



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA -
MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS**

JOSEANE LUIZA GOMES

**AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E CITOTÓXICA EM
ACESSOS DE ARAÇÁ (*Psidium cattleianum* Sabine e *P. myrtoides* Berg.)**

RECIFE-PE

2020

JOSEANE LUIZA GOMES

AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E CITOTÓXICA EM
ACESSOS DE ARAÇÁ (*Psidium cattleianum* Sabine e *P. myrtoides* Berg.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na área de concentração em Melhoramento Genético de Plantas (PPGAMGP) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Melhoramento Genético de Plantas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Christina Brasileiro Vidal

Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Márcia Vanusa da Silva

Dr. José Severino de Lira Junior

RECIFE
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G633a Gomes, Joseane Luiza
Avaliação das atividades antioxidante e citotóxica em acessos de araçá
(*Psidium cattleianum* Sabine e *P. myrtoides*/ Joseane Luiza Gomes. – 2020.
86 f. : il.

Orientadora: Ana Christina Brasileiro Vidal
Coorientadores: Márcia Vanusa da Silva e José Severino de Lira Júnior

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoria Genética de Plantas, Recife, BR-PE, 2020.
Inclui referências e anexo(s).

1. Frutos 2. Acessos 3. Antioxidantes 4. Citotóxicas 5. Alimentos funcionais
I. Vidal, Ana Christina Brasileiro orient. II. Silva, Márcia Vanusa e Lira Júnior, José Severino coorient. III. Título

CDD 581.15

JOSEANE LUIZA GOMES

**AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E CITOTÓXICA EM
ACESSOS DE ARAÇÁ (*Psidium cattleianum* Sabine e *P. myrtilodes* Berg.)**

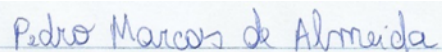
Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: 20/10/2020

BANCA EXAMINADORA



Dra. Ana Christina Brasileiro Vidal

Departamento de Genética – Universidade Federal de Pernambuco
(Orientadora)



Dr. Pedro Marcos de Almeida

Departamento de Genética – Universidade Estadual do Piauí
(Membro titular externo)



Dra. Jaciana dos Santos Aguiar

Departamento de Antibióticos – Universidade Estadual de Pernambuco
(Membro titular externo)



Dr. Reginaldo de Carvalho

Departamento de Biologia – Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Membro titular interno)

RECIFE
2020

Dedico...

Aos meus pais, Maria Luiza e Pedro José,

Por todo amor, incentivo e paciência em todos os momentos.

Ao meu querido esposo, Everaldo do Nascimento Jr.

A minha mais nova inspiração, minha filha Maria Júlia,

Hoje, minha maior motivação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que nos concede valiosas oportunidades na vida, mostrando os caminhos certos e propícios para a nossa evolução, além de sempre nos amparar nos momentos mais difíceis da vida.

Aos meus pais, Maria Luiza e Pedro, que com muita luta me forneceram a base necessária para que eu alcançasse meus objetivos e seguisse com meus próprios passos, mas sempre respeitando os limites. Vocês são meu alicerce, meu porto seguro, minha maior fortaleza.

As minhas irmãs, Lindalva, Hosana e Ana Lúcia, por todo apoio e paciência nos momentos bons e ruins da vida. Tenho as melhores irmãs do mundo, podem contar comigo sempre.

Agradeço também ao meu esposo Junior, por toda paciência durante este período, sempre acreditando que daria tudo certo. Obrigado pelo melhor e maior de todos os presentes, nossa filha, Maria Júlia.

A minha orientadora Dra. Ana Christina Brasileiro Vidal, pela oportunidade e confiança em mim depositadas. Agradeço pelos conselhos, bem como aos auxílios prestados em todas as circunstâncias, a senhora é uma referência de mestre, pesquisadora e profissional para mim.

Aos meus Coorientadores Profa. Dra. Márcia Vanusa da Silva e Dr. José Severino de Lira Júnior, por todas as sugestões ao longo do trabalho que foram fundamentais na condução desta pesquisa.

A Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco pela disponibilidade e fornecimentos dos frutos.

Ao Laboratório de Produtos Naturais localizado no Departamento de Bioquímica da UFPE, pelo auxílio na execução dos experimentos, em especial ao técnico Bruno Veras, ao Dr. Alexandre Gomes (*in memoriam*) e à mestranda Deyse Caroline, pela ajuda tão fundamental neste trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Euzébio, pela disponibilidade e ajuda tão fundamental na interpretação dos dados estatísticos. Um excelente profissional e um ser humano incrível.

À colaboração da Dra. Silvany Araújo (*in memoriam*) por tudo que aprendi com você sobre cultura de células, sempre lhe admirei muito pela mulher

batalhadora que era, além de ser uma das pessoas mais inteligentes que tive a honra de conviver e aprender tanto, você nunca será esquecida.

Ao doutorando Rafael por toda ajuda na execução dos experimentos, bem como pelas sugestões e tiradas de dúvidas ao longo do trabalho, você é um ser de luz, lhe desejo todo sucesso do mundo.

À toda equipe do Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal, do Departamento de Genética, em especial a professora Dra. Ana Benko por toda receptividade, às técnicas Vanessa e Jaysa, as minhas queridas colegas de trabalho Palloma Lima, Bruna Rafaelle, Ruana, Rafaela, e a todos que contribuiriam para realização deste sonho. Vocês são ótimos!

Ao Laboratório de Genética e Citogenética Animal e Humana pela disponibilidade e execução dos experimentos de cultura de células, em especial à professora Neide por todo carinho e alegria que contagia todos a sua volta.

Ao laboratório de Biologia Molecular, do Departamento de Bioquímica da UFPE, por disponibilizar o espectrofotômetro para leitura do teste de viabilidade celular MTT.

Ao laboratório Leal, do Departamento de Nutrição da UFPE, em especial ao técnico Camilo, pela ajuda e disponibilidade na realização das análises de Brix, pH e acidez.

Aos meus queridos colegas de turmas, Roberta, Juliana, Gisele, Ruana, Fernanda, Agnes, Eduardo por tornarem tudo mais leve. Agradeço também a minha querida amiga desde a graduação Maria Caroline, que tanto me incentivou a tentar a seleção do mestrado e por motivos de forças maior não finalizou, essa conquista e nossa.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade e realização deste sonho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma na execução deste trabalho.

Meu muito obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar
a um objetivo”.

- José de Alencar

RESUMO

Os araçás amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) e roxo (*P. myrtoides* Berg.), pertencentes à família Myrtaceae, são espécies nativas do Brasil, arbustivas, com frutos carnosos, adocicados e amplamente utilizados *in natura*. O presente estudo teve como objetivo avaliar os potenciais antioxidante e citotóxico dos extratos aquosos dos frutos de quatro acessos de *P. cattleianum* e dois de *P. myrtoides*, usando concentrações entre 1,56 e 50,0 mg/mL. Análises de teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável foram realizadas diretamente na polpa *in natura*. Perfil fitoquímico foi realizado por cromatografia em camada delgada e a dosagem de fenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteu, enquanto a atividade antioxidante foi avaliada pelos métodos de DPPH e ABTS, e a citotoxicidade pelo ensaio de MTT. Para *P. cattleianum*, o acesso IPA 1.32 apresentou maior atividade antioxidante tanto no método DPPH (958,51 mg de AAE/100 g), quanto no ABTS (92,96 mg de AAE/100 g), além de ter apresentado o maior conteúdo fenólico (68,16 mg de GAE/100 g). Em ambos os acessos de *P. myrtoides*, a atividade antioxidante foi significativamente maior quando comparada aos acessos de *P. cattleianum*. Para *P. myrtoides*, o acesso de maior atividade antioxidante foi o IPA 1.5, com 3069,81 e 1064,11 mg de AAE/100 g, para o DPPH e ABTS, respectivamente, com elevado teor de compostos fenólicos (155,68 mg de GAE/100 g). Ambos os acessos apresentaram compostos fenólicos e flavonoides, enquanto taninos e antocianinas foram observados apenas em *P. myrtoides*. O extrato aquoso de *P. cattleianum* não foi citotóxico para linhagem de fibroblastos murinos (L929) pelo teste de MTT, enquanto o extrato de *P. myrtoides* revelou citotoxicidade nas maiores concentrações (25 e 50 mg/mL). Desta forma, os frutos de ambos os araçás, principalmente *P. myrtoides* são fontes de metabólitos capazes de atuar como antioxidantes naturais, e o seu consumo pode ser indicado como parte de uma dieta equilibrada para manutenção a saúde, sendo promissores para uso como alimentos funcionais.

