio e este dado agrega uma interessante característica a esse fruto pois a ingestão de alimentos ricos em potássio é importante para o tratamento de pessoas com hipertensão, visto que o efeito anti-hipertensivo do potássio é dado por conta da sua indução da perda de água e sódio pelo corpo, assim como da supressão da secreção de renina e angiotensina, estímulo da atividade da bomba de sódio-potássio, entre outros (UDENSI e TCHOUNWOU, 2017). Além disso, os valores de sódio foram encontrados na forma de traços, ou seja, são muito baixos para serem detectados e este fator favorece a potencial atividade hipotensiva associada a *Ficus* sp.

Em termos funcionais, o magnésio é fundamental para a saúde humana, sendo essencial sua ingestão a partir da alimentação. De acordo com a literatura (SCHWALFENBERG e GENUIS, 2017) o magnésio é o quarto mineral mais comum no corpo humano, requerido como cofator de mais de 300 reações enzimáticas e necessário para o funcionamento bioquímico de inúmeros processos metabólicos. Um dos processos vitais ao organismo é a participação do magnésio na síntese de ATP (adenosina trifosfato) a partir de ADP (adenosina difosfato) e fosfato inorgânico e por isso, este mineral fica armazenado na mitocôndria. Sendo assim, a

baixa disponibilidade de magnésio pode impedir os processos bioquímicos dependentes desse elemento (PIOVESAN et al., 2012).

Apesar do baixo teor de zinco, 100 g de figos são capazes de contribuir com cerca de 8,31% do valor de ingestão diária desse mineral para o organismo. Essa contribuição para o fornecimento de zinco é importante, visto que a deficiência de ingestão de zinco tem causado uma série de consequências clínicas, como atraso no crescimento de crianças, diarreia, maior susceptibilidade a pneumonia, distúrbios neurológicos e anormalidades no desenvolvimento fetal (HARA et al., 2017). Ainda, o zinco é fundamental para a divisão celular, síntese de DNA e proteínas, e atua como cofator de enzimas envolvidas no metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e álcoois (BARNETT et al., 2016).

As concentrações mais expressivas de magnésio e potássio nos figos, indicam a tendência dessa planta em acumular estes minerais nos tecidos vegetais que compõem seus frutos. Sendo assim, os fatores de bioacumulação realizados por essa espécie (capacidade de absorver nutrientes do solo) tendem a favorecer a captura destes dois metais (OGUNLAJA et al., 2020).

A comparação dos valores de minerais de *Ficus* sp. com outras espécies descritas na literatura (MALIK et al., 2004; DA SILVA SANTOS, DE ALMEIDA TEIXEIRA e BARBOSA JR, 2014), disponíveis na tabela 3, indicam que os teores de cobre, ferro, manganês e zinco são muito próximos entre as espécies. Em relação aos teores de cálcio, os frutos descritos na literatura (mínimo de 166,7 mg/100g da manga e máximo de 300 mg/100g da laranja) apresentaram teores maiores que o de *Ficus* sp. (0,89 mg/100g), por isso, este fruto não pode ser considerado uma fonte rica deste mineral. O teor de sódio de *Ficus* sp. é menor que no demais frutos comparados (mínimo de 7,7 mg/100g na goiaba e máximo de 15,7 mg/100g na manga) pois foi encontrado na forma de traço, valor abaixo do limite de quantificação

equipamento, podendo ser considerado livre deste mineral. Foi encontrado um elevado teor de potássio para *Ficus* sp. (279,98 mg/100g) em comparação às demais espécies (de 34 mg/100g na goiaba a 101,6 mg/100g na uva), evidenciando o potencial auxílio no distúrbio fisiológico de hipertensão que este fruto pode exercer sobre o organismo humano. Já os teores de magnésio obtidos em *Ficus* sp. (48,88 mg/100g) são inferiores aos encontrados na manga (135 mg/100g) e laranja (110 mg/100g), porém, são mais elevados do que os encontrados no açaí (29,6 mg/100g) e goiaba (38,3 mg/100g), ou seja, apresenta valores intermediários deste mineral em relação aos frutos comparados. Dessa forma, o valor de magnésio encontrado na *Ficus* sp. pode ser considerado importante por contribuir com o fornecimento desse mineral ao organismo.

Tabela 3 - Composição mineral de *Ficus* sp. e frutos de espécies comerciais em mg/100g.

Minerais	Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>) ¹	Figo <i>Ficus</i> sp.	Manga (<i>Mangifera indica</i>) ²	Goiaba (<i>Psidium guajava</i>) ²	Uva (<i>Cítrico paradisi</i>) ²	Laranja (<i>Cítrico sinensis</i>) ²
Cálcio (Ca)	245,2 ± 3,9	0,89 ± 0,01	166,7 ± 28	141,7 ± 14,4	250 ± 0,0	300 ± 0,0
Cobre (Cu)	0,25 ± 0,6	0,07 ± 0,01	0,4 ± 0,0	0,34 ± 0,0	0,42 ± 0,0	1,01 ± 0,0
Ferro (Fe)	9,3 ± 1,4	0,16 ± 0,02	11,73 ± 0,2	5,29 ± 0,06	41,9 ± 2,4	15,5 ± 0,4
Manganês (Mn)	0,16 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,21 ± 0,0	0,13 ± 0,0	0,19 ± 0,0	0,23 ± 0,0
Magnésio (Mg)	29,6 ± 0,1	48,88 ± 0,94	135 ± 0,0	38,3 ± 7,6	60 ± 17,3	110 ± 17,3
Potássio (K)	***	279,98 ± 0,17	42,2 ± 1,7	34 ± 0,0	101,6 ± 1	41,6 ± 1,4
Sódio (Na)	***	Traços	15,7 ± 0,57	7,7 ± 0,28	15,2 ± 2,0	13,8 ± 0,3
Zinco (Zn)	5,5 ± 1	0,79 ± 0,01	0,53 ± 0,0	0,73 ± 0,0	0,34 ± 0,0	0,34 ± 0,0

*** Corresponde a valor não disponível.

DA SILVA SANTOS, DE ALMEIDA TEIXEIRA e BARBOSA JR, 2014¹; MALIK et al., 2004².

A tabela 4 apresenta os teores de minerais presentes nos figos de *Ficus* sp. e em espécies amazônicas disponíveis na literatura (SERENO et al., 2018; BECKER et al., 2018). Com base nesses dados, é possível afirmar que os figos possuem maiores teores de zinco (0,79 mb/100g) que as demais espécies (0,07 a 0,64 mb/100g). Bem como, maiores teores de manganês (0,23 mg/100g contra 0,02 a 0,12 mg/100g), magnésio (48,88 mg/100g contra 2,18 a 36,3 mg/100g) e maior teor de potássio em relação ao cubiu (279,98 e 0,12 mg/100g respectivamente). Possui menor teor de sódio que as demais espécies comparadas, com exceção do cubiu que também

possui traços desse mineral. Em relação aos demais minerais, os teores obtidos para o figo são menores ou iguais em relação aos frutos comparados.

Tabela 4 - Composição mineral de *Ficus* sp. e frutos de espécies nativas da Amazônia em mg/100g.

Minerais	Figo <i>Ficus</i> sp.	Cubiu (<i>Solanum sessiliflorum</i>) ¹	Abiu (<i>Pouteria caimito</i>) ²	Bacuri (<i>Platonia insignis</i>) ²	Biribá (<i>Rhollinea orthopetala</i>) ²	Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>) ²
Cálcio (Ca)	0,89 ± 0,01	1,85 ± 0,32	9,49 ± 6,16	7,03 ± 4,95	34,4 ± 3,84	17,48 ± 8
Cobre (Cu)	0,07 ± 0,01	36,67 ± 0,01	0,2 ± 6,94	0,16 ± 9,6	0,09 ± 5,3	0,11 ± 5,6
Ferro (Fe)	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,06	0,29 ± 10,7	0,2 ± 8,14	0,22 ± 4,13	0,32 ± 5
Manganês (Mn)	0,23 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,08 ± 7,1	0,02 ± 6,8	0,11 ± 5,15	0,12 ± 5,6
Magnésio (Mg)	48,88 ± 0,94	2,18 ± 0,01	8,29 ± 8,2	7,01 ± 4,97	25,83 ± 8,7	36,3 ± 6,2
Potássio (K)	279,98 ± 0,17	0,12 ± 0,73	***	***	***	***
Sódio (Na)	Traços	Traços ³	44,35 ± 8,58	13,58 ± 5,22	1,12 ± 4,48	1,24 ± 1,5
Zinco (Zn)	0,79 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,27 ± 9,3	0,64 ± 8,9	0,18 ± 10,2	0,34 ± 7,3

*** Corresponde a valores não disponíveis

SERENO et al., 2018¹; BECKER et al., 2018²; SERNA-COCK, VARGAS-MUÑOZ, RENGIFO-GUERRERO, 2015³.

Portanto, os figos de *Ficus* sp., que também fazem parte da categoria de frutos amazônicos, possuem valores mais expressivos para determinados minerais que aqueles encontrados em espécies de frutos nativos da Amazônia já há muito estudados e consumidos.

5.3 Avaliação do tempo de estocagem dos frutos de *Ficus* sp.

5.3.1 Colorimetria dos frutos de *Ficus* sp.

Os parâmetros colorimétricos abordam as variações de luminosidade pelo valor de L^* , ou seja, quanto maior, mais claro e quanto mais próximo a 0, mais escuro. Já as variações de tonalidade, são dadas por a^* e b^* , sendo: a^* positivo caracterizado pela cor vermelha e negativo pela cor verde, já b^* positivo é dado pela cor amarela e negativo pela cor azul. Vale destacar que a coloração final de um fruto é obtida pela combinação dos três fatores citados.

Os frutos da *Ficus* sp. possuem o conteúdo externo (casca) do fruto mais claro que o conteúdo interno (polpa) (valor de L^* 38,79 ± 2,5^a e 32,21 ± 1,7^b respectivamente). Ainda, a casca apresenta tonalidades entre o amarelo e vermelho mais brandas, com valores de a^* 12,46

$\pm 0,5^a$ e $b^* 4,64 \pm 0,45^b$. Porém, ao verificar o conteúdo interno (polpa) do fruto, observa-se que este é mais escuro e apresenta tonalidade mais intensas entre o vermelho e o amarelo, com maiores valores de $a^* 12,79^a \pm 1,25$ e $b^* 8,55 \pm 0,75^b$. Os valores de cor encontrados entre as duas amostras foram estatisticamente diferentes, com nível de significância $p < 0,05$.

Em comparação com os parâmetros colorimétricos da *Ficus carica* obtidos da literatura (ERCISLI et al., 2012), foi observado que esta apresenta uma tonalidade mais escura, valor de $L^* 28,1$ (menor que a *Ficus* sp.), tendo proximidade no valor de cor vermelha ($a^* 9,47$) e uma maior intensidade na cor amarela ($b^* 10,11$). Ou seja, mesmo sendo frutos do mesmo gênero, são observadas diferenças em suas características físicas, que no caso da colorimetria, é um parâmetro de qualidade relacionado a intenção de consumo (SAAD, IBRAHIM e EL-BAILEE, 2016).

Durante o período de estocagem, foi observado um leve aumento de luminosidade entre os tratamentos *in natura*, 24h e 48h, indicando que ao atingir o segundo dia de estocagem, os frutos de *Ficus* sp. atingem uma coloração mais clara. Porém, entre os tratamentos de 48h, 72h e 96h ocorre a redução desse parâmetro, indicando o escurecimento geral dos frutos ao atingirem 96h de estocagem. Sendo assim, devido o valor de luminosidade do tratamento de 96h ser menor que o tratamento *in natura*, $L^* 37,88$ e $38,79$ respectivamente, a tendência é que ao decorrer do avanço dos dias de estocagem, os frutos se tornem cada vez mais escuros. Isso se deve pelo aumento das reações de oxidação, principalmente de compostos fenólicos de pigmentação, que por sua vez, reduz a atração de consumo desse fruto (HAMINIUK et al., 2012).

Um aspecto similar foi observado por Burana (2021), que ao avaliar a cor dos figos de *Ficus carica* evidenciou o decréscimo gradual, mais especificamente da luminosidade (L^*), ao decorrer dos dias de estocagem. É importante destacar que a coloração de frutos pode apresentar

mudanças ao longo da maturação, sendo resultado da degradação de clorofila, síntese ou revelação de pigmentos, como carotenoides e antocianinas (TUCKER, 1993).

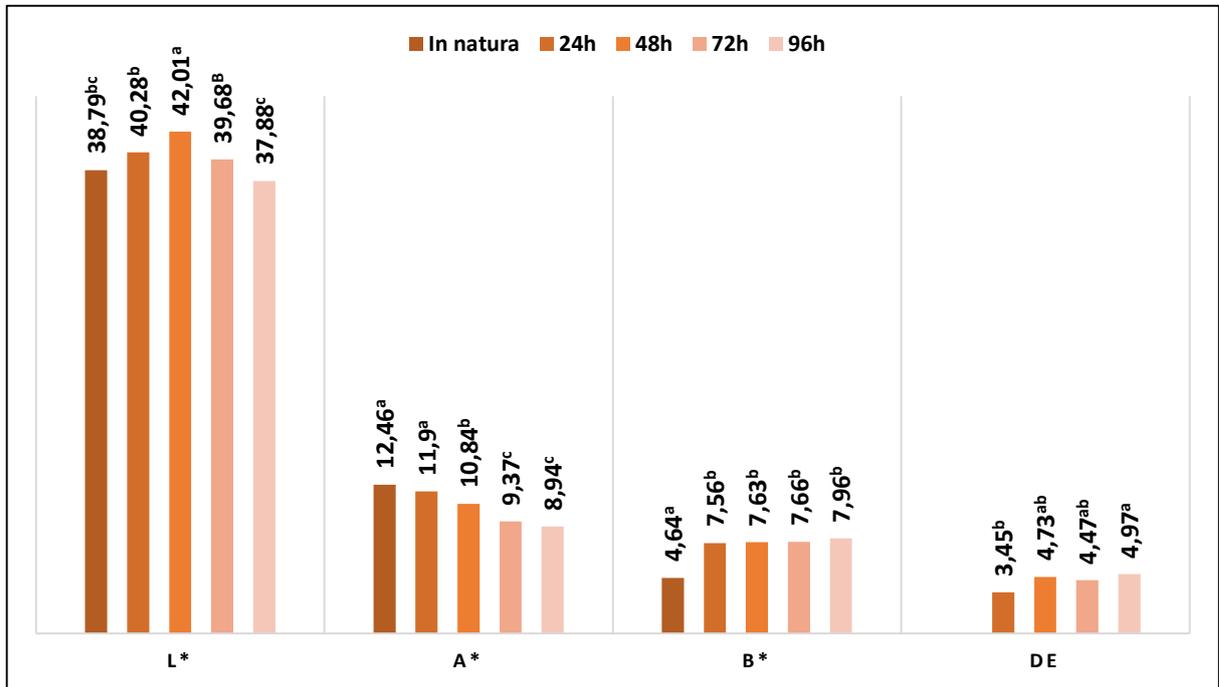


Figura 8 - Parâmetros colorimétricos dos frutos de *Ficus* sp. estocados em diferentes tempos.

Em relação aos demais parâmetros colorimétricos, foi observada redução do valor de a^* (valor de a^* positivo é característico da cor vermelha), ou seja, os figos reduziram a tonalidade vermelha ao longo do tempo de estocagem. Em contrapartida, houve um leve acréscimo na tonalidade amarela (valor positivo de b^*). E por fim, o tratamento que apresentou maior variação dos parâmetros colorimétricos em relação aos frutos in natura (indicado pela dE) foi o de 96h de estocagem, porém, a partir de 48h já ocorre uma grande variação desse parâmetro, indicando que a partir de dois dias de estocagem dos figos avaliados, a durabilidade destes já está alterada.

5.3.2 Parâmetros físico-químicos e centesimais dos figos de *Ficus* sp. durante estocagem

Os frutos de *Ficus* sp. apresentaram durabilidade de aproximadamente 4 dias (dentro do período preconizado na literatura – BURANA, 2021), pois apresentaram sinais de senescência,

dada pela perda das características organolépticas de textura, aroma e coloração, e consecutivo envelhecimento e murchamento.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos dos frutos de *Ficus* sp. em diferentes tempos de estocagem.

Amostras	pH	Aw	°Brix	Acidez Titulável	Massa (gramas)
<i>In natura</i>	4,17 ± 0,06 ^{ab}	0,795 ± 0,007 ^a	5,23 ± 0,25 ^{ab}	0,75 ± 0,03 ^{ab}	0,413 ± 0,0 ^a
24h	4,13 ± 0,09 ^{ab}	0,8 ± 0,0 ^a	4,1 ± 0,17 ^b	0,49 ± 0,02 ^b	0,389 ± 0,0 ^{ab}
48h	4,20 ± 0,02 ^a	0,8 ± 0,0 ^a	4,6 ± 0,43 ^{ab}	0,75 ± 0,04 ^{ab}	0,394 ± 0,0 ^a
72h	4,11 ± 0,01 ^{ab}	0,8 ± 0,0 ^a	5 ± 1,3 ^{ab}	0,90 ± 0,13 ^a	0,307 ± 0,0 ^{ab}
96h	4,07 ± 0,04 ^b	0,8 ± 0,0 ^a	7,73 ± 1,86 ^a	1,12 ± 0,30 ^a	0,270 ± 0,0 ^b

Letras sobreescritas indicam diferenças estatísticas mediante a teste de Tukey a 5 de significância para valores na mesma coluna.

Durante o período de estocagem realizado, foram observadas mudanças no perfil físico-químico dos tratamentos (tabela 5). Houve um acréscimo do valor de sólidos solúveis entre o período inicial (*in natura*) e o final (96h de estocagem), indicando o aumento de açúcares e outros solutos diluídos na polpa do fruto. Essa modificação é importante para a característica organoléptica do fruto, pois está correlacionada a sua qualidade sensorial (LEÃO, PEIXOTO e VIEIRA, 2006).