PALAVRAS-CHAVES: Alimento funcional, antioxidante, araçá amarelo, araçá roxo, citotoxicidade.

ABSTRACT

The yellow (*Psidium cattleianum* Sabine) and purple (*P. myrtoides* Berg.) araçás, belonging to the Myrtaceae family, are shrub natives from Brazil, with fleshy and sweet fruits, widely used *in natura*. The present study aimed to evaluate the antioxidant and cytotoxic potentials of aqueous extracts of fruits of four *P. cattleianum* and two *P. myrtoides* accessions, using concentrations between 1.56 and 50.0 mg/mL. Soluble solid content, pH, and titratable acidity analyses were performed directly on the fresh pulp. The phytochemical profile was performed by thin layer chromatography and the measurement of total phenols by folin-ciocalteu method, while antioxidant activity was evaluated by DPPH and ABTS methods, and cytotoxicity by MTT cell viability assay. For *P. cattleianum*, the IPA 1.32 accession showed greater antioxidant activity both for DPPH (958.51 mg of AAE/100 g) and ABTS (92.96 mg of AAE/100 g) methods, in addition to presenting the highest phenolic content (68.16 mg of GAE/100 g). In both accessions of *P. myrtoides*, the antioxidant activity was significantly higher when compared to *P. cattleianum* accessions. For *P. myrtoides*, the accession with the highest antioxidant activity was IPA 1.5, with 3069.81 and 1064.11 mg of AAE/100 g, for DPPH and ABTS, respectively, also with a high content of phenolic compounds (155.68 mg of GAE/100 g). Both accessions showed phenolic compounds and flavonoids, while tannins and anthocyanins were observed only in *P. myrtoides*. The aqueous extract of *P. cattleianum* was not cytotoxic for murine fibroblast cells (line L929) by MTT test, whereas *P. myrtoides* extract revealed cytotoxicity in the highest concentrations (25 and 50 mg/mL). Thus, the fruits of both araçás, mainly *P. myrtoides* (purple araçá), are sources of metabolites able to act as natural antioxidants, and their consumption can be indicated as part of a balanced diet for maintaining health, being promising for use as functional foods.

Keywords: Antioxidant, cytotoxicity, functional food, purple araçá, yellow araçá.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo I

- Figura 1.** *Psidium cattleianum*. (A) Planta em crescimento; (B) frutos verdes; (C) frutos em processo de amadurecimento (C). Fonte: (A) Autor (2018); (B) Lira J. S. J. (2018); (C) Vanin, (2015) **23**
- Figura 2.** *Psidium myrtoides* (A) Planta em crescimento; (B) inflorescência; (C) frutos em processo de amadurecimento (C). Fonte: (A) Autor, (B) Lira J. S. J (IPA), (C) Vanin (2015). **25**
- Figura 3.** Estrutura básica dos compostos fenólicos (A; adaptada de Castro, 2012, e dos flavonoides (B; adaptada de Jamová et al., 2019) **31**
- Figura 4.** Efeitos do estresse oxidativo. Fonte: adaptado de Billher e Takahashi (2018) **33**
- Figura 5.** Estabilização do radical DPPH. Fonte: Rufino et al. (2008) **37**
- Figura 6.** Estabilização do radical ABTS⁺ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio. Fonte: Rufino et al. (2007) **37**
- Figura 7.** Conversão do MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il] -2,5-difeniltetrazólio) a formazan no ensaio de viabilidade celular do MTT. Fonte: Sittampalam et al. (2004) **38**

Capítulo II

- Figura 1.** Viabilidade celular de diferentes concentrações de extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* acesso IPA 1.32 (A) e *Psidium myrtoides* acesso IPA 1.5 (B) em ensaio de MTT. Valores correspondentes à média da porcentagem de viabilidade celular (cinco repetições/tratamento) e o desvio padrão. CN: Controle Negativo; CP: controle positivo. *Médias estatisticamente diferentes quando comparadas com o controle negativo pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,01$) **58**

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

- Tabela 1.** Alguns metabólitos secundários encontrados nos frutos de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) 24
- Tabela 2.** Principais metabólitos secundários e suas principais classes sintetizadas pelas plantas. Fonte: adaptado de Luthria (2006); Fehlberg (2011); Silva (2013); Pichersky; Raguso (2016); Alamgir (2018) 30
- Tabela 3.** Propriedades e reatividade das espécies reativas de oxigênio (ROS), seu modo de ação, local de produção, assim como seu sistema de neutralização 34

Capítulo II

- Tabela 1.** Peso médio dos frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*, das polpas e rendimento após o processo de liofilização..... 57
- Tabela 2.** Sistemas de diluição e reveladores utilizados na triagem fitoquímica..... 59
- Tabela 3.** Características físico-química das polpas dos frutos de *Psidium cattleianum* e *P. myrtoides*, correspondente ao teor de sólidos solúveis, do pH e da acidez titulável..... 62

Tabela 4. Metabólitos secundários revelados pela análise de cromatografia em camada delgada (CCD) Dos extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *P. myrtoides* **64**

Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais em mg de ácido gálico por 100 g do extrato fresco e atividade antioxidante dos extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *P. myrtoides* expressa em equivalentes ao ácido ascórbico (mg de AAE/100 g fruto fresco) pelos métodos de DPPH e ABTS..... **65**

Anexos

Anexo 1. Atividade antioxidante dos extratos dos frutos de <i>Psidium cattleianum</i> e <i>P. myrtoides</i> , expressa como porcentagem de inibição do radical livre DPPH	75
Anexo 2. Atividade antioxidante dos extratos dos frutos de <i>Psidium cattleianum</i> e <i>P. myrtoides</i> , expressa como porcentagem de inibição do radical livre ABTS	75
Anexo 3. Regras para publicação na Revista Food Functional	76

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Abreviaturas	Definição
Abs	Absorbância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BN	Brotos nucleares
Brix	Teor de sólidos solúveis
CN	Controle negativo
CP	Controle positivo
Cyt-B	Citocalasina-B
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil (2,2 difenil-1-picril-hidrazil)
EAA	Equivalentes ao Ácido Ascórbico
EAG	Equivalentes de Ácido Gálico
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
IPA	Instituto Agronômico de Pernambuco
MN	Micronúcleo
MTT	Brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il]-2,5- difeniltetrazólio
PN	Pontes nucleoplasmática
PH	Potencial hidrogeniônico
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
2. CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Alimentos funcionais	19
2.2 Frutos nativos brasileiros	20
2.3 Gênero <i>Psidium</i>	21
2.3.1 <i>Psidium cattleianum</i> Sabine	22
2.3.2 <i>Psidium myrtoides</i> Berg	24
2.4 Banco de germoplasma de fruteiras	25
2.5 Características física e químicas de frutos	26
2.6 Compostos bioativos em frutas	28
2.7 Radicais livres e estresse oxidativo	32
2.8 Atividade antioxidante	34
2.9 Teste de Citotoxicidade.....	36
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
4. OBJETIVOS	51
4.1 Objetivo geral.....	51
4.2 Objetivos específicos.....	51
5. CAPÍTULO II: Potencial antioxidante não citotóxico de extratos de frutos de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine e <i>Psidium myrtoides</i> Berg: Uma nova alternativa como alimento funcional	53
1. Introdução	55
2. Materiais e métodos	56
3. Resultados	62
4. Discussão.....	65
6. Agradecimentos.....	67
7. Referências bibliográficas	67
6. CONCLUSÕES	74
7. ANEXOS	75