Também foi observado a redução do valor de pH e o aumento do valor de acidez titulável durante a estocagem, que evidenciam que os figos se tornaram mais ácidos em função do tempo. O acúmulo de ácidos orgânicos em frutos está relacionado à fermentação, aumentando o sabor ácido ou azedo do fruto (CARNEIRO et al., 2015). A modificação desse parâmetro de qualidade alimentar, pode ocasionar um sabor menos atrativo para os consumidores. Além disso, o aumento no valor de sólidos solúveis pode estar correlacionado com o aumento do teor de ácidos presentes nos frutos.

A atividade de água, parâmetro referente a água livre ou não ligada, que está relacionada ao crescimento de microrganismos no meio, manteve-se estável durante o período de estocagem, mostrando que a suscetibilidade de crescimento microbiana é a mesma neste intervalo de tempo avaliado (TROLLER, 1980).

Uma das características do envelhecimento de frutos é a perda de massa. Este é um sintoma inicial de perda de água, podendo estar relacionada, principalmente, a perda de umidade da fruta, dada pela transpiração e respiração, sendo um dos principais fatores limitantes da vida útil após a colheita de frutos (SILVA et al., 2009). A taxa de redução de massa dos tratamentos em função do grupo controle (fruto in natura) foram respectivamente: 24 horas 5,9%, 48 horas 4,7%, 72 horas 25,7% e 96 horas 34,5%. Ou seja, os dois últimos tratamentos foram os que mais apresentaram perda de massa do fruto.

De acordo com a literatura (CHITARRA e CHITARRA, 2005), a perda de massa em frutos durante a estocagem varia em média de 5 a 10%, e acima disso, os frutos tendem a perder a sua durabilidade e características organolépticas. Dentro desse critério, a partir das 72h de estocagem os figos já sofreram uma modificação muito grande, caracterizando-os com durabilidade de dois dias. A mesma tendência de redução de massa foi observada por Burana (2021) ao avaliar o tempo de estocagem de frutos frescos de *Ficus carica*, que verificou o aumento da perda de peso dos gradualmente dos frutos em função do tempo.

Tabela 6 - Composição centesimal de *Ficus* sp. em diferentes tempos de estocagem.

Macronutrientes (g/100g)	In natura	24h	48h	72h	96h
Umidade	82,15 ± 0,41 ^a	77,3 ± 0,0 ^b	74,57 ± 0,2 ^b	61,05 ± 0,3 ^c	53,8 ± 0,1 ^d
Cinzas	0,93 ± 0,0 ^a	0,76 ± 0,0 ^c	0,74 ± 0,01 ^c	0,84 ± 0,01 ^b	0,82 ± 0,0 ^b
Lipídeos	0,45 ± 0,01 ^a	0,37 ± 0,2 ^b	0,35 ± 0,0 ^b	0,34 ± 0,01 ^b	0,3 ± 0,0 ^c
Proteínas	1,93 ± 0,06 ^a	1,91 ± 0,01 ^a	1,88 ± 0,02 ^a	1,77 ± 0,02 ^b	1,64 ± 0,03 ^c
Carboidratos	14,54 ± 0,61 ^a	19,66 ± 1,2 ^b	22,46 ± 0,5 ^b	36 ± 2,7 ^c	43,43 ± 3,5 ^d

Valor calórico (kcal)	69,83	89,61	100,51	154,14	182,98
--------------------------	-------	-------	--------	--------	--------

Letras sobrescritas indicam diferenças estatísticas mediante a teste de Tukey a 5 de significância para valores na mesma linha.

As modificações físico-químicas e fisiológicas dos figos, interferem diretamente nas suas características nutricionais (tabela 6). É possível observar que no decorrer dos dias de estocagem houve uma considerável variação de umidade nos frutos, apresentando uma redução de 28,35% entre o tratamento inicial e o final. À medida que a umidade reduz, os valores de carboidratos aumentam, resultando também no aumento gradual do valor calórico dos frutos. De forma generalizada, os valores de cinzas, lipídeos e proteínas apresentaram redução ao longo do tempo.

Estes dados confirmam que a partir de 72h de estocagem ocorrem as maiores modificações nos parâmetros de qualidade e nutricionais dos figos de *Ficus* sp. Devido a elevada perda de umidade e maior concentração de carboidratos, que por sua vez, aumenta os valores de sólidos solúveis (5,23°Brix no tratamento in natura contra 7,73°Brix no tratamento de 96h), evidenciando assim a senescência destes frutos.

As variáveis apresentadas para avaliar a durabilidade dos figos devem ser interpretadas de forma conjunta, para determinar o tempo de perecibilidade desses frutos. De acordo com a literatura (JANJARASSKUL e SUPPAKUL, 2018) a deterioração de alimentos é complexa e única, depende de diversos fatores, podendo ser intrínsecos (pH, atividade de água, quantidade de nutrientes, potencial oxidação-redução, compostos antimicrobianos, taxa de respiração, estrutura biológica, tipo e carga microbiológica) ou extrínsecos (temperatura de estocagem, umidade relativa, composição gasosa-*headspace*).

A deterioração de alimentos, como observado nos figos, tem impacto direto na intenção de consumo e satisfação do consumidor. Além dos fatores citados no parágrafo anterior, a

aparência dos frutos (tamanho, formato e cor), bem como as características sensoriais (sabor e textura) são modificados durante o processo de deterioração, reduzindo a qualidade do sensorial dos frutos e aceitação pelos consumidores (QI et al., 2020). Por isso, com base nos dados apresentados, os figos de *Ficus* sp. apresentaram modificações suficientes para a perda das suas características de qualidade, pela variação dos valores de cor, pH, acidez, sólidos solúveis, nutrientes e massa. Além disso, foram observadas maiores variações de tamanho (frutos menores) e rigidez (casca enrugada) dos figos nos tratamentos de 72 e 96 horas, consequência da redução da massa e umidade dos frutos, que também foram maiores para esses tratamentos.

A perda de massa e redução de umidade dos figos está totalmente ligada aos processos fisiológicos de transpiração e respiração dos frutos (BOVI et al., 2018). Estes promovem a depleção de água e substratos respiratórios, ocasionando a perda da massa através da umidade, difusão de dióxido de carbono (CO₂) e dissipação de energia térmica para a atmosfera. A transpiração envolve a difusão de valor d'água intracelular para a superfície do fruto e a sua evaporação para o meio extracelular. Esse mecanismo é influenciado por fatores morfológicos, relacionados a superfície de contato, e ambientais como temperatura, umidade relativa e fluxo de ar (LUFU, AMBAW e OPARA, 2019).

Vale destacar que, apesar de mantidos a mesma temperatura, os tratamentos dos figos apresentaram variações de massa e umidade decorrente do tempo de exposição ao ambiente, fator que influenciou na transpiração e respiração dos frutos. Porém, para mensurar as taxas de transpiração e respiração ocorridas, é necessário quantificar valores de pressão de vapor d'água e saturação de CO₂ (XANTHOPOULOS et al., 2017).

Com base nos dados obtidos, os frutos de *Ficus* sp. se mantiveram viáveis até 48 horas de estocagem, pois a partir de 72 horas ocorreram variações com diferenças significativas ($p < 0,05$) para a maioria das variáveis. Como não há uma taxa de variação definida para os

parâmetros de qualidade de alimentos, é considerada a perda das suas características o momento no qual o fruto apresentou modificações significativas em seus valores.

Contudo, para prolongar a vida de prateleira dos figos, ou seja, reduzir as modificações pós-colheita apresentadas, diferentes estratégias podem ser adotadas, como: acondicionamento em baixas temperaturas; controle de atmosfera de estocagem (também conhecida como atmosfera modificada); utilização de sulfeto de hidrogênio (H₂S); emulsões de revestimento e uso de iluminação LED (WANG et al., 2019a; WEBER et al., 2020; LI et al., 2016; JUNG, DENG e ZHAO, 2020; BALLESTER e LAFUENTE, 2017).

Adicionalmente, uma estratégia muito promissora e eficiente no controle de deterioração de frutos e legumes é a utilização de polímeros biossintéticos como filmes de revestimento, os quais são biodegradáveis. A combinação dos biopolímeros com antocianinas é capaz de promover o chamado revestimento inteligente, que consiste em proteger o alimento ao mesmo tempo que permite o monitoramento de características como detecção de O₂ e CO₂, indicadores de pH, sensores de umidade e temperatura, e bactérias patogênicas (MOHAN e RAVISHANKAR, 2019; YONG e LIU, 2020). Além disso, as antocianinas são capazes de exercer atividade antioxidantes e antimicrobiana, características excelentes para prolongar a durabilidade dos frutos, e ainda, são indicadores naturais de variações do meio, devido a sua característica química de alterar sua coloração em função do pH (WANG et al., 2019b; JIANG et al., 2020).

5.4 Atividade antioxidante (DPPH) e compostos fenólicos totais

Os resultados referentes a atividade antioxidante e fenólicos totais estão dispostos na tabela 7. Os compostos fenólicos são metabolitos secundários encontrado em plantas, atuando principalmente como protetores UV. Esses compostos conferem pigmentação principalmente

para os frutos, e por isso, estes tendem a apresentar altas concentrações (CSEPREGI e HIDEG, 2018).

Tabela 7 - Atividade antioxidante e fenólicos totais dos extratos dos figos de *Ficus* sp. a 1 mg/mL.

Extratos	Capacidade Antioxidante - DPPH (equivalente a TROLOX mg/g)	Fenólicos Totais (Equivalente a ácido gálico (mg/g))
Aquoso	75,59 ± 6,26 ^a	31,77 ± 1,2 ^a
MeOH	123 ± 5 ^b	33 ± 1,28 ^a
MeOH-H ₂ O	165 ± 7,05 ^d	44,5 ± 0,625 ^c
EtOH-H ₂ O	143,16 ± 10,67 ^c	38,85 ± 0,3 ^b

Letras sobrescritas indicam diferenças estatísticas mediante a teste de Tukey a 5 de significância para valores na mesma coluna.

Sendo assim, a combinação do metanol com água foi mais eficiente para extrair os compostos fenólicos (44,5 mg/g) dos frutos da *Ficus* sp., seguido pelo extrato etanol com água (38,85 mg/g). Isto indica que a combinação de solventes de fato contribui para maior extração de compostos fenólicos.

Em relação a atividade antioxidante, os dois extratos hidroalcoólicos foram mais eficientes em reduzir o DPPH, que é um radical livre reduzido na presença de compostos doadores de elétrons, e expressar os maiores valores de equivalente grama a TROLOX. O extrato MeOH-H₂O (165 ± 7,05 mg/g) apresentou maior atividade antioxidante que o extrato EtOH-H₂O (143,16 ± 10,67 mg/g). Portanto, o extrato MeOH-H₂O apresentou melhores valores de atividade antioxidante e fenólicos totais que os demais extratos, e por isso, foi selecionado para a comparação e discussão com dados de outras espécies de frutos.

Avaliando-se as espécies do gênero *Ficus* descritas na literatura, foi observado que o extrato hidro-metanólico dos frutos da *Ficus* sp. apresentou maior atividade antioxidante equivalente a TROLOX (165 mg/g) do que o extrato hidro-metanólico (HCl:metanol:água, 2:80:18), obtido pela mistura de 50 mL de solvente com 10 gramas do fruto, da espécie *Ficus carica*, que apresentou 116 mg/g de atividade antioxidante equivalente a TROLOX (ERCISLI et al., 2012). Isso demonstra a potencial atividade antioxidante do figo, frente a uma espécie já muito estudada e difundida do gênero *Ficus*.

Ao comparar os compostos fenólicos com demais espécies do gênero *Ficus*, observou-se que a *Ficus* sp. (44,5 mg/g EGA) apresenta menor valor do que a *Ficus carica* (64 mg/g EGA) (ERCISLI et al., 2012). Porém, possui maior atividade que espécies como: *Ficus talboti* (24 mg/g EGA) (ARUNACHALAM e PARIMELAZHAGAN, 2014) e *Ficus obtusifolia* (3,12 mg/g EGA) (PERES et al., 2013). De acordo com a literatura, a espécie de gênero *Ficus* com maior concentração de compostos fenólicos é a *Ficus racemosa* que possui 244,09 mg/g EGA em seu extrato metanólico (NIZAM e MUSHFIQ, 2012). Isso quer dizer que os frutos da *Ficus* sp. possuem valor intermediário de fenólicos totais em comparação a espécies do mesmo gênero.

Tratando-se de fenólicos totais de espécies amazônicas em comparação à *Ficus* sp., presentes na tabela 8, é possível observar que os figos apresentaram teor mais elevado de fenólicos totais (44,5 mg/g) do que o jenipapo, que possui 28 mg/g (TAUCHEN et al., 2016), que o camu-camu, que possui 11,76 mg/g, e acerola, que possui 10,63 mg/g (RUFINO et al., 2010), indicando seu relevante conteúdo de compostos bioativos em relação a espécies já muito estudadas e consumidas. Entretanto, seu valor foi menor que os frutos de: araçá-boi, contendo 184,08 mg/g (NERI-NUMA et al., 2013), pitomba, contendo 105,84 mg/g (NERI-NUMA et al., 2014) e manga, contendo 68,13 mg/g (DE LOURDES GARCÍA-MAGAÑA et al., 2013). Dessa forma, os figos de *Ficus* sp. não podem ser considerados um fruto pobre em compostos

fenólicos, nem com teores tão elevados, encontrando-se numa faixa intermediária em relação aos frutos comparados.

Tabela 8 - Valores de fenólicos totais de frutos de diversas espécies vegetais.

Frutos	Nome científico	FT (equivalente a ácido gálico (mg/g))
Araçá-boi ¹	<i>Eugenia stipitata</i>	184,08
Pitomba ²	<i>Talisia esculenta</i>	105,84
Manga ³	<i>Mangifera indica</i>	68,13
Figo	<i>Ficus sp.</i>	44,5
Jenipapo ⁴	<i>Genipa americana</i>	28
Camu-camu ⁵	<i>Myrciaria dúbia</i>	11,76
Acerola ⁵	<i>Malpighiae marginata</i>	10,63

De Araújo et al., 2019¹; Neri-Numa et al., 2014²; De Lourdes Garcia-Magana et al., 2013³; Tauchen et al., 2016⁴; Rufino et al., 2010⁵.

Com base nos dados de atividade antioxidante de diversos frutos tropicais disponíveis na literatura (CAN-CAUICH et al., 2017) (tabela 9) expressados na concentração em mM/g referente à capacidade antioxidante equivalente a TROLOX, foi feita a comparação com o resultado da *Ficus sp.* Apesar de não ter apresentado elevada atividade antioxidante, nem ser capaz de inibir 50% do radical DPPH em micro diluições, os figos de *Ficus sp.* ($0,66 \pm 0,03$ mM/g) demonstram valores mais altos que outros frutos tropicais como a fruta-do-conde (*Annona reticulata*), sapota (*Manilkara zapota*) e pitaia (*Hylocereus undatus*) que variam entre 0,16 a 0,60 mM/g. Já o abio (*Chrysophyllum cainito*), sapote da velha (*Annona diversifolia*) e lúcumã (*Lucuma hypoglauca*) apresentaram 16,88 mM/g, 4,63 mM/g e 3,54 mM/g respectivamente, valores maiores do que o encontrado para o figo.

Tabela 9 - Comparação entre a atividade antioxidante do extrato hidrometanólico da *Ficus sp.* e outros frutos tropicais.

Amostras	Nome científico	Capacidade Antioxidante (equivalente a TROLOX mM/g)
-----------------	------------------------	--

Sapote da velha	<i>Annona diversifolia</i>	4,63 ± 0,66
Fruta-do-conde	<i>Annona reticulata</i>	0,33 ± 0,02
Figo	<i>Ficus sp.</i>	0,66 ± 0,03
Sapota	<i>Manilkara sapota</i>	0,6 ± 0,07
Pitaia	<i>Hylocereus undatus</i>	0,16 ± 0,04
Abio	<i>Chrysophyllum cainito</i>	16,88 ± 0,87
Lima-espanhola	<i>Melicoccus bijugatus</i>	0,69 ± 0,02
Lúcuma	<i>Lucuma hypoglauca</i>	3,54 ± 0,09
Sapota preta	<i>Diospyros digyna</i>	2,74 ± 1,5

Valores obtidos do trabalho de Can-Cauich e colaboradores (2017).

Isso indica que os figos de *Ficus sp.* são frutos com potencial atividade antioxidante, por terem apresentado valores próximos, ou maiores, que outras espécies tropicais de destaque no mercado.

5.5 Análise cromatográfica de ácidos orgânicos por CLAE/DAD/UV

Os ácidos orgânicos são encontrados em diversas frutos e vegetais, nas quais exercem bastante influência em suas características organolépticas, principalmente no sabor, cor e aroma (FLORES, HELLÍN e FENOLL, 2012). Podem ser encontrados em diferentes concentrações, pois fatores como o tipo de solo e circunstâncias de estresse ao qual as espécies são submetidas afetam as rotas biossintéticas que resultam nas suas produções e de demais compostos orgânicos (JONES, 1998; SCHERER, RYBKA e GODOY, 2008). Os ácidos orgânicos exercem diversos papéis fundamentais para as plantas e frutos, podem estar relacionados a processos metabólicos, atuando como componentes de parede celular, ou como intermediários em vias metabólicas,

como precursores de aminoácidos, hormônios vegetais, ácidos graxos, diversos metabólitos secundários (WALKER e FAMIANI, 2018).

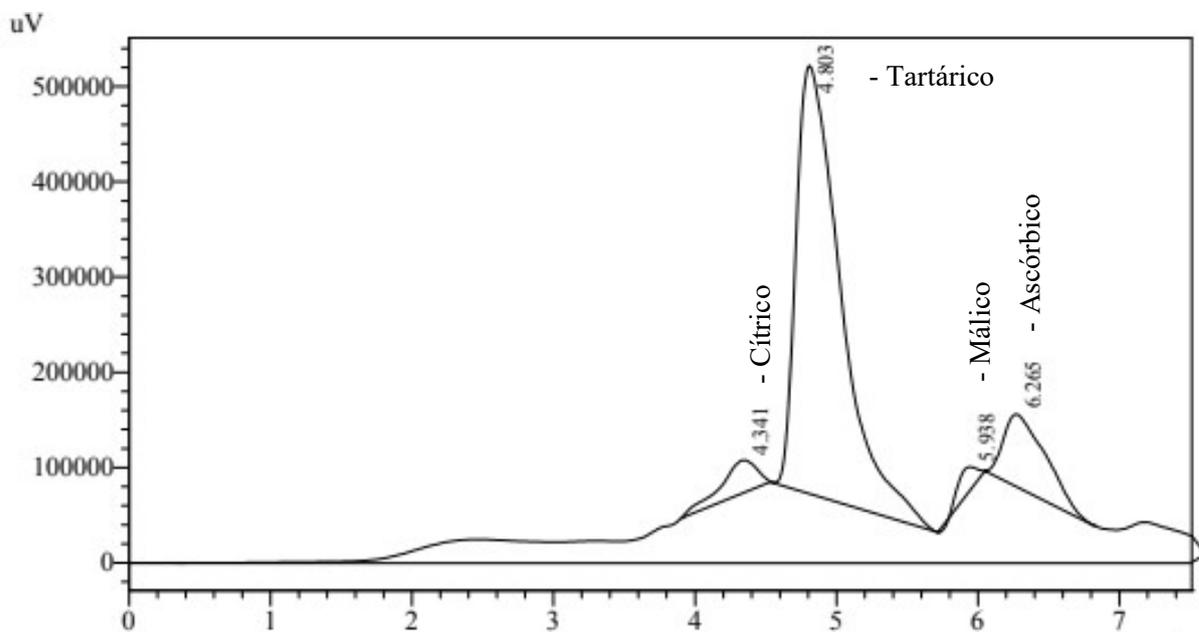


Figura 9 - Cromatograma de ácidos orgânicos quantificados nos figos de *Ficus* sp. por CLAE.

Análise de compostos orgânicos polares realizada através de metodologia visando a determinação simultânea de ácidos orgânicos (SCHERER et al., 2012) nos frutos de *Ficus* sp. resultou nos dados da tabela 10.

Tabela 10 - Teor de ácidos orgânicos nos frutos in natura de *Ficus* sp.

Ácidos	Concentração mg/100g de fruto
Cítrico	3,57 ± 0,0
Ascórbico	66,32 ± 1,12
Mállico	69,52 ± 3,38
Tartárico	1106,89 ± 16,35

Entre os quatro ácidos avaliados, que são os principais encontrados em frutos, o mais abundante foi o ácido tartárico (1106,89 ± 16,35 mg/100g), seguido pela málico (69,52 ± 3,38 mg/100g), ascórbico (66,32 ± 1,12 mg/100g) e cítrico (3,57 ± 0,0 mg/100g). Estes ácidos são

importantes componentes na elaboração de produtos oriundos de frutos, pois a sua presença afeta a característica do alimento ou bebida, tornando mais palatável ou ácido, sendo muito utilizados para isso o ácido cítrico e tartárico. Além disso, o ácido cítrico é o acidulante mais utilizado em bebidas de frutos, pois é capaz de aumentar a sua vida de prateleira por reduzir o crescimento microbiano na bebida (KADER, 2008; MUÑOZ-VILLA et al., 2014).

Apesar do baixo teor de ácido cítrico encontrado nos frutos de *Ficus* sp., o valor de ácido tartárico é bem expressivo, evidenciando a capacidade que este fruto apresenta em ser utilizado na elaboração de produtos alimentícios, como bebidas. De acordo com a literatura (CABALLERO, FINGLAS e TOLDRÁ, 2015), este ácido contribui com um forte sabor azedo que realça os sabores em alimentos, como bebidas oriundas de uva e limão, sendo um dos principais ácidos encontrados no vinho. Em geral, o ácido tartárico é usado com outros ácidos, como o cítrico e o málico, para compor o sabor azedo em produtos alimentícios.

Ao comparar o teor de ácidos orgânicos do figo com demais frutos descritos na literatura (MUÑOZ-ROBREDO et al., 2011; SCHERER et al., 2012; SCHULZ et al., 2020), como a quantidade de ácido tartárico em: juçara (*Euterpe edulis*), limão-cravo (*Cítrico limonia*), limão-siciliano (*Cítrico limon*), maçã (*Malus domestica*) e uva (*Vitis vinifera*) que variaram entre 0,13 a 7,2 g/100g, fica evidente que a concentração de ácido tartárico encontrado no figo (1106,89 g/100g) foi alta.

Os valores dos demais ácidos presentes no figo, foram muito próximos aos valores encontrados em outras espécies, com a exceção de casos como ácido cítrico no limão-cravo (5192 ± 115 mg/100g) e limão-siciliano (6407 ± 201 mg/100g), ácido ascórbico no camu-camu ($1471,48 \pm 0,11$ mg/100g) e acerola ($1104,67 \pm 0,31$ mg/100g), e ácido málico na acerola ($344,54 \pm 55,3$ mg/100g) e limão-cravo (965 ± 12 mg/100g) que são muito mais elevados do

que os valores encontrados no figo de *Ficus* sp. (SCHERER, RYBKA e GODOY, 2008, SCHERER et al., 2012; FERNÁNDEZ et al., 2019).

A presença de ácido málico e cítrico nos figos são interessantes, pois ambos são considerados os mais abundantes em frutos maduros. Em particular, o ácido málico pode passar por diferentes condições de acumulação ou degradação, podem servir como substrato durante a queima respiratória em alguns frutos, ou acúmulo contínuo em outras, durante o amadurecimento. Ao passo que, durante o amadurecimento, espécies de laranja e limão apresentam uma redução dos valores de acidez titulável, devido ao catabolismo de ácido cítrico (CHERIAN, FIGUEROA e NAIR, 2014; SILVA et al., 2017; MONSELISE, 2018).

Durante o desenvolvimento de frutos, as quantidades de açúcares e ácidos orgânicos se comportam de forma inversamente proporcional, devido as modificações metabólicas, principalmente durante o período pós-colheita (BATISTA-SILVA, et al., 2018). Sendo assim, investigações dos teores de ácidos orgânicos durante a estocagem dos figos são importantes para compreender o comportamento dessas substâncias. Foi exibido anteriormente o aumento da acidez titulável, redução do pH, bem como, aumento no teor de carboidratos dos frutos em tempos de estocagem avançado (72 e 96 horas), indicando não só modificações referentes a qualidade alimentar desses frutos, mas também, no perfil de ácidos orgânicos.

Portanto, os figos apresentaram um interessante perfil de ácidos orgânicos, sendo um fruto naturalmente ácido, com potencial utilização na produção de bebidas, por já possuir considerável concentração de acidulante, como o ácido tartárico.

5.6 Análise de compostos voláteis por Headspace-SPME/CG-EM

A análise cromatográfica dos voláteis extraídos dos frutos de *Ficus* sp. com fibra PMDS (tabela 11) permitiu a identificação de 42 compostos no grupo controle (frutos *in natura*), 37 compostos no grupo estocado por 24 horas, 33 compostos no grupo estocado por 48 horas, 33

compostos no grupo estocado por 72 horas e 33 compostos no grupo estocado por 96 horas, divididos em 5 classes químicas, sendo álcoois, aldeídos, alcanos, ésteres e terpenos. Portanto, o grau de maturação afetou a quantidade de compostos voláteis presentes no fruto de *Ficus* sp., pois o envelhecimento de frutos é oriundo da degradação da matéria orgânica de seu conteúdo, que afeta a concentração de substâncias como os COV (LOGROÑO et al., 2015).

A classe de terpenos foi a mais abundante nos figos em todos os tratamentos. Os compostos voláteis encontrados em maior quantidade, foram: α -Copaeno (3481,57 a 1424,55 *ppb*), Trans-Cariofileno (4255,61 a 2107,6 *ppb*), α -Bergamoteno (2435,31 a 1243,95 *ppb*), Germacreno D (4632,79 a 2398,1 *ppb*), Germacreno B (2049,13 a 849,35 *ppb*) e δ -Cadineno (1621,03 a 940,36 *ppb*). Além dessas substâncias, são encontradas outras com menores concentrações, mas com relevantes propriedades descritas na literatura.

Em geral, os terpenóides são descritos como produtos naturais ou alcenos naturais, cuja estrutura pode se dividir em unidades de isoprenos (C_5H_8), podendo ser classificados como monoterpenos ($C_{10}H_{16}$), compostos de duas unidades de isoprenos, e sesquiterpenos ($C_{15}H_{24}$), que possuem três unidades de isoprenos. Esses compostos apresentam alta volatilidade, característica que apresenta grande papel para os aromas dos produtos naturais, principalmente de frutos cítricos, ervas aromáticas, especiarias e condimentos (MCMURRY, 2012; FARKAS e MOHÁCSI-FARKAS, 2014). O fato de a classe dos terpenos ter sido a mais abundante no headspace, sugere que as rotas metabólicas do ácido mevalônico, ácido pirúvico e 3-fosfoglicerato, necessária para a biossíntese dos terpenos, são as vias mais ativas nos figos em relação às outras vias metabólicas de síntese de compostos orgânicos voláteis (FREITAS et al., 2020).

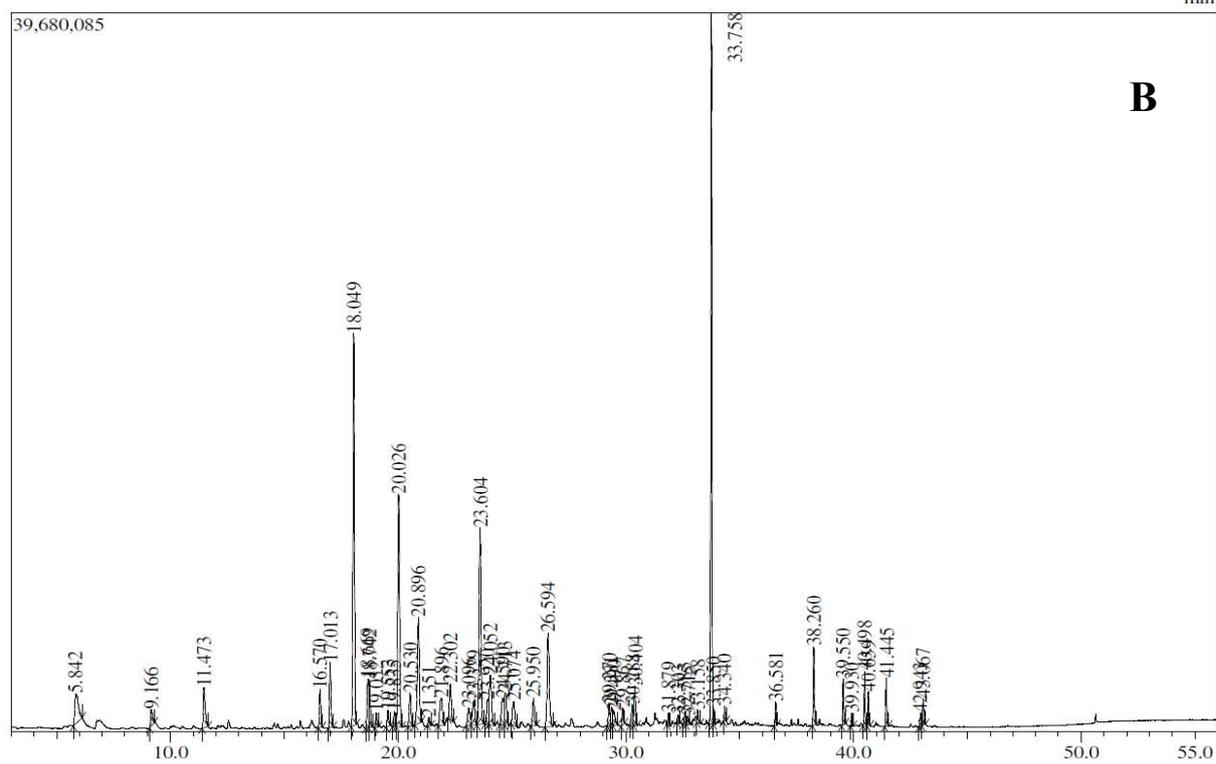
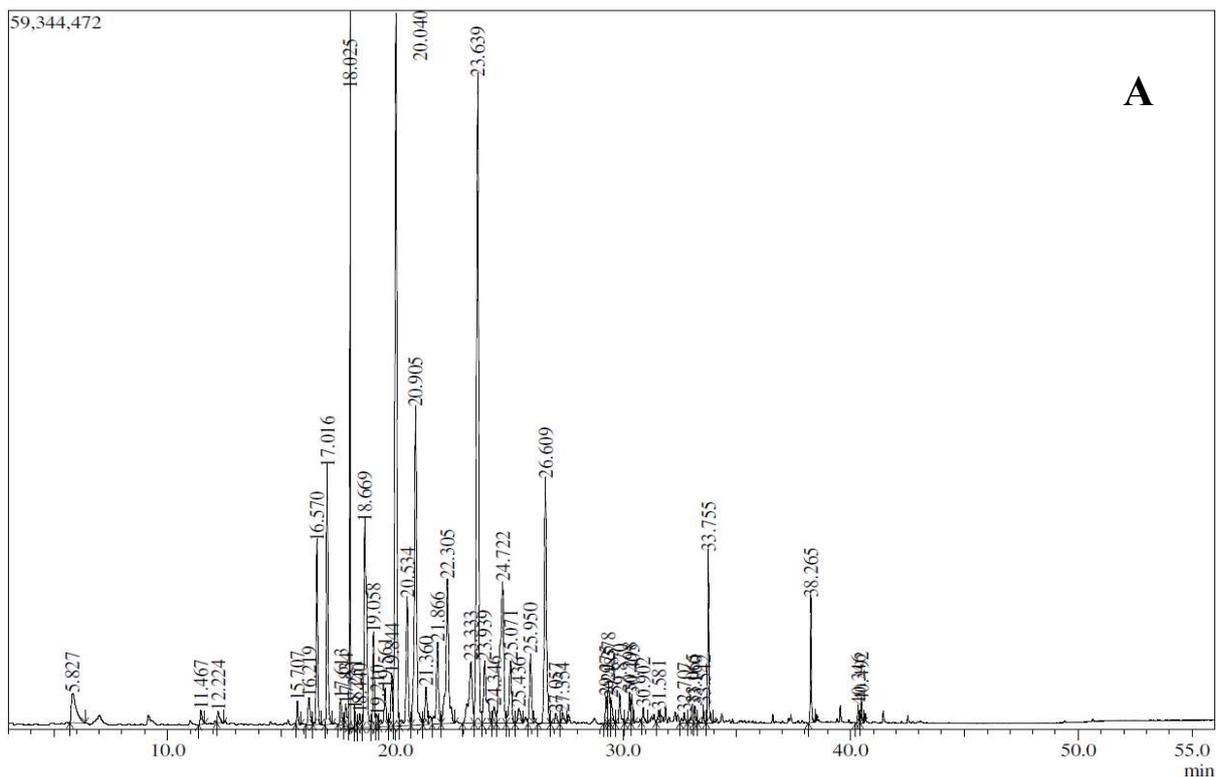


Figura 10 - Cromatogramas dos figos da *Ficus* sp. nos tratamentos in natura (A) e 96 horas de estocagem (B).

Tabela 11 - Compostos orgânicos voláteis presentes nos frutos inteiros de *Ficus* sp. extraídos com fibra de PDMS (Padrão interno: 3-octanol 10 mg/L), valores expressos em ppb.