1. INTRODUÇÃO

A família Myrtaceae compreende cerca de 150 gêneros e mais de 5.970 espécies de árvores e arbustos, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais (STANDNIK et al., 2016; DLUZNIEWSKI et al., 2018). No Brasil, a família possui 23 gêneros e aproximadamente 1.034 espécies, com destaque para os gêneros *Eugenia*, *Psidium* e *Myrciaria*, portadores de espécies nativas de interesse econômico para o país (PERIOTTO; GUALTIERI, 2017; SANTOS et al., 2018).

Muitas espécies da família Myrtaceae são destinadas à alimentação, como a goiaba (*Psidium guajava* L.) e a pitanga (*Eugenia uniflora* L.). Adicionalmente, algumas espécies nativas da flora brasileira também com frutos comestíveis são pouco exploradas comercialmente, como o araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) e o araçá roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg) (MORAIS et al., 2014). Apesar da sua semelhança às goiabas, os frutos do araçá são menores e mais ácidos, porém ricos em sais minerais e elementos funcionais, como vitaminas e compostos fenólicos, sendo amplamente utilizados na forma *in natura* ou na fabricação de doces, geleias e sorvetes (FRAZON et al., 2009; SANTOS et al., 2014).

As frutas são consideradas excelentes produtos funcionais, a depender principalmente das classes e proporções de seus metabólitos secundários. Estes são categorizados em três grupos principais: (1) compostos fenólicos, também conhecido como polifenóis, (2) terpenos ou terpenoides, (3) compostos nitrogenados, destacando os alcaloides como a principal classe presente nas plantas (VINAS et al., 2010; AHARONI; GALILI, 2011). Os polifenóis, como os flavonoides por exemplo, auxiliam às enzimas antioxidantes endógenas, evitando ou reduzindo o desenvolvimento do processo carcinogênico por diminuir os níveis de radicais livres no organismo. Dentre os flavonoides, destacam-se as antocianinas, que assim como os carotenoides (tetraterpenos), constituem pigmentos encontrados em grande escala na natureza, com grande atividade antioxidante e estimulante do sistema imunológico (PEREIRA; CARDOZO, 2012).

Os antioxidantes podem ser produzidos de forma endógena ou exógena. Os endógenos são produzidos pelo próprio organismo como é o caso das

enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathiona peroxidase (GSH-Px). Por outro lado, os exógenos são capazes de neutralizar as espécies reativas de oxigênio (ROS) e são adquiridos por ingestão alimentar, como ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos, entre outros (PEREIRA; CARDOSO, 2012; MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA et al., 2018). Frutos silvestres comestíveis como os dos gêneros *Psidium* têm sido considerados boas fontes de antioxidante, com grande atividade anti-inflamatória e antienvhecimento, devido em parte à presença de vitaminas, antocianinas e outros compostos fenólicos (TARUN et al., 2016).

Para a utilização segura e eficaz desses frutos, testes de citotoxicidade e genotoxicidade são necessários para avaliar a segurança e possíveis efeitos benéficos de compostos ou alimentos (CARDOSO et al., 2014). Os ensaios de citotoxicidade são importantes testes *in vitro* que avaliam os danos causados à célula (AKHTAR, 2016), destacando-se o MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il]-2,5-difeniltetrazólio) como o teste mais utilizado (BEDNARCZUK et al., 2010; LIMA et al., 2016). Adicionalmente, os ensaios de genotoxicidade avaliam a capacidade de diferentes agentes induzirem danos ao material genético das células vivas, tanto no próprio DNA quanto nos componentes celulares relacionados à funcionalidade e ao comportamento dos