Substâncias	Tratamentos				
	Controle	24h	48h	72h	96h
Álcoois					
1-Tetradecanol		61,65	72,56 ± 20,96		47,8
1-Dodecanol		306,76	597,23 ± 203,92	391,83	
2-Dodeciloxtanol			166,72 ± 96,64		51,48 ± 10,27
Aldeídos					
Decanal				30,59	
Ésteres					
Salicilato de etila	20,55	79,74 ± 18,99			
Salicilato de metila	480,7 ± 308,05	94,63 ± 42,95	99 ± 24,77		
Octanoato de metila		81,99			
Palmitato de metila	185,8 ± 41,24	68,98	79,77 ± 29,97	45,01 ± 3,55	122,44 ± 14,36

Alcanos

Hexadecano	109,27	73,74 ± 11,54		58,32 ± 13	
Undecano	76,36	70,09		61,25 ± 26,72	
Tetradecano	39,39 ± 14,94	246,56 ± 90,46	267,81 ± 86,64	218,07 ± 69,01	56,21 ± 4,58
Docosane	22,24				68,83
Eicosano			121,5 ± 3,91	60,64	113,61 ± 34,69
Nonadecano					34,87

Terpenos

p-Cimeno	33,92				
Eucaliptol	169,65				
β-Sesquifelandreno	231,01				
γ-Gurjuneno	91,76				
γ-Elemeno	186,06				
β-Farneseno	131,96 ± 124,14	140,17 ± 50,79			
Aromadendreno	477,34 ± 50,67		366,85		

Longifoleno		96,01	150,46 ± 0,46		
Viridifloreño	40,43 ± 28,65	71,95		62,21	
1,4-Cadinadieno	75,74 ± 13,54	55,07		54,59 ± 17,62	
α-Amorfeno	213,79 ± 159,38	162,76 ± 40,75	216	269,13 ± 138,27	
β-Selineno	68,28	450,98	267,79	503,7 ± 84,96	
Bicicloelemeno	811 ± 641,03	484,53 ± 113,59	652,73 ± 314,35	561,71 ± 234,92	341,79 ± 289,79
α-Cubebeno	772,22 ± 514,09	690,05 ± 129,93	843,48 ± 337,93	964,3 ± 444,4	654,2 ± 478,02
Ciclosativeno	69,16 ± 66,53	88,73 ± 13,68	100,54 ± 45,66	142,76 ± 95,74	90,21 ± 52,45
α-Copaeno	1424,55 ± 1044,02	2540,22 ± 1292,5	3481,57 ± 2461,4	3255,5 ± 1200,5	2240,8 ± 651,4
Epi-biciclosesquifelandreno	1000,16 ± 744,87	466,2 ± 344,5	879,05 ± 409,39	589,82 ± 284,54	149,59 ± 90,97
β-Elemeno	736,94 ± 310,75	290,72 ± 196,22	392,84 ± 322,01	109,09	168,11 ± 85,24
α-Gurjuneno	123,69 ± 66,35	181,49 ± 61,52	145,38 ± 87,05	277,1 ± 243,63	162,1 ± 23,46
Trans-Cariofileno	4255,61 ± 617,33	2353,3 ± 588,7	3049,7 ± 1249,4	3003,1 ± 1211,8	2107,6 ± 1263
β-Cubebeno	849,09 ± 126,2	885,4 ± 803,83	601,36 ± 224,02	1637,3 ± 1424,7	1044,86 ± 993,51
α-Bergamoteno	2435,31 ± 430,44	1452,41 ± 293,15	1868,09 ± 853,01	1918,1 ± 1078,2	1243,95 ± 655,62

Nealloocimeno	460,94 ± 437,07	572,34 ± 287,36	594,17 ± 184,72	835,74 ± 458,22	770,78 ± 543,29
Germacreno D	4632,79 ± 3591,26	2964,68 ± 397,1	4438,9 ± 2140,3	4468,6 ± 2154,7	2398,1 ± 1784
Biciclogermacreno	168,13	476,97	345,98	791,44 ± 438,49	277,72
α-Muuroleno	296,15 ± 295,49	340,65 ± 110,69	427,89 ± 133,48	525,25 ± 233,98	324,45 ± 203,25
γ-Muuroleno	616,37	486,81	441,34 ± 181,46	493,9 ± 157,15	512,32 ± 418,5
δ-Guiaieno	120,63 ± 0,41	80,78 ± 39,26	118,2 ± 12,94	102,22 ± 51,04	72,64
δ-Cadineno	1621,03 ± 530,64	987,93 ± 234,51	1275,38 ± 393,81	1352,23 ± 470,4	940,36 ± 475,26
Germacreno B	2049,13 ± 548,46	1111,67 ± 110,5	1653,41 ± 202,5	1240,19	849,35 ± 796,59
γ-Cadineno	926,16 ± 438,11	672,86 ± 134,15	362,44 ± 80,93	411,2 ± 166,54	231,65 ± 81,43
Veridiflorol	333,10	71,79	121,25 ± 9,11	95,21 ± 45,23	66,66 ± 15,43
Alloaromadendreno	893,03	110,46			194,51
α-Selineno	82,99		322,85		210,63
β-Chamigreno	151,27				134,73
β-Humuleno			411,81		489,03
β-Gurjuneno				94,37	51,47 ± 25,62

α -Humuleno

186,75

Outros

Biciclo[5.2.0]nonano, 2-metileno-
4,8,8-trimetil-4-vinil-

96,64 \pm 44,4

220,76

Dentre os terpenos identificados, vários possuem características biológicas muito interessantes, que podem contribuir diferentes aspectos aos figos. Como por exemplo o α -copaeno, um sesquiterpeno tricíclico presente em vários óleos essenciais de espécies medicinais e aromáticas (TURKEZ et al., 2014), possuindo notas aromáticas como amadeirado e terroso (GONÇALVES et al., 2014). Estudos previamente realizados indicam que esse composto possui atividades biológicas importantes, como antígeno tóxico (proteção de oxidação ao DNA) e antioxidante (TURKEZ et al., 2014). O β -cubebeno, é um sesquiterpeno bicíclico que possui notas aromáticas cítrico e frutal, e é comumente encontrado no óleo essencial de diversas espécies (ALVES et al., 2013; XIAO et al., 2016). O sesquiterpeno bicíclico trans-cariofileno é um composto abundante em óleo essencial de diversas espécies vegetais. Além de ser muito utilizado em perfume e cosméticos, há relatos de possuir atividades biológicas como anti-inflamatória, anestésica, antioxidante e anticarcinogênico (WU et al., 2014).

O β -elemeno é um importante terpeno, com características de odor fresco, herbáceo e cera. Este composto apresenta relevante atividade farmacológica por ser capaz de causar apoptose e inibição da proliferação de diversas células cancerígenas, até mesmo em casos de tumor cerebral agressivo (YAO et al., 2008). A presença do α -muuroleno no fruto é um interessante indicativo para a espécie *Ficus* sp., visto que em outras espécies de figo, como a *Ficus racemosa*, ele foi identificado como um dos compostos emitidos durante o dia, com a finalidade de atrair seus polinizadores, as vespas da família Agaonidae (BORGERS, BESSIÈRE e RANGANATHAN, 2013).

O eucaliptol encontrado no figo é um monoterpene com características aromáticas de doce e menta, com grandes índices terapêuticos segundo a literatura, pois estudos indicam potencial atividade anti-hipertensiva, antiasmática e analgésica para esse composto (SOLTO et al., 2016). O α -Selineno apresenta notas apimentado e laranja e é

considerado um dos principais constituintes de aroma das espécies da família Myrtaceae (RAMOS et al., 2010; DA SILVA BARBOSA et al., 2020), além de ter sido identificado em outras famílias botânicas como Cyperaceae e Lamiaceae (FREITAS et al., 2020).

O germacreno D possui relevantes características biológicas por ter a capacidade de agir como dissuasor e inseticida contra diferentes tipos de parasitas, dentre eles os carrapatos, pulgões e mosquitos. Além disso, essa substância obtida do óleo essencial de *Kundmannia sicula* apresentou capacidade de atuar contra adenocarcinoma de mama humano, carcinoma ductal humano e carcinoma hepatocelular humano (CASIGLIA et al., 2017).

Existem relatos da atividade antibacteriana de germacreno B frente a *E. coli*, *S. aureus* e *P. aeruginosa*, devido a sua capacidade de ligação a sítios ativos de alvos moleculares como DNA polimerase e RNA polimerase destes microrganismos. Esta substância é capaz de apresentar o mesmo padrão de interações químicas (van der Waals e alquil) e energia de ligação próxima à da rifamicina, substância utilizada como controle positivo ao crescimento de bactérias (DE SOUZA MOURA et al., 2020).

Óleos de diversas espécies (*Copaifera cearenses*, *Copaifera reticulata*, *Copaifera multifuga*) (JUNIOR et al., 2007), cujo α -bergamoteno é considerado uma das principais substâncias de sua composição, possuem atividade anti-inflamatória comprovada e essa capacidade é atribuída a presença desta substância (FERNÁNDEZ-CERVANTES et al., 2019). Sendo assim, os figos de *Ficus* sp. possuem uma gama de compostos orgânicos voláteis com diferentes aplicações e atividades.

No que se refere ao perfil de compostos voláteis de frutos do mesmo gênero, um estudo comparou os perfis de compostos orgânicos voláteis de 20 espécies do gênero *Ficus* (GRISON-PIGÉ et al., 2002). Das 99 substâncias voláteis identificadas no estudo,

foi possível observar apenas 2 substâncias similares encontrados no figo de *Ficus* sp. e na espécie *Ficus uncinata*, variando até um total de 47 substâncias iguais quando comparada com a espécie *Ficus deltoidea*. E assim como nos frutos da *Ficus* sp., os compostos majoritários identificados para estas 20 espécies de *Ficus*, foram os terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos), além de compostos alifáticos e aqueles provenientes da via do ácido xiquímico. Estes compostos são liberados da planta para compor o aroma, sendo responsáveis por exercer importantes atividades na correlação dos figos com as vespas que os polinizam, em conjunto com compostos dissuasores que funcionam como defesas contra herbívoros (KIGATHI et al., 2009).

Alguns dos compostos que foram identificados em várias das 20 espécies do gênero *Ficus*, também estão presentes nos frutos de *Ficus* sp., como o trans-cariofileno (encontrado em 18 espécies), o α -copaeno (encontrado em 18 espécies), germacreno-D (encontrado em 17 espécies), biciclogermacreno (encontrado em 14 espécies), δ -cadineno (encontrado em 10 espécies), γ -cadineno (encontrado em 9 espécies), α -cubebeno (encontrado em 9 espécies), allo-aromadendreno (encontrado em 7 espécies), α -bergamoteno (encontrado em 7 espécies) e α -muuroleno (encontrado em 7 espécies). A ocorrência de alguns dos mesmos compostos voláteis entre *Ficus* sp. e diversas espécies do seu gênero, indica que podem haver semelhanças entre seus perfis aromáticos.

Apesar de diversas substâncias serem encontradas nos tratamentos de estocagem, é importante destacar as suas diferenças. Existe uma clara variação no perfil dos compostos voláteis aromáticos em função do tempo, como salicilato de etila, salicilato de metila, p-cimeno, eucaliptol, β -sesquifelandreno, γ -gurjuneno e γ -elemeno que só estão presentes no tratamento controle, assim como β -humuleno, β -gurjuneno, α -humuleno, eicosano e nonadecano que são encontrados apenas nos últimos dias de estocagem. Ainda assim, para aqueles componentes encontrados em todos os tratamentos, é observada a

tendência de redução de concentração em função do tempo, principalmente ao comparar os valores do tratamento controle com o tratamento de 96 horas.

Um dos compostos orgânicos voláteis que têm importante papel no que diz respeito a durabilidade de frutos e vegetais é o etileno. Este é um fitohormônio que acelera o amadurecimento de frutos, sendo responsável pelo amadurecimento excessivo (senescência), reduzindo sua vida de prateleira e causando a sua perda (PATHAK et al., 2017).

As funções específicas do etileno em geral dependem da natureza dos frutos, do estágio de maturação e de sua exposição (PATHAK et al., 2019). O etileno pode afetar o amadurecimento de frutos e vegetais de duas formas básicas: endógena, quando é produzido pela própria planta através de rotas biológicas, e exógena, quando o etileno é originado de plantações adjacentes, plástico ou fumaça (KELLER e tal., 2013). Sendo assim, estratégias para controlar o etileno no processo de amadurecimento pós-colheita é essencial para reduzir a perda de frutos e verduras e manter a qualidade do alimento (JANJARASSKUL e SUPPAKUL, 2018).

Apesar de não ter sido quantificado o teor de etileno nos figos in natura e durante a estocagem, estratégias para reduzir a ação desse fitohormônio (de forma endógena ou exógena) podem ser adotadas a fim de aumentar a vida de prateleira dos frutos. Tornando-os assim, mais duráveis para a comercialização, desde o seu transporte, até o seu consumo final, tanto na forma in natura, quanto na utilização como matéria para a obtenção de produtos alimentícios.

Uma das formas de reduzir as modificações pós-colheita de frutos é a utilização de moléculas que atuam sobre o etileno. A 1-Metilciclopropeno (1-MCP) é comumente usada de forma endógena para inibir a ação hormonal do etileno, através da competição

pelos receptores de etileno ou inibindo a sua síntese (JANJARASSKUL e SUPPAKUL, 2018). Além disso, a utilização exógena de sequestrantes de etileno como o permanganato de potássio (KMnO₄) e ozônio (O₃) tem sido aplicada para causar a sua oxidação em dióxido de carbono (WEI et al., 2021).

Em relação aos compostos que mais impactam no aroma, foram identificados vinte e dois compostos com limiar de odor (odor threshold - OT) descritos na literatura. O limiar de odor indica a menor quantidade de um composto volátil que pode ser percebida pelo olfato humano (OJHA e ROY, 2018). É utilizado para a determinação do valor da atividade do odor (odor activity value – OAV), obtido pela divisão da concentração do composto pelo valor do limiar de odor, indicando assim, o impacto que um determinado composto volátil pode exercer no aroma (GUTH, 1997). Dos vinte e dois, apenas dezenove compostos resultaram em OAV maior que 1, indicando que podem contribuir para a composição geral do aroma do figo (SU et al., 2020). Destes compostos, alguns apresentam valores de OAV muito elevados, como o germacreno D (3860,66 a 1998,42), enquanto outros, como o α -humuleno apresentam valores baixos (1,17). Apesar de atuarem em escalas diferentes, todos os componentes com OAV > 1 contribuem para o aroma final do fruto.

Este fato está relacionado com a dinâmica de percepção do cheiro no sistema olfativo humano, que compreende cerca de 396 receptores de olfato (RO), responsáveis por interagirem com o aroma dos frutos e causar a sensação do cheiro (CLAIRE e GOLEBIEWSKI, 2014). Esses receptores promovem uma conexão única entre sinalização a níveis moleculares e a percepção em macro escala. Sabe-se que a percepção de milhares de odores, usando apenas centenas de RO é resultado codificação combinatória, ou seja, cada RO reconhece múltiplos odorantes e cada odorante é reconhecido por múltiplos receptores olfativos (KIM e GODDARD, 2014).

Múltiplos receptores podem ser ativados em diferentes níveis pelo mesmo odorante e a consciência de percepção de um odor é dada pela combinação de diferentes RO ao mesmo tempo, ou seja, gera-se um código combinacional dos receptores (GAILLARD, ROUQUIER e GIORGI, 2005).

A heterogeneidade da sequência de aminoácidos dos RO é o que lhe confere a capacidade de se ligar a diferentes classes de odorantes. Esses ligantes são moléculas muito diversificadas em termos de formas (alifática ou cíclica), comprimento, hidrofobicidade e grupos funcionais (LAUNAY et al., 2012). Por outro lado, as ligações formadas no complexo receptor-ligante não são altamente específicas, isto se dá principalmente pelo tipo de força química envolvida, que em geral são interações intermoleculares hidrofóbicas fracas (SANZ et al., 2005). Além disso, são comumente encontrados nos complexos de ligação as ligações de hidrogênio entre os RO e os odorantes. Isso quer dizer que um dado RO pode se ligar a diferentes moléculas odoríferas com diferentes características químicas, ao passo que um dado ligante pode ativar diferentes RO ao mesmo tempo (MILANETTI et al., 2019).

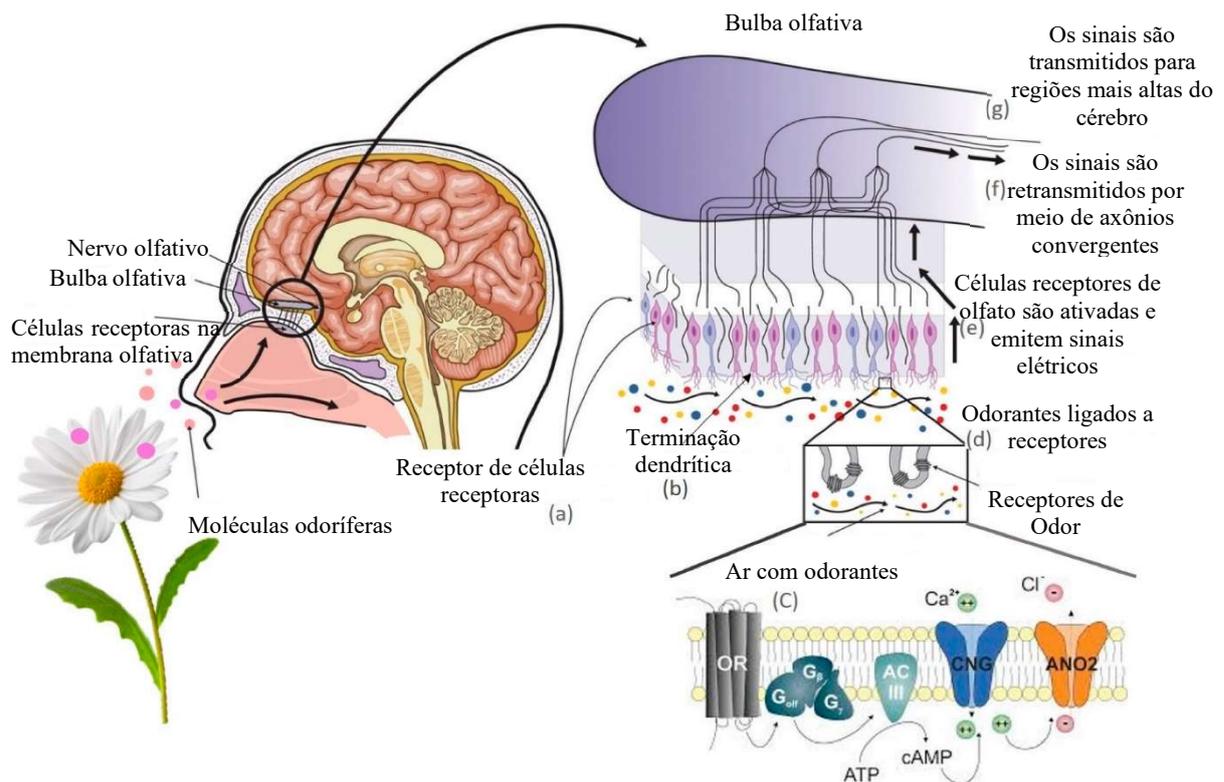


Figura 11- Interação receptor-ligante e mecanismo de ação da percepção do cheiro.

Fonte: Traduzido de VILELA et al., 2019

O cérebro humano analisa o padrão de ativação dos RO para reconhecer um odorante específico. Estudos tem mostrado que o cérebro responde a estímulos de odorantes de formas diferentes entre indivíduos, não havendo um padrão de ativação definido. Além disso, existem evidências que alguns odorantes podem atuar tanto como agonistas quanto antagonistas dependendo do receptor olfativo ao qual interagem (DUCHAMP-VIRET, DUCHAMP e CHAPUT, 2003).

Os receptores de olfato se encontram na superfície dos cílios, que são estruturas oriundas do prolongamento dendrítico dos neurônios olfativos sensoriais, que são localizados na cavidade nasal e são envoltos pelo mucosa olfativa (PERSUY et al., 2015). A transdução olfativa envolve as etapas bioquímicas (produção de mensageiros secundários) e elétricas (abertura de canais iônicos), que tem origem na ligação do odorante nos receptores olfativos e resulta no potencial de ação dos neurônios olfativos sensoriais (KAUPP, 2010)

O entendimento do mecanismo molecular pelo qual um dado estímulo ativa um receptor correspondente é crucial por diversos propósitos, especialmente no processo de descobrimento de fármacos. Isso requer o conhecimento da estrutura tridimensional dos receptores e suas interações com ligantes (CONGREVE et al., 2011; LAUNAY et al., 2012).

Por isso, os valores de *Odor Threshold* e *Odor Activity Value* apesar de importantes, não são exclusivos para causar a percepção do aroma, ou seja, substâncias com baixos ou menos valores de OT e OAV, podem contribuir para o cheiro de um fruto pela contribuição do padrão de ativação das proteínas receptoras de olfato.

Tabela 12 - Descritos de aroma, odor threshold e odor activity value dos compostos voláteis encontrados nos figos durante estocagem.

Substâncias	Descritores de aroma	Odor Threshold (µg/L)	Odor Activity Value (OAV)				
			Controle	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
Álcoois							
1-Tetradecanol	Sujeira, Bronze ¹						
1-Dodecanol	Doce, Floral ²	1000 ³		<1	<1	<1	
Aldeídos							
Decanal	Queimado, Ceroso, Casca de laranja, Floral ⁵	20 ⁴				1,53	
Ésteres							
Salicilato de etila	Wintergreen ⁷	84 ⁶	<1	<1			
Salicilato de metila	Wintergreen ⁷	40 ⁶	12,02	2,36	2,47		
Octanoato de metila	Laranja, Frutado, Green ⁵ , Ceroso, Frutado, Casca de maçã ²	200 ²		<1			
Palmitato de metila	Oleoso, Ceroso, Gorduroso ⁸	4 ⁸	46,45	17,24	19,94	11,25	30,61
Alcanos							
Hexadecano	Alcano ⁸	13 ⁸	8,4	5,67		4,49	
Undecano	Ceroso ⁹						

Tetradecano	Alcano ⁸	10 ⁸	3,94	24,66	26,78	21,81	5,62
Nonadecano	Alcano ⁸	10 ⁸					3,49
Eicosano	Alcano ⁸	10 ⁸			12,15	6,06	11,4
Terpenos							
p-Cimeno	Frutado, Doce, Limão, Apimentado ¹⁰	11,4 ⁶	2,97				
Eucaliptol	Mentolado, Doce ¹¹	1,3 ⁶	130,5				
β-Sesquifelandreno	Lustra-móveis, Melaço, Xarope ¹²						
γ-Gurjuneno	Mofado ¹³						
β-Farneseno	Oleoso, Floral, Frutado, Cítrico, Amadeirado ^{8,5}	87 ⁸	1,52	1,61			
Aromadendreno	Folha seca de lima kaffir, Amadeirado ¹⁴						
1,4-Cadinadieno	Amadeirado, Seco ¹⁵	12 ¹⁵	6,31	4,59		4,55	
β-Selineno	Herbal-Apimentado ¹⁶						
α-Cubebeno	Ceroso suave, Amadeirado ⁵	6 ¹⁸	128,7	115,01	140,58	160,72	109,03
α-Copaeno	Cítrico, Frutado, Maracujá, Doce ¹⁷						
Epi-biciclosesquifelandreno	Frutado, Pêssego ¹⁹						

β -Elemeno	Fresco, Gramíneo, Ceroso ⁹						
α -Gurjuneno	Verde, Vegetal ²⁰						
Trans-Cariofileno	Oleoso, Frutado, Amadeirado ^{5,11}	150 ¹⁸	28,37	15,69	20,33	20,02	14,05
β -Cubebeno	Cítrico, Frutado ²¹						
α -Bergamoteno	Amadeirado, Chá ¹¹						
Nealloocimeno	Fresco, Gramíneo ²²						
Germacreno D	Cítrico, hortelã-pimenta, doce, agudo ¹⁷	1,2 ⁸	3860,66	2470,57	3699,08	3723,83	1998,42
Biciclogermacreno	Cítrico, Amadeirado ¹⁴						
α -Muuroleno	Amadeirado ^{5,23}						
γ -Muuroleno	Erva, Madeira, Pimenta ⁹ , Oleoso, Herbáceo ¹¹						
δ -Guaieno	Limão, Amadeirado, Folha de lima kaffir ¹⁴						
δ -Cadineno	Amadeirado, Herbal ¹¹	120 ¹⁸	13,51	8,23	10,63	11,27	7,84
Germacreno B	Apimentado, Amadeirado ²⁴	0,12 ¹⁵	170,76	92,64	137,78	103,35	70,78
γ -Cadineno	Tomilho, Herbal, Amadeirado ¹⁰	1,5 ⁸	617,44	448,57	241,63	271,13	154,43
AlloAromadendreno	Herbal ¹⁶						

α -Selineno	Apimentado, Laranja ^{5,11}			
β -Humuleno	Amadeirado ⁸	160 ⁸	2,57	3,05
α -Humuleno	Mofado, Apimentado, Amadeirado, Terpeno, Fruta ⁵	160 ¹⁸		1,17

LIU et al., 2018¹; VERZERA et al., 2016²; GIUFFRIDA et al., 2020³; VARARU et al., 2016⁴; GONÇALVES et al., 2014⁵; PINO e MESA, 2006⁶; MENG et al., 2015⁷; GUO et al., 2021⁸; FREITAS et al., 2020⁹; VAN OPSTAELE et al., 2012¹⁰; BICAS et al., 2011¹¹; ANDREWS et al., 1995¹²; CINCOTTA et al., 2015¹³; JIRAPAKKUL, TINCHAN e CHAISERI, 2013¹⁴; CAMPELO et al., 2020¹⁵; JIROVETZ et al., 2001¹⁶; JANZANTTI et al., 2012¹⁷; MIYAZAWA et al., 2015¹⁸; DÍAZ-MAROTO et al., 2008¹⁹; BOU-MAROUN e CAYOT, 2011²⁰; XIAO et al., 2016²¹; MAIKHUNTHOD e MARRIOT, 2013²²; PODDUTURI et al., 2017²³; MIYAZAWA et al., 2013²⁴.

Uma constatação importante é que conforme a concentração dos componentes reduzem ao longo do tempo (valores da tabela 11), é observada a redução de seus valores de OAV (tabela 12), impactando diretamente no aroma final do fruto. Além disso, alguns componentes não são observados em todos os tratamentos ao decorrer da estocagem, o p-cimeno e eucaliptol por exemplo, só foram observados nos frutos *in natura*. Entretanto, alguns podem surgir com o envelhecimento do fruto, como o α -humuleno e β -humuleno que apresentam valores apenas no tratamento de 96 horas. Isso quer dizer que os figos sofrem modificações na sua composição aromático, ou seja, seu cheiro, de acordo com o avanço no estado de maturação, tanto pela perda de algumas substâncias aromáticas quanto pela redução de suas concentrações em função do tempo de estocagem.

Estudos realizados com outros frutos (LI et al., 2020) evidenciaram a mesma tendência observada no presente estudo, em que, ao decorrer do desenvolvimento da maturação, certos compostos orgânicos voláteis diminuíram de concentração ou até mesmo desapareceram dos frutos.

Mesmo com as semelhanças entre os compostos orgânicos voláteis dos diferentes tratamentos dos figos, o tratamento controle possui predominância de compostos com características de odor únicas a esse tratamento, sendo elas: frutado, doce, limão e apimentado (p-cimeno com OAV 2,97), mentolado e doce (eucaliptol com OAV 130,5), oleoso, floral, frutado, cítrico e amadeirado (β -farneseno com OAV 1,43) e “*wintergreen*” (salicilato de metila com OAV 12,02). Já em 96 horas de estocagem, a composição do aroma muda, pois há a perda de compostos com notas frutais e doce, mas surgem componentes como o β -humuleno (OAV 3,05) e α -humuleno (OAV 1,17) que possuem notas mofado, apimentado, amadeirado, como terpeno, frutado. Além disso, há a predominância de notas amadeirado, ceroso e oleoso presentes em todos os tratamentos.

Apesar da característica de cheiro amadeirado presente em todos os tratamentos do figo, são os componentes diferentes entre os tratamentos que fazem a percepção do odor mudar, como a perda das notas floral, frutado e doce. Isto indica que conforme o fruto avança na estocagem, os componentes com odores mais sensorialmente atrativos para o consumo, são degradados e deixam de compor o aroma do fruto. A percepção dos compostos voláteis dos frutos está diretamente relacionada com a atração para consumo de animais e humanos, pois de acordo com a literatura (GOFF e KLEE, 2006) os voláteis liberados durante o amadurecimento dos frutos são sentidos como os principais constituintes do sabor, que sinalizam o fruto maduro, e, dessa forma, a maior disponibilidade de nutrientes.

De acordo com diversos estudos que avaliaram compostos voláteis de frutos, como os realizados com cereja doce (SUN, JIANG e ZHAO, 2010), maçã (VILLATORO et al., 2008), borojoa (RABELO-RODRIGUES et al., 2018), murici, acerola, cupuaçu e graviola (FRANCO e JANZANTTI, 2005) os principais compostos orgânicos voláteis que impactam no aroma dos frutos maduros são os ésteres, que de forma geral, apresentam características frutais, doce e floral. Estudos evidenciaram que o aroma característico de maçãs só foi observado no momento em que os frutos passaram do estágio de maturação “verde” para o estágio de maturação comercial, pois, os compostos que mais impactam em seu aroma não estavam presentes ou tinham concentração muito baixa até que o fruto atingisse a maturação ideal (RABELO-RODRIGUES et al., 2018).

Dessa forma, apesar de alguns dos ésteres identificados nos tratamentos do fruto não apresentarem OAV maior que 1, estes foram observados com valores de limiar de odor e descritores de odor relatados na literatura como frutado, doce e floral, e estão presentes em maior parte no tratamento controle, indicando que possuindo pouco impacto no aroma final do figo, suas características de odor contribuem para o aroma atrativo do

fruto, pois sua presença está relacionada ao estágio ideal de maturação e consumo do mesmo.

A presença de compostos com notas aromáticas doce e floral está totalmente relacionada com o estágio de maturação do fruto. Pois estes aromas indicam que a semente do fruto atingiu desenvolvimento para ser dispersa, portanto, as vias metabólicas tendem a mudar e favorecer a biossíntese de compostos como os terpenos e ésteres (RABELO-RODRIGUES et al., 2018). Isso também ocorre devido as mudanças químicas do fruto, no sentido de acumular os precursores destes compostos durante a maturação. Os ácidos graxos são os precursores de tais componentes orgânicos aromáticos e, através de vias metabólicas que favorecem a β -oxidação e lipoxigenase, são sintetizados os ésteres, aldeídos e álcoois nos frutos (ECHEVERRIA et al., 2004).

5.7 Avaliação de compostos orgânicos por CG-EM em *Ficus* sp.

Através da análise de CG-EM do extrato de hexano e DCM obtidos dos frutos de *Ficus* sp. foram identificados 26 componentes para o extrato de hexano, sendo heliantriol C (21,31%), β -amirina (14,62%), 9-hexacoseno (8,60%), acetato de β -amirina (5,80%), docosano (3,47%) e ciclotetracosano (3,34%) as principais substâncias, em termos de quantidade, encontradas nesse extrato. As classes químicas presentes foram: terpenos (44,87%), alcenos (9,88%), alcanos (8,83%), ésteres (1,55%) e tiol (0,19%).

Foram identificadas cerca de 19 substâncias no extrato de DCM, sendo α -amirina (33,24%), acetato de β -amirina (11,02%), eburicol (1,47%) e guaiacol (1,05%) as principais substâncias, em termos de quantidade, encontradas nesse extrato. As classes químicas presentes foram: terpenos (50,12%), alcanos (2,1%), ésteres (3,13%) e fenóis (1,44%).

O extrato de diclorometano, apresentou uma menor quantidade de substâncias (19) em relação ao extrato hexano (27), devido a sua característica de ser menos apolar, e, portanto, extraiu menos substâncias apolares. Contudo, encontram-se presentes substâncias apolares de importante valor biológico, sendo viminalol (30,04%), acetato de β -amirina (11,02%), α -amirina (3,20%), 9,19-ciclolanostan 3-ol, 24-metileno (2,73%), Acrilato de pentadecila (2,24%) os componentes majoritários desse extrato. As classes químicas presentes neste extrato foram: Terpenos (50,12%), Ésteres (3,13), Alcanos (2,1%) e Fenóis (1,44%).

Muitos dos componentes identificados em ambos os extratos possuem atividades biológicas de relevância, como mostra a literatura:

O estudo de Conforti e colaboradores (2005) demonstrou que o extrato hexano de *Achillea ligustica* foi capaz de inibir cerca de 74,96% da atividade enzimática de α -amilase na concentração de 250 μ g/ml. Indicando capacidade desse extrato como agente antidiabético. Vale destacar que os componentes encontrados no extrato hexano do estudo citado (β -amirina, viminalol, ciclotetracosano, 9-tricoseno, hexadecano, eicosano, tricosano e espatulenol), também estão presentes no extrato hexano e diclorometano do presente trabalho, indicando que pode ser esperado o mesmo efeito biológico.

Estudos na área de docagem molecular utilizando o γ -sitosterol, demonstraram potencial atividade como agente hipolipidêmico ao simularem interações químicas do mesmo com as proteínas acetoacetil tiolase, 3-(HMG-CoA) redutase, HMG-CoA sintase, esqualeno sintase, oxido esqualeno ciclase, que são diretamente envolvidas na biossíntese de colesterol (BALAMURUGAN et al., 2015).

Estudos clínicos demonstraram que o γ -sitosterol isolado de *Lippia nodiflora*, quando administrado via oral com 20 mg/Kg de concentração, foi capaz de reduzir

significativamente a glicose sanguínea e a hemoglobina glicosilada de ratos diabéticos. Além disso, foi evidenciada a capacidade dessa substância em atuar sobre a hiperlipidemia, pela redução de níveis do colesterol sérico total, triglicerídeos e lipoproteínas de baixa densidade, acompanhada pelo aumento de lipoproteínas de alta densidade em ratos tratados (BALAMURUGAN, DURAIPANDIYAN e IGNACIMUTHU, 2011).

A molécula acetato de β -amirina é relatada na literatura com diversas atividades biológicas, sendo elas: anticâncer devido a sua capacidade citotóxica (EBAJO, SHEN e RAGASA, 2015), antiparasitária, antialérgica, antiplasmódica, antihiperlipidêmica, além de ser herbicida, fungicida e antibacteriana (SWATI et al., 2010). Ainda, o acetato de β -amirina tem potencial atividade no combate de pancreatite aguda, pela capacidade de agir como anti-inflamatório e antioxidante (MELO et al., 2010).

Ushie, Adamu e Chindo (2018) relataram em seu trabalho que o acetato de β -amirina demonstrou a propriedade de atuar agente na redução de lipídeos. Este fato é de suma importância, pois, uma vez presente nos frutos de *Ficus* sp., pode conferir a esse alimento a capacidade de auxiliar na redução do desenvolvimento de doenças fisiológicas, que estão relacionadas a alimentação e ao metabolismo.

O Heliantriol C é descrito na literatura como agente antitumoral e anti-inflamatório, sendo capaz de exercer as atividades biológicas citadas de forma isolada ou em conjunto de demais substâncias, compondo óleos essenciais de plantas (UKIYA et al., 2002; UKIYA et al., 2001; YASUKAWA et al., 1998).

Diversos autores evidenciaram diferentes atividades biológicas da molécula 9-hexacosano, entre elas: analgésica, anti-inflamatória, antifúngica, antibacteriana e

antioxidante, tanto na forma isolada como substâncias majoritária na composição de óleos essenciais (KHAN e JAVAID, 2019; KARIUKI et al., 2012; GITHINJI et al., 2011).

5.8 Atividade antimicobacteriana de *Ficus* sp.

É importante destacar que, por mais que exista uma correlação entre os componentes identificados nos extratos, sendo eles majoritários ou não, e a atividade antimicrobiana, mais especificamente a inibição do crescimento de *Mycobacterium tuberculosis*, este ainda é um dado preliminar, que não comprova a total capacidade antituberculose, apenas evidencia a ação do extrato hexano de inibir o crescimento desta bactéria.

Apesar de existirem semelhanças entre os componentes identificados no extrato hexano e diclorometano (ciclotetracosano, octacosano, nonacosano, eicosano, nonadecano, urs-9(11), 12-dien-3-ona, γ -sitosterol, acetato de β -amirina e 9,19-ciclolanostan 3-ol), este último não apresentou atividade positiva dentro dos parâmetros avaliados no ensaio. Isso quer dizer que além da abundância da substância, o sinergismo é um fator de extrema relevância para que tal extrato orgânico apresente uma atividade biológica específica. E por isso, o extrato hexano necessita passar por uma investigação mais aprofundada, para a identificar qual ou quais substâncias são responsáveis por essa atividade.

Tabela 13 - Teste de atividade antibacteriana de extratos orgânicos de *Ficus* sp. contra *Mycobacterium tuberculosis*.

Extratos	Concentração mínima inibitória ($\mu\text{g/mL}$)
DCM	>100
Hexano	12,5
Metanol	>100

Cepa sensível à rifampicina e à isoniazida.
Controles: Cepa padrão *M. tuberculosis* H37Rv ATCC* 27294, 7H9/OADC, Rifampicina (1,0 $\mu\text{g/mL}$)

O sinergismo é dado pela combinação de diferentes moléculas que apresentam mecanismos de ação distintos, porém, quando atuam juntas, pode haver uma ação de complementariedade, potencializando suas ações físicas ou bioquímicas (TALLARIDA, 2000). Por isso há divergências entre as atividades antimicrobianas do extrato hexano e diclorometano. Dentre as substâncias identificadas no extrato hexano por CG-EM, existem duas com atividade antimicobacteriana já descritas na literatura, como:

O heliantriol C obtido do extrato lipídico das flores de *Chrysanthemum morifolium*, apresentou atividade inibitória sobre *M. tuberculosis* na concentração de 64 µg/mL e também é citado na literatura com atividade antitumoral quando administrado em ratos na concentração de 0,2 µmol/100µL (AKIHISA et al., 2005; YASUKAWA et al., 1998).

Dzul-Beh e colaboradores (2020) isolaram espatulenol do extrato hexânico das folhas de *Azorella compacta* e avaliaram a sua atividade antimicrobiana contra *Mycobacterium tuberculosis*, que apresentou resultado positivo na concentração de 6,25 µg/mL. Ainda, são relatados na literatura óleos essenciais que apresentam o espatulenol como um dos componentes majoritários (variando entre 12,1 a 24,99% de área) com significativa atividade antibacteriana, tanto para bactérias gram-negativas quanto gram-positivas (CUCA et al., 2009; PAKSOY et al., 2016).

É comum estudos realizados com plantas tendo como base as informações etnobotânicas para tratar uma determinada doença. Muitos deles são realizados com folhas, caules e raízes, porém, em alguns casos são investigadas propriedades dos frutos em exercerem a mesma atividade. Como é o caso dos frutos de *A. farnesiana*, espécie utilizada popularmente para tratar casos de tuberculose, que demonstrou atividade positiva (entre 25 a 200 µg/mL) em seus extratos contra *M. tuberculosis* (HERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2019).

Além disso, há relatos de espécies do gênero *Ficus* capazes de atuarem no controle microbiológico de bactérias. Extratos brutos de metanol provenientes das raízes de *Ficus chlamydocarpa* e caules de *Ficus cordata* foram eficazes em inibir o crescimento de *Mycobacterium smegmatis* e *Mycobacterium tuberculosis*, bem como, diversas cepas de bactérias gram positivas e gram negativas (KUETE et al., 2008).

Estudos realizados com as folhas das espécies *Ficus benjamina* e *Ficus luschnathiana* (DA CRUZ et al., 2012), utilizando frações dos extratos de acetato de etila e n-butanol, respectivamente, evidenciaram a capacidade antimicobacteriana destas espécies através da inibição de *Mycobacterium smegmatis* em concentrações mínimas inibitórias de 312,5 µg/mL e 156,25 µg/mL, respectivamente.

Vale lembrar que, apesar dos resultados aqui expostos, a atividade antimicobacteriana do extrato hexano ainda é um dado muito preliminar, tornando necessárias etapas como o fracionamento deste extrato, afim de se obter com maior clareza, quais substâncias são as responsáveis por essa atividade biológica.

6. CONCLUSÃO

Os frutos de *Ficus* sp. na forma in natura apresentaram características nutricionais parecidas com as de outros frutos tropicais comestíveis, com alto teor de umidade, baixo valor calórico e valores intermediários de carboidratos, sendo capazes de contribuir com o índice dietético de referência destes nutrientes ao mesmo tempo que podem beneficiar o organismo por auxiliar na redução do desenvolvimento de doenças relacionadas ao colesterol, devido ao baixo teor de lipídeos, e hipertensão pelo teores de potássio e sódio encontrados em 100g de fruto.

O perfil de compostos orgânicos voláteis em associação com a avaliação dos parâmetros físico-químicos e centesimais, foram importantes para compreender o quão perecíveis são os figos de *Ficus* sp. em condições de armazenamento à temperatura ambiente. Embora a vida útil de quatro dias esteja dentro do preconizado para os frutos desse gênero, é um período muito curto. Isso indica que devem ser adotadas estratégias para o transporte e armazenamento pós-colheita dos figos desta espécie, visando a sua maior difusão comercial. Além do resfriamento, a utilização de biofilmes é uma medida estratégica que pode favorecer o aumento da durabilidade desses frutos.

O extrato bruto de hexano obtidos dos frutos inteiros foi capaz de inibir o crescimento bacteriano frente a espécie *M. tuberculosis*, característica conferida pela presença de substâncias apolares na porção lipídica desse fruto, que apesar de resultado positivo, requerem mais investigações para elucidar tal atividade por completo.

Por fim, a proposta de caracterizar os constituintes químicos e nutricionais dos figos de *Ficus* sp. foi devidamente cumprida. Bem como, a avaliação da sua durabilidade em condições de estocagem a temperatura ambiente. Porém, investigações mais a fundo são necessárias para

a total compreensão da capacidade funcional desse fruto e como estender as suas características por mais tempo.

7. REFERÊNCIAS

ABBASI, Arshad Mehmood et al. Ethnomedicinal values, phenolic contents and antioxidant properties of wild culinary vegetables. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 162, p. 333-345, 2015.

ADAMS, Robert P. et al. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Carol Stream, IL: Allured publishing corporation, 2007.

AGLAR, Erdal et al. Effect of modified atmosphere packaging and 'Parka'treatments on fruit quality characteristics of doce cherry fruits (*Prunus avium* L. '0900 Ziraat') during cold storage and shelf life. **Scientia horticulturae**, v. 222, p. 162-168, 2017.

AKIHISA, Toshihiro et al. Antitubercular activity of triterpenoids from Asteraceae flowers. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 1, p. 158-160, 2005.

ALAMGEER et al. Evaluation of antihypertensive potential of *Ficus carica* fruit. **Pharmaceutical Biology**, v. 55, n. 1, p. 1047-1053, 2017.

ALLMANN, Silke; BALDWIN, Ian T. Insects betray themselves in nature to predators by rapid isomerization of green leaf volatiles. **Science**, v. 329, n. 5995, p. 1075-1078, 2010.

ALVES, Suzana F. et al. Chemical variability of the essential oils from fruits of *Pterodon emarginatus* in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 2, p. 224-229, 2013.

AMMAR, Sonda et al. Assessment of the distribution of phenolic compounds and contribution to the antioxidant activity in Tunisian fig leaves, fruits, skins and pulps using mass spectrometry-based analysis. **Food & function**, v. 6, n. 12, p. 3663-3677, 2015.

ANJUM, NISHAT; TRIPATHI, Y. C. In vitro alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitory activities of fruits of *Ficus auriculata* Lour. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 10, n. 4, p. 134-141, 2019.

ARUNACHALAM, Karuppusamy; PARIMELAZHAGAN, Thangaraj. Evaluation of nutritional composition and antioxidant properties of underutilized *Ficus talboti* King fruit for nutraceuticals and food supplements. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 7, p. 1260-1268, 2014.

ARVANITI, Olga S. et al. Review on fresco and dried figs: Chemical analysis and occurrence of phytochemical compounds, antioxidant capacity and health effects. **Food Research International**, v. 119, p. 244-267, 2019.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D.; The Chemical Composition of American Food Materials, U. S. Department of Agriculture; **Office of Experiment Stations; Bulletin n.º 28**, 1896.

BALAMURUGAN, Rangachari; DURAI PANDIYAN, Veeramuthu; IGNACIMUTHU, Savarimuthu. Antidiabetic activity of γ -sitosterol isolated from *Lippia nodiflora* L. in streptozotocin induced diabetic rats. **European journal of pharmacology**, v. 667, n. 1-3, p. 410-418, 2011.

BALAMURUGAN, Rangachari et al. γ -sitosterol a potent hypolipidemic agent: in silico docking analysis. **Medicinal Chemistry Research**, v. 24, n. 1, p. 124-130, 2015.

BALLESTER, Ana-Rosa; LAFUENTE, María T. LED Blue Light-induced changes in phenolics and ethylene in citrus fruit: Implication in elicited resistance against *Penicillium digitatum* infection. **Food Chemistry**, v. 218, p. 575-583, 2017.

BARNETT, Junaidah B. et al. Effect of zinc supplementation on serum zinc concentration and T cell proliferation in nursing home elderly: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 103, n. 3, p. 942-951, 2016.

BATISTA, C. B.; REIS, N. R.; REZENDE, M. I. Nutritional content of bat-consumed fruits in a forest fragment in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 244-250, 2017.

BATISTA-SILVA, Willian et al. Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: correlation or causation?. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1689, 2018.

- BECKER, Magda Márcia et al. Mineral and bromatological assessment and determination of the antioxidant capacity and bioactive compounds in native Amazon fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.
- BEY, Mostapha Bachir; LOUAILECHE, Hayette. A comparative study of phytochemical profile and in vitro antioxidant activities of dark and light dried fig (*Ficus carica* L.) varieties. **The Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 4, n. 1, p. 41-48, 2015.
- BERG, C. C. Systematics and phylogeny of the Urticales. **Evolution, Systematics and Fossil History of the Hamamelidae. Volume 2: 'Higher' Hamamelidae.**, v. 40, p. 193-220, 1989.
- BICAS, Juliano Lemos et al. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1843-1855, 2011.
- BHARGAVA, Anuja; BANSAL, Atul. Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, v. 33, n. 3, p. 243-257, 2021.
- BONAVENTURE, Gustavo; VANDOORN, Arjen; BALDWIN, Ian T. Herbivore-associated elicitors: FAC signaling and metabolism. **Trends in plant science**, v. 16, n. 6, p. 294-299, 2011.
- BOU-MAROUN, Elias; CAYOT, Nathalie. Odour-active compounds of an *Eisenia foetida* protein powder. Identification and effect of delipidation on the odour profile. **Food chemistry**, v. 124, n. 3, p. 889-894, 2011.
- BOVI, Grazielle G. et al. Measurement and modelling of transpiration losses in packaged and unpackaged strawberries. **Biosystems engineering**, v. 174, p. 1-9, 2018.
- BORGES, Renee M.; BESSIÈRE, Jean-Marie; RANGANATHAN, Yuvaraj. Diel variation in fig volatiles across syconium development: making sense of scents. **Journal of chemical ecology**, v. 39, n. 5, p. 630-642, 2013.
- BURANA, Chairat. Effect of Plasma Treatments and Low Temperature to Some Physical and Some Physiology of Fresco Fig Fruit (*Ficus carica* L.) cv. Black Jack. **INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (ISJET) Volume 5 No. 1 January-June 2021**, p. 6, 2021.
- CABALLERO, Benjamin; FINGLAS, Paul; TOLDRÁ, Fidel. **Encyclopedia of food and health**. Academic Press, 2015.

CAN-CAUICH, César A. et al. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. **Journal of functional foods**, v. 37, p. 501-506, 2017.

CAMPELO, Pedro H. et al. Modulation of aroma and flavor using dielectric barrier discharge plasma technology in a juice rich in terpenes and sesquiterpenes. **LWT**, v. 130, p. 109644, 2020.

CAMPOSTRINI, E.; VALDEVINO POMMER, C.; YAMANISHI, O. K. Environmental factors causing physiological disorders in papaya plants. In: **II International Symposium on Papaya 851**. p, 453-458, 2008.

CARNEIRO, Juliana De Oliveira et al. Effect of temperature and the use of packing in the post harvest conservation of *Eugenia dysenterica* dc. fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 568-577, 2015.

CASIGLIA, Simona et al. *Kundmannia sicula* (L.) DC: a rich source of Germacrene D. **Journal of Essential oil rEsEarch**, v. 29, n. 6, p. 437-442, 2017.

CELESTINO, Sonia Maria Costa. Princípios de secagem de alimentos. **Embrapa cerrados-documentos (infoteca-e)**, 2010.

CINCOTTA, Fabrizio et al. Determination of sesquiterpenes in wines by HS-SPME coupled with GC-MS. **Chromatography**, v. 2, n. 3, p. 410-421, 2015.

CHANG, Eun-Ha; JUNG, Sung-Min; HUR, Youn-Young. Changes in the aromatic composition of grape cv. Cheongsoo wine depending on the degree of grape ripening. **Food Science and Biotechnology**, v. 23, n. 6, p. 1761-1771, 2014.

CHANG, Sui Kiat; ALASALVAR, Cesarettin; SHAHIDI, Fereidoon. Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 113-132, 2016.

CHERIAN, Sam; FIGUEROA, Carlos R.; NAIR, Helen. 'Movers and shakers' in the regulation of fruit ripening: a cross-dissection of climacteric versus non-climacteric fruit. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 17, p. 4705-4722, 2014.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 783p. 2005.

CHOUDHARY, Sheetal et al. Evaluation of antidiabetic activity of leaves and fruits of *Ficus religiosa* Linn. **International Journal of Pharmacy & Life Sciences**, v. 2, n. 12, 2011.

CLAIRE, A.; GOLEBIOWSKI, Jérôme. A computational microscope focused on the sense of smell. **Biochimie**, v. 107, p. 3-10, 2014.

CLEMENT, Wendy L.; WEIBLEN, George D. Morphological evolution in the mulberry family (Moraceae). **Systematic Botany**, v. 34, n. 3, p. 530-552, 2009.

CONFORTI, Filomena et al. Comparative Radical Scavenging and Antidiabetic Activities of Methanolic Extract and Fractions from *Achillea ligustica* A LL. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 9, p. 1791-1794, 2005.

CONGREVE, Miles et al. Progress in structure based drug design for G protein-coupled receptors. **Journal of medicinal chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4283-4311, 2011.

CSEPREGI, Kristóf; HIDEG, Éva. Phenolic compound diversity explored in the context of photo-oxidative stress protection. **Phytochemical Analysis**, v. 29, n. 2, p. 129-136, 2018.

CUCA, Luis E. et al. Essential oil composition and antimicrobial activity of fruits of *Iryanthera ulei* W. from Colombia. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 54, n. 4, p. 363-365, 2009.

DA CRUZ, Ritiel Corrêa et al. In vitro antimycobacterial activity and HPLC–DAD screening of phenolics from *Ficus benjamina* L. and *Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq. leaves. **Natural product research**, v. 26, n. 23, p. 2251-2254, 2012.

DA SILVA BARBOSA, Deyzi Caroline et al. Chemical composition and acetylcholinesterase inhibitory potential, in silico, of *Myrciaria floribunda* (H. West ex Willd.) O. Berg fruit peel essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 151, p. 112372, 2020.

DA SILVA SANTOS, Vivian; DE ALMEIDA TEIXEIRA, Gustavo Henrique; BARBOSA JR, Fernando. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): a tropical fruit with high levels of essential minerals—especially manganese—and its contribution as a source of natural mineral supplementation. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 77, n. 1-3, p. 80-89, 2014.

DE ARAÚJO, Fábio Fernandes et al. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food research international**, v. 121, p. 57-72, 2019.

DEFILIPPI, Bruno G. et al. Aroma volatiles: biosynthesis and mechanisms of modulation during fruit ripening. **Advances in botanical research**, v. 50, p. 1-37, 2009.

DE LOURDES GARCÍA-MAGAÑA, María et al. Functional properties and dietary fiber characterization of mango processing by-products (*Mangifera indica* L., cv Ataulfo and Tommy Atkins). **Plant foods for human nutrition**, v. 68, n. 3, p. 254-258, 2013.

DE SOUZA MOURA, Wellington et al. Antibacterial activity of *Siparuna guianensis* essential oil mediated by impairment of membrane permeability and replication of pathogenic bacteria. **Industrial Crops and Products**, v. 146, p. 112142, 2020.

DÍAZ-MAROTO, M. Consuelo et al. Authenticity evaluation of different mints based on their volatile composition and olfactory profile. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2008.

DI FRANCESCO, Alessandra; MARTINI, Camilla; MARI, Marta. Biological control of postharvest diseases by microbial antagonists: how many mechanisms of action?. **European Journal of Plant Pathology**, v. 145, n. 4, p. 711-717, 2016.

DI FRANCESCO, Alessandra et al. Molecular characterization of the two postharvest biological control agents *Aureobasidium pullulans* L1 and L8. **Biological Control**, v. 123, p. 53-59, 2018.

DI FRANCESCO, Alessandra; DI FOGGIA, Michele; BARALDI, Elena. *Aureobasidium pullulans* volatile organic compounds as alternative postharvest method to control brown rot of stone fruits. **Food microbiology**, v. 87, p. 103395, 2020.

DONG, Fang et al. Recent advances in the emission and functions of plant vegetative volatiles. **Molecules**, v. 21, n. 2, p. 124, 2016.

DUCHAMP-VIRET, Patricia; DUCHAMP, André; CHAPUT, Michel A. Single olfactory sensory neurons simultaneously integrate the components of an odour mixture. **European Journal of Neuroscience**, v. 18, n. 10, p. 2690-2696, 2003.

- DUNN, Derek W. Stability in fig tree–fig wasp mutualisms: how to be a cooperative fig wasp. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 130, n. 1, p. 1-17, 2020.
- DZUL-BEH, Angel de Jesús et al. In vitro growth inhibition and bactericidal activity of spathulenol against drug-resistant clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 29, p. 798-800, 2020.
- EBAJO JR, Virgilio D.; SHEN, Chien-Chang; RAGASA, Consolacion Y. Terpenoids and sterols from *Hoya multiflora* Blume. **J Appl Pharm Sci**, v. 5, n. 3, p. 33-9, 2015.
- ECHEVERRIA, G. et al. Volatile production, quality and aroma-related enzyme activities during maturation of ‘Fuji’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 3, p. 217-227, 2004.
- EL-FISHAWY, Ahlam; ZAYED, Rawia; AFIFI, Sherif. Phytochemical and pharmacological studies of *Ficus auriculata* Lour. **Journal of Natural Products**, v. 4, p. 184-195, 2011.
- ELLONG, Emy Njoh et al. Polyphenols, carotenoids, vitamin C content in tropical fruits and vegetables and impact of processing methods. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, n. 03, p. 299, 2015.
- ERCISLI, Sezai et al. Color and antioxidant characteristics of some fresco fig (*Ficus carica* L.) genotypes from Northeastern Turkey. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, n. 3, p. 271-276, 2012.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Major Tropical Fruits – Market Review 2019**. Rome, 2020.
- FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, Cs. **Safety of Food and Beverages: Spices and Seasonings**. 2014.
- FARNETI, Brian et al. Dynamic volatile organic compound fingerprinting of apple fruit during processing. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 21-28, 2015.
- FERNANDES, Fatima et al. Volatile constituents throughout *Brassica oleracea* L. var. *acephala* germination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 15, p. 6795-6802, 2009.
- FERNANDES, Fabiano AN et al. Ultrasound-assisted air-secoing of apple (*Malus domestica* L.) and its effects on the vitamin of the dried product. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 7, p. 1503-1511, 2015.

FERNÁNDEZ, Ismael Montero et al. Characterization of Bioactive Compounds in Northern Amazon Fruits. **Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.

FERNÁNDEZ, I.; CHAGAS, E.; FILHO, A.A.; MALDONADO, S.A.; SANTOS, R.; RIBEIRO, P.R.; CHAGAS, P.C.; MELO, A.C. Characterization of Bioactive Compounds in Northern Amazon Fruits. **The Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 134-144, 2019.

FERNÁNDEZ-CERVANTES, Marcos et al. Analysis of the essential oils of *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. from Spain as a contribution to reinforce its ethnobotanical use. **Forests**, v. 10, n. 7, p. 539, 2019.

FLORES, Pilar; HELLÍN, Pilar; FENOLL, José. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. **Food chemistry**, v. 132, n. 2, p. 1049-1054, 2012.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Aroma of minor tropical fruits. **Flavour and fragrance journal**, v. 20, n. 4, p. 358-371, 2005.

FRANZBLAU, Scott G. et al. Rapid, low-technology MIC determination with clinical *Mycobacterium tuberculosis* isolates by using the microplate Alamar Blue assay. **Journal of clinical microbiology**, v. 36, n. 2, p. 362-366, 1998.

FREITAS, Thais Pádua et al. Volatile Compounds and Physicochemical Quality of Four Jabuticabas (*Plinia* sp.). **Molecules**, v. 25, n. 19, p. 4543, 2020.

GAILLARD, Isabelle; ROUQUIER, Sylvie; GIORGI, Dominique. Olfactory receptors. **Cellular and Molecular Life Sciences CMLS**, v. 61, n. 4, p. 456-469, 2004.

GARCÍA-MAGAÑA, María et al. Functional properties and dietary fiber characterization of mango processing by-products (*Mangifera indica* L., cv Ataulfo and Tommy Atkins). **Plant foods for human nutrition**, v. 68, n. 3, p. 254-258, 2013.

GIOVANNONI, James et al. The epigenome and transcriptional dynamics of fruit ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, p. 61-84, 2017.

GITHINJI, C. G. et al. Antinociceptive effects of stigmasterol and 9-hexacosene isolated from *mondia whytei* (hook. f.) root. **International Journal of Phytopharmacology**, v. 2, p. 70-75, 2011.

GIUFFRIDA, Daniele et al. Valorisation of Schinus molle fruit as a source of volatile compounds in foods as flavours and fragrances. **Food Research International**, v. 133, p. 109103, 2020.

GNAIGER, E.; BITTERLICH, G. Proximate biochemical composition and caloric content calculated from elemental CHN analysis: a stoichiometric concept. **Oecologia**, v. 62, n. 3, p. 289-298, 1984.

GOFF, Stephen A.; KLEE, Harry J. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value?. **Science**, v. 311, n. 5762, p. 815-819, 2006.

GOL, Neeta B.; CHAUDHARI, Manu L.; RAO, TV Ramana. Effect of edible coatings on quality and shelf life of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 78-91, 2015.

GONÇALVES, João L. et al. A powerful methodological approach combining headspace solid phase microextraction, mass spectrometry and multivariate analysis for profiling the volatile metabolomic pattern of beer starting raw materials. **Food Chemistry**, v. 160, p. 266-280, 2014.

GRIGIO, Maria Luiza et al. Qualitative evaluation and biocompounds present in different parts of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruit. **African Journal of Food Science**, v. 11, n. 5, p. 124-129, 2017.

GRISON-PIGÉ, Laure et al. Fig volatile compounds: a first comparative study. **Phytochemistry**, v. 61, n. 1, p. 61-71, 2002.

GUO, Xiangyang et al. Changes of volatile compounds and odor profiles in Wuyi rock tea during processing. **Food Chemistry**, v. 341, p. 128230, 2021.

GUTH, H. Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 3027-3032, 1997.

HAMID, A. A. et al. *Thaumatococcus daniellii* leaves: its chemical compositions, antioxidant and antimicrobial activities. **Ife Journal of Science**, v. 19, n. 2, p. 409-416, 2017.

HAMINIUK, Charles WI et al. Phenolic compounds in fruits—an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 10, p. 2023-2044, 2012.

HARA, Takafumi et al. Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. **The Journal of Physiological Sciences**, v. 67, n. 2, p. 283-301, 2017.

HARZALLAH, Arij et al. Phytochemical content and antioxidant activity of different fruit parts juices of three figs (*Ficus carica* L.) varieties grown in Tunisia. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 255-267, 2016.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, Erika et al. Chemical composition of *Acacia farnesiana* (L) wild fruits and its activity against *Mycobacterium tuberculosis* and dysentery bacteria. **Journal of ethnopharmacology**, v. 230, p. 74-80, 2019.

HERRE, Edward Allen; JANDÉR, K. Charlotte; MACHADO, Carlos Alberto. Evolutionary ecology of figs and their associates: recent progress and outstanding puzzles. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 39, p. 439-458, 2008.

HOSTETLER, Gregory L.; RALSTON, Robin A.; SCHWARTZ, Steven J. Flavones: Food sources, bioavailability, metabolism, and bioactivity. **Advances in Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 423-435, 2017.

IAL-INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 2008.

JANJARASSKUL, Theeranun; SUPPAKUL, Panuwat. Active and intelligent packaging: The indication of quality and safety. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 5, p. 808-831, 2018.

JANZANTTI, Natália S. et al. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit. **LWT-Food science and technology**, v. 46, n. 2, p. 511-518, 2012.

JENNINGS, Hannah Maria et al. Food or medicine? The food–medicine interface in households in Sylhet. **Journal of ethnopharmacology**, v. 167, p. 97-104, 2015.

JIANG, Guangyang et al. Preparation and characterization of indicator films from carboxymethyl-cellulose/starch and purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) lam) anthocyanins for monitoring fish freshness. **International journal of biological macromolecules**, v. 143, p. 359-372, 2020.

- JIROVETZ, L. et al. Analysis of the composition and aroma of the essential leaf oil of *Syzygium travancoricum* from south india by GC-FID, GC-MS, and olfactometry. Seasonal changes of composition. **Chromatographia**, v. 53, n. 1, p. S372-S374, 2001.
- JONES, David L. Organic acids in the rhizosphere—a critical review. **Plant and soil**, v. 205, n. 1, p. 25-44, 1998.
- JOSEPH, Baby; RAJ, S. Justin. Phytopharmacological properties of *Ficus racemosa* Linn-An overview. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review**, v. 3, n. 2, p. 134-138, 2010.
- JUNG, Jooyeoun; DENG, Zilong; ZHAO, Yanyun. Mechanisms and performance of cellulose nanocrystals Pickering emulsion chitosan coatings for reducing ethylene production and physiological disorders in postharvest ‘Bartlett’ pears (*Pyrus communis* L.) during cold storage. **Food chemistry**, v. 309, p. 125693, 2020.
- JUNIOR, VF Veiga et al. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne—A comparative study. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 112, n. 2, p. 248-254, 2007.
- KADER, A. A. Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 11, p. 1863–1868, 2008.
- KARIUKI, David Kinuthia et al. Analgesic and anti-inflammatory activities of 9-Hexacosene and Stigmasterol isolated from *Mondia whytei*. **Phytopharmacology**, 2(1) 212-223, 2012.
- KAUPP, U. Benjamin. Olfactory signalling in vertebrates and insects: differences and commonalities. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 11, n. 3, p. 188-200, 2010.
- KELLER, Nicolas et al. Ethylene removal and fresh product storage: a challenge at the frontiers of chemistry. Toward an approach by photocatalytic oxidation. **Chemical reviews**, v. 113, n. 7, p. 5029-5070, 2013.
- KEN F. Tropical Plants Database, tropical.theferns.info. 2019-11-20. <tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Ficus+americana>
- KHAN, Iqra Haider; JAVAID, Arshad. Antifungal, antibacterial and antioxidant components of ethyl acetate extract of quinoa stem. **Plant Protection**, v. 3, n. 03, p. 125-130, 2019.

KIM, Soo-Kyung; GODDARD, William A. Predicted 3D structures of olfactory receptors with details of odorant binding to OR1G1. *Journal of computer-aided molecular design*, v. 28, n. 12, p. 1175-1190, 2014.

KINUPP, Valdely Ferreira; LORENZI, Harri J. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. 2014.

KUPPUSAMY, Palaniselvam et al. Quantification of major phenolic and flavonoid markers in forage crop *Lolium multiflorum* using HPLC-DAD. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 28, n. 3, p. 282-288, 2018.

KHAN, Kiran Yasmin et al. Hypoglycemic potential of genus *Ficus* L.: a review of ten years of plant-based medicine used to cure diabetes (2000–2010). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 1, n. 06, p. 223-227, 2011.

KIGATHI, Rose N. et al. Emission of volatile organic compounds after herbivory from *Trifolium pratense* (L.) under laboratory and field conditions. *Journal of Chemical Ecology*, v. 35, n. 11, p. 1335-1348, 2009.

KRUMREICH, Fernanda Doring et al. Teor de cinzas em acessos de abóboras (*cucurbita máxima* l.) do Rio Grande do Sul. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS PARA A REGIÃO SUL, 8., 2013, Passo Fundo: anais. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2013., 2013.

KUETE, V. et al. Antimicrobial activity of the crude extracts and compounds from *Ficus chlamydocarpa* and *Ficus cordata* (Moraceae). *Journal of ethnopharmacology*, v. 120, n. 1, p. 17-24, 2008.

LEAO, Dalfran Samleio Sampaio; PEIXOTO, Jose Ricardo; VIEIRA, Jairo Vidal. Teor de licopeno e de sólidos solúveis totais em oito cultivares de melancia. *Bioscience Journal*, v. 22, n. 3, 2006.

LEITE, Viviane Goncalves; MANSANO, Vidal Freitas; TEIXEIRA, Simone Padua. Floral development of Moraceae species with emphasis on the perianth and androecium. *Flora*, v. 240, p. 116-132, 2018.

LEWINSOHN, Efraim et al. Carotenoid pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 8, p. 3142-3148, 2005.

LOPES, Célia Regina Araújo Soares. Herbário da Amazônia Meridional, Mato Grosso (HERBAM). **Unisanta BioScience**, v. 4, n. 6, p. 36-39, 2015.

LI, Dong et al. Involvement of energy metabolism to chilling tolerance induced by hydrogen sulfide in cold-stored banana fruit. **Food chemistry**, v. 208, p. 272-278, 2016.

LI, Shuangjiang et al. Biogenic volatile organic compound emissions from leaves and fruits of apple and pêsego trees during fruit development. **Journal of Environmental Sciences**, v. 108, p. 152-163, 2021.

LIU, Ru et al. Characterization of odors of wood by gas chromatography-olfactometry with removal of extractives as attempt to control indoor air quality. **Molecules**, v. 23, n. 1, p. 203, 2018.

LIU, Kewei; ZHANG, Chao. Volatile organic compounds gas sensor based on quartz crystal microbalance for fruit fresconess detection: A review. **Food Chemistry**, v. 334, p. 127615, 2021.

LUFU, Robert; AMBAW, Alemayehu; OPARA, Umezuruike Linus. The contribution of transpiration and respiration processes in the mass loss of pomegranate fruit (cv. Wonderful). **Postharvest Biology and Technology**, v. 157, p. 110982, 2019.

LAUNAY, Guillaume et al. Modeling of mammalian olfactory receptors and docking of odorants. *Biophysical reviews*, v. 4, n. 3, p. 255-269, 2012.

MAIA, Geraldo Arraes et al. Development of mixed beverages based on tropical fruits. In: **Non-alcoholic beverages**. Woodhead Publishing, 2019. p. 129-162.

MAIKHUNTHOD, Bussayarat; MARRIOTT, Philip J. Aroma-impact compounds in dried spice as a quality index using solid phase microextraction with olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography. **Food chemistry**, v. 141, n. 4, p. 4324-4332, 2013.

MAGHSOUDLOU, Elahe; ESMAEILZADEH KENARI, Reza; RAFTANI AMIRI, Zeinab. Evaluation of antioxidant activity of fig (*Ficus carica*) pulp and skin extract and its application in enhancing oxidative stability of canola oil. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 4, p. e13077, 2017.

- MAKHIJA, Inder Kumar; SHARMA, Indra Prakash; KHAMAR, Devang. Phytochemistry and Pharmacological properties of *Ficus religiosa*: an overview. **Annals of Biological Research**, v. 1, n. 4, p. 171-180, 2010.
- MALIK, Inass O. et al. In vitro availability of minerals of some tropical and cítrico fruits as influenced by antinutritional factors. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 48, n. 1, p. 65-68, 2004.
- MAKHIJA, Inder Kumar; SHARMA, Indra Prakash; KHAMAR, Devang. Phytochemistry and Pharmacological properties of *Ficus religiosa*: an overview. **Annals of Biological Research**, v. 1, n. 4, p. 171-180, 2010.
- MARI, Marta; BAUTISTA-BANOS, Silvia; SIVAKUMAR, Dharini. Decay control in the postharvest system: Role of microbial and plant volatile organic compounds. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 70-81, 2016.
- MARMITT, Luana Gabriela; BETTI, Jonas; OLIVEIRA, Eniz Conceição. Determinação de ácido cítrico e ph em diferentes cultivares de limão e marcas de sucos artificiais de limão em pó. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 8, n. 4, 2016.
- MATLOUB, A. A. et al. Phytochemical and biological studies on *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong Pericarps. **J. Mater. Environ. Sci**, v. 9, p. 2768-2778, 2018.
- MCMURRY, John. **Química orgânica: combo**. Cengage Learning, 2012.
- MEDINA, Aline Lisboa et al. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 916-922, 2011.
- MELO, Caroline Mourão et al. α , β -amyrin, a natural triterpenoid ameliorates L-arginine-induced acute pancreatitis in rats. **World Journal of Gastroenterology: WJG**, v. 16, n. 34, p. 4272, 2010.
- MIGLIORE, Giuseppina et al. Consumer interest towards tropical fruit: factors affecting avocado fruit consumption in Italy. **Agricultural and Food Economics**, v. 5, n. 1, p. 24, 2017.
- MILANETTI, Edoardo et al. Investigation of the binding between olfactory receptors and odorant molecules in *C. elegans* organism. *Biophysical chemistry*, v. 255, p. 106264, 2019.

- MISBAH, Hasni; AZIZ, Azlina Abdul; AMINUDIN, Norhaniza. Antidiabetic and antioxidant properties of *Ficus deltoidea* fruit extracts and fractions. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 13, n. 1, p. 118, 2013.
- MIYAZAWA, Mitsuo et al. Characteristic odor components of essential oil from *Scutellaria laeteviolacea*. **Journal of oleo science**, v. 62, n. 1, p. 51-56, 2013.
- MIYAZAWA, Mitsuo et al. Volatile compounds with characteristic odor of essential oil from *Magnolia obovata* leaves by hydrodistillation and solvent-assisted flavor evaporation. **Journal of oleo science**, v. 64, n. 9, p. 999-1007, 2015.
- MMA. Bioma Amazônia. Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>. Acesso em 11 jun. 2020.
- MOHAN, C. O.; RAVISHANKAR, C. N. Active and intelligent packaging systems- Application in seafood. 2019.
- MOLYNEUX, Philip et al. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 26, n. 2, p. 211-219, 2004.
- MONSELISE, Shaul P. **Handbook of fruit set and development**. CRC press, 2018.
- MOZAFFARIAN, Dariush. Dietary and policy priorities to reduce the global crises of obesity and diabetes. **Nature Food**, v. 1, n. 1, p. 38-50, 2020.
- MUÑOZ-VILLA, Alejandra et al. Ácido Cítrico: Compuesto Interesante Citric Acid: Interesting Compound. **Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila**, v. 6, n. 12, 2014.
- MUÑOZ-ROBREDO, Pablo et al. Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. **Chilean journal of agricultural research**, v. 71, n. 3, p. 452, 2011.
- MURUGAN, Rajan; ARUNACHALAM, Karuppusamy; PARIMELAZHAGAN, Thangaraj. Antioxidant, anti-inflammatory activity, and phytochemical constituents of *Ficus* (*Ficus amplissima* Smith) Bark. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 1, p. 59-67, 2012.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al. Dietary reference intakes for sodium and potassium. 2019.

NERI-NUMA, Iramaia Angélica et al. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh—Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food research international**, v. 50, n. 1, p. 70-76, 2013.

NERI-NUMA, Iramaia Angélica et al. Preliminary evaluation of antioxidant, antiproliferative and antimutagenic activities of pitomba (*Talisia esculenta*). **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - food science and technology**, v. 59, n. 2, p. 1233-1238, 2014.

NIZAM, Iram; MUSHFIQ, M. Antioxidant activity of five different solvent extracts of the edible fruits of *Ficus racemosa*. **Oriental Pharmacy and Experimental Medicine**, v. 12, n. 3, p. 189-195, 2012.

OGUNLAJA, Olumuyiwa O. et al. Elemental Distribution and Health Risk Assessment of the Edible Fruits of Two *Ficus* Species, *Ficus sycomorus* L. and *Ficus burtt-davyi* Hutch. **Biological Trace Element Research**, p. 1-12, 2020.

OJHA, Probir Kumar; ROY, Kunal. Chemometric modeling of odor threshold property of diverse aroma components of wine. **RSC advances**, v. 8, n. 9, p. 4750-4760, 2018.

OLIVEIRA, Andreia P. et al. Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. **Food Chemistry**, v. 123, n. 2, p. 548-557, 2010.

PAARAKH, Padmaa M. *Ficus racemosa* Linn.—an overview. **Natural Product Radiance**, 2009.

PAKSOY, Mehmet Yavuz et al. Essential oil composition and antimicrobial activity of two endemic *Kundmannia* SCOP. species from Turkey. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 39-46, 2016.

PATHAK, Namrata et al. Photocatalytic and photochemical oxidation of ethylene: Potential for storage of fresh produce—A review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 6, p. 982-1001, 2017.

PATHAK, N. Photocatalysis and vacuum ultraviolet light photolysis as ethylene removal techniques for potential application in fruit storage. *Ph.D.* **Technische Universität Berlin**, 2019.

PELLISSARI, Gisela; ROMANIUC NETO, Sergio. *Ficus* (Moraceae) from Serra da Mantiqueira, Brazil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p. 91-111, 2013.

- PEREIRA, Cristina et al. Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 64, p. 203-212, 2017.
- PEREIRA-NETTO, Aducto B. Tropical fruits as natural, exceptionally rich, sources of bioactive compounds. **International Journal of Fruit Science**, v. 18, n. 3, p. 231-242, 2018.
- PERES, Marize Terezinha Lopes Pereira et al. Phytotoxic and antioxidant activity of seven native fruits of Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 27, n. 4, p. 836-846, 2013.
- PERSUY, Marie-Annick et al. Mammalian Olfactory Receptors: Molecular Mechanisms of Odorant Detection, 3D-Modeling, and Structure–Activity Relationships. **Progress in molecular biology and translational science**, v. 130, p. 1-36, 2015.
- PICHERSKY, Eran; NOEL, Joseph P.; DUDAREVA, Natalia. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, v. 311, n. 5762, p. 808-811, 2006.
- PINELA, José; CARVALHO, Ana Maria; FERREIRA, Isabel CFR. Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today's society. **Food and Chemical Toxicology**, v. 110, p. 165-188, 2017.
- PIOVESAN, Damiano et al. The human "magnesome": detecting magnesium binding sites on human proteins. **BMC bioinformatics**, v. 13, n. 14, p. 1-8, 2012.
- PODDUTURI, Raju et al. Potential contribution of fish feed and phytoplankton to the content of volatile terpenes in cultured pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 18, p. 3730-3736, 2017.
- PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena—an overview. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 47, n. 1, p. 1-19, 2007.
- PRESCOTT, John; TAYLOR, A.; ROBERTS, D. Psychological processes in flavour perception. **Flavor perception**, p. 256-277, 2004.
- RABELO-RODRIGUES, Francimilton et al. Evaluation of Amazon fruits: chemical and nutritional studies on Borojoa sorbilis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 10, p. 3943-3952, 2018.

- RAMOS, Mônica Freiman de S. et al. Essential oils from myrtaceae species of the Brazilian Southeastern maritime forest (Restinga). **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, n. 2, p. 109-113, 2010.
- REIS, Filipa S. et al. Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 48-62, 2017.
- RIVERA, Nicole Mitidieri et al. A New Species and a New Record of Ficus sect. Pharmacosycea (Moraceae) from Peru. **Systematic Botany**, v. 45, n. 1, p. 91-95, 2020.
- RODRIGUES, Igor A. et al. Development of nanoemulsions to enhance the antileishmanial activity of Copaifera paupera oleoresins. **BioMed Research International**, v. 2018, 2018.
- RONSTED, N. et al. Reconstructing the phylogeny of figs (Ficus, Moraceae) to reveal the history of the fig pollination mutualism. **Symbiosis**, 2008.
- RUFINO, M. do S. M, et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.
- SAAD, Abdelgawad Mohammed; IBRAHIM, Ayman; EL-BIALEE, Nazeer. Internal quality assessment of tomato fruits using image color analysis. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 18, n. 1, p. 339-352, 2016.
- SAJIDA, B.; BARUA, I. C. Socio-cultural value of Ficus species in assamese society. **Ecobios**, v. 4, p. 38-44, 2011.
- SALEHI, F.; ABBASI SHAHKOH, Z.; GODARZI, M. Apricot osmotic secong modeling using genetic algorithm-artificial neural network. **Journal of Innovation in food Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 65-76, 2015.
- SALEHI, Fakhreddin. Recent advances in the modeling and predicting quality parameters of fruits and vegetables during postharvest storage: A review. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. 3, p. 506-520, 2020.
- SALEM, Mohamed ZM et al. Antimicrobial activities and phytochemical composition of extracts of Ficus species: An over view. **African Journal of Microbiology Research**, v. 7, n. 33, p. 4207-4219, 2013.
- SALES, C. et al. Quality classification of Spanish olive oils by untargeted gas chromatography coupled to hybrid quadrupole-time of flight mass spectrometry with atmospheric pressure

chemical ionization and metabolomics-based statistical approach. **Food chemistry**, v. 216, p. 365-373, 2017.

SALMA, Salma et al. FICUS CARICA L.: A panacea of nutritional and medicinal benefits. **Cellmed**, v. 10, n. 1, p. 1.1-1.6, 2020.

SAMIRA, Awole; WOLDETSADIK, Kebede; WORKNEH, Tilahun S. Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. **Journal of food science and technology**, v. 50, n. 5, p. 842-855, 2013.

SANZ, Guenhael et al. Comparison of odorant specificity of two human olfactory receptors from different phylogenetic classes and evidence for antagonism. **Chemical senses**, v. 30, n. 1, p. 69-80, 2005.

SARASWATHI, S.; SENTHAMARAI, R.; SUNDARI, S. Antidiabetic activity of leaves extract of Ficus benghalensis Linn on alloxan induced diabetic rats. **International Journal of Pharmacology & Biological Sciences**, v. 7, n. 3, 2013.

SAYYARI, Mohammad; SALEHI, Fakhreddin; ALVANDI, Sajjad. Application of artificial neural network to modeling the effect of calcium ascorbate on extending button mushroom shelf life. **Innovative Food Technologies**, v. 3, n. 4, p. 27-34, 2016.

SCHERER, Rodrigo; RYBKA, Ana Cecília Poloni; GODOY, Helena Teixeira. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SCHERER, Rodrigo et al. Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. **Food Chemistry**, v. 135, n. 1, p. 150-154, 2012.

SCHULZ, Mayara et al. Aliphatic organic acids and sugars in seven edible ripening stages of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 95, p. 103683, 2020.

SCHWALFENBERG, Gerry K.; GENUIS, Stephen J. The importance of magnesium in clinical healthcare. **Scientifica**, v. 2017, 2017.

- SEDAGHAT, Sahar; RAHEMI, Majid. Effects of physio-chemical changes during fruit development on nutritional quality of fig (*Ficus carica* L. var. 'Sabz') under rain-fed condition. **Scientia Horticulturae**, v. 237, p. 44-50, 2018.
- SEPTEMBRE-MALATERRE, Axelle et al. Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, maracujá and pineapple cultivated in Réunion French Island. **Food Chemistry**, v. 212, p. 225-233, 2016.
- SERENO, Aiane Benevide et al. Mineral profile, carotenoids and composition of cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), a wild Brazilian fruit. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 72, p. 32-38, 2018.
- SERNA-COCK, Liliana; VARGAS-MUÑOZ, Diana Patricia; RENGIFO-GUERRERO, Carlos Andrés. Caracterização química da polpa, casca e sementes de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 3, p. 192-198, 2015.
- SILVA, Danieele Fabíola Pereira et al. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 669-675, 2009.
- SILVA, Gláucia Michelle Cosme et al. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. **Food Chemistry**, v. 237, p. 372-378, 2017.
- SINGH, Damanpreet; SINGH, Bikram; GOEL, Rajesh Kumar. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus religiosa*: A review. **Journal of ethnopharmacology**, v. 134, n. 3, p. 565-583, 2011.
- SIRAJO, Muhammad. Ascorbic Acid, Total Polyphenols and Antioxidant Activity of *Ficus Carica* Fruits. **Journal of Food Chemistry and Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 21-27, 2018.
- SHAMIN-SHAZWAN, Kamaruddin et al. Figs (*Ficus Carica* L.): Cultivation Method and Production Based in Malaysia. **Engineering Heritage Journal (GWK)**, v. 3, n. 2, p. 06-08, 2019.
- SHARKEY, Thomas D.; MONSON, Russell K. Isoprene research—60 years later, the biology is still enigmatic. **Plant, cell & environment**, v. 40, n. 9, p. 1671-1678, 2017.

SHI, Yinxian et al. The genus *Ficus* (Moraceae) used in diet: Its plant diversity, distribution, traditional uses and ethnopharmacological importance. **Journal of ethnopharmacology**, v. 226, p. 185-196, 2018.

SHI, Yin-Xian et al. Preliminary assessment of antioxidant activity of young edible leaves of seven *Ficus* species in the ethnic diet in Xishuangbanna, Southwest China. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 889-894, 2011.

SLATNAR, Ana et al. Effect of secoing of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 21, p. 11696-11702, 2011.

SLINKARD, Karen; SINGLETON, Vernon L. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. **American journal of enology and viticulture**, v. 28, n. 1, p. 49-55, 1977.

SMITH, Robert E.; FINLEY, John W.; LEVEILLE, Gilbert A. Overview of SALATRIM: A family of low-calorie fats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 2, p. 432-434, 1994.

SOARES, Izabele Domingues et al. Caracterização morfológica de fruto, semente e plântula de *Psidium rufum* DC.(Myrtaceae). **Iheringia. Série Botânica.**, v. 72, n. 2, p. 221-227, 2017.

SREEKUMAR, R. et al. Volatile sulfur compounds produced by probiotic bacteria in the presence of cysteine or methionine. **Letters in applied microbiology**, v. 48, n. 6, p. 777-782, 2009.

SU, Congyan et al. Investigation of sugars, organic acids, phenolic compounds, antioxidant activity and the aroma fingerprint of small white apricots grown in Xinjiang. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 12, p. 4300-4311, 2020.

SUN, Shu Yang; JIANG, Wen Guang; ZHAO, Yu Ping. Characterization of the aroma-active compounds in five sweet cherry cultivars grown in Yantai (China). **Flavour and fragrance journal**, v. 25, n. 4, p. 206-213, 2010.

SWATI, Sharma et al. Extraction and identification of pentacyclic compound β -Amyrin (Terpenoid). **Archives of Applied Science Research**, v. 2, n. 2, p. 124-126, 2010.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO. **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**. 2011.

TAKAHASHI, Makoto et al. Influence of fruit ripening on color, organic acid contents, capsaicinoids, aroma compounds, and antioxidant capacity of shimatogarashi (*Capsicum frutescens*). **Journal of Oleo Science**, v. 67, n. 1, p. 113-123, 2018.

TALLARIDA, Ronald J. **Drug synergism and dose-effect data analysis**. Chapman and Hall/CRC, 2000.

TANWAR, Beenu; ANDALLU, B.; MODGIL, Rajni. Influence of processing on physicochemical, nutritional and phytochemical composition of *Ficus carica* L.(fig) products. **Asian Journal of Dairying & Foods Research**, v. 33, n. 1, p. 37-43, 2014.

TAUCHEN, Jan et al. Phenolic composition, antioxidant and anti-proliferative activities of edible and medicinal plants from the Peruvian Amazon. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 6, p. 728-737, 2016.

TEMBO, David T.; HOLMES, Melvin J.; MARSHALL, Lisa J. Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (*Adansonia digitata*) pulp from Malawi. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 40-51, 2017.

TEMÓTEO, Jailma Letícia Marques et al. Avaliação de vitamina C, acidez e pH em polpas de acerola, cajá e goiaba de uma marca comercializada em Maceió-Alagoas. **Proc. VII CONNEPI**, p. 19-21, 2012.

TOMAZONI, Tamires; SIVIERO, Josiane. Consumo de potássio de idosos hipertensos participantes do Programa Hiperdia do município de Caxias do Sul, RS. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 16, n. 4, p. 246-250, 2009.

TROLLER, John A. Influence of water activity on microorganisms in foods. **Food Technology (USA)**, 1980.

TUCKER, G. A. Introduction en Seymour GB, Taylor JE and Tucker GA (Eds.) **Biochemistry of Fruit Ripening**. 1–52. 1993.

TURKEZ, Hasan et al. Cytotoxic and cytogenetic effects of α -copaene on rat neuron and N2a neuroblastoma cell lines. **Biologia**, v. 69, n. 7, p. 936-942, 2014.

UDENSI, K.; TCHOUNWOU, Paul B. Potassium homeostasis, oxidative stress, and human disease. **International journal of clinical and experimental physiology**, v. 4, n. 3, p. 111, 2017.

UKIYA, Motohiko et al. Constituents of compositae plants. 2. Triterpene diols, triols, and their 3-o-fatty acid esters from edible chrysanthemum flower extract and their anti-inflammatory effects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 7, p. 3187-3197, 2001.

UKIYA, Motohiko et al. Constituents of Compositae plants: III. Anti-tumor promoting effects and cytotoxic activity against human cancer cell lines of triterpene diols and triols from edible chrysanthemum flowers. **Cancer letters**, v. 177, n. 1, p. 7-12, 2002.

URMI, Kaniz Fatima et al. Hypoglycemic and hypolipidemic activity of aqueous extract of *Ficus racemosa* seeds. **Pharmacognosy Communications**, v. 2, p. 38-41, 2012.

USHIE, O. A.; ADAMU, H. M.; CHINDO, I. Y. β -amyrin-3-acetate Detected in Methanolic Leaf Extract of *Chrysophyllum albidum*. **Journal of Chemical Society of Nigeria**, v. 43, n. 2, 2018.

VAN, P. Kiem et al. Chemical constituents and antioxidant activity of *Ficus callosa*. **Natural product communications**, v. 6, n. 2, p. 159-162, 2011.

VAN OPSTAELE, Filip et al. Characterization of novel varietal floral hop aromas by headspace solid phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry/olfactometry. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 50, p. 12270-12281, 2012.

VARARU, Florin et al. Selection of aroma compounds for the differentiation of wines obtained by fermenting musts with starter cultures of commercial yeast strains. **Food chemistry**, v. 197, p. 373-381, 2016.

VERMA, Sunita. A Review Study on Phytochemical and Pharmacological Properties of *Ficus benghalensis* (Indian Banyan Tree). **International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology**, v. 2, n. 4, p. 73-75, 2016.

VERZERA, Antonella et al. Leaf removal and wine composition of *Vitis vinifera* L. cv. Nero d'Avola: the volatile aroma constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 1, p. 150-159, 2016.

VILELA, Carla et al. The ripe pulp of *Mangifera indica* L.: A rich source of phytosterols and other lipophilic phytochemicals. **Food Research International**, v. 54, n. 2, p. 1535-1540, 2013.

VILELA, Alice et al. Beverage and food fragrance biotechnology, novel applications, sensory and sensor techniques: An overview. **Foods**, v. 8, n. 12, p. 643, 2019.

VILLALBA, Juan J.; PROVENZA, Frederick D. Foraging in chemically diverse environments: energy, protein, and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lambs. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 1, p. 123-138, 2005.

VILLALOBOS, M. C. et al. Influence of modified atmosphere packaging (MAP) on aroma quality of figs (*Ficus carica* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 136, p. 145-151, 2018.

VILLATORO, C. et al. Changes in biosynthesis of aroma volatile compounds during on-tree maturation of 'Pink Lady®' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 286-295, 2008.

VIRGOLIN, Lara Borghi; SEIXAS, Fernanda Rosan Fortunato; JANZANTTI, Natália Soares. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 933-941, 2017.

VIVALDO, Gianna et al. The network of plants volatile organic compounds. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-18, 2017.

WALKER, Robert P.; FAMIANI, Franco. Organic acids in fruits: metabolism, functions and contents. **Hortic. Rev**, v. 45, p. 371-430, 2018.

WANG, Haidan et al. Construction of Bi₂WO₆-TiO₂/starch nanocomposite films for visible-light catalytic degradation of ethylene. **Food Hydrocolloids**, v. 88, p. 92-100, 2019a.

WANG, Shuo et al. Packaging films formulated with gelatin and anthocyanins nanocomplexes: Physical properties, antioxidant activity and its application for olive oil protection. **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 617-624, 2019b.

WEBER, Anderson et al. Influence of respiratory quotient dynamic controlled atmosphere (DCA-RQ) and ethanol application on softening of Braeburn apples. **Food chemistry**, v. 303, p. 125346, 2020.

- WEI, Haiying et al. Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: A review. **Food Chemistry**, v. 337, p. 127750, 2021.
- WU, Chunyan et al. trans-Caryophyllene is a natural agonistic ligand for peroxisome proliferator-activated receptor- α . **Bioorganic & medicinal chemistry letters**, v. 24, n. 14, p. 3168-3174, 2014.
- XANTHOPOULOS, Georgios T. et al. The contribution of transpiration and respiration in water loss of perishable agricultural products: The case of pears. **Biosystems Engineering**, v. 158, p. 76-85, 2017.
- XIAO, Zuobing et al. Characterization of odor-active compounds of various Chrysanthemum essential oils by gas chromatography–olfactometry, gas chromatography–mass spectrometry and their correlation with sensory attributes. **Journal of Chromatography B**, v. 1009, p. 152-162, 2016.
- YASUKAWA, Ken et al. Inhibitory effect of heliantriol C; a component of edible Chrysanthemum, on tumor promotion by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate in two-stage carcinogenesis in mouse skin. **Phytomedicine**, v. 5, n. 3, p. 215-218, 1998.
- YAO, Yi-Qun et al. Anti-tumor effect of β -elemene in glioblastoma cells depends on p38 MAPK activation. **Cancer letters**, v. 264, n. 1, p. 127-134, 2008.
- YONG, Huimin; LIU, Jun. Recent advances in the preparation, physical and functional properties, and applications of anthocyanins-based active and intelligent packaging films. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100550, 2020.
- ZULFIKER, Abu Hasanat Md et al. Hypoglycemic and in vitro antioxidant activity of ethanolic extracts of *Ficus racemosa* Linn. fruits. **American Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 2, n. 3, p. 391-400, 2011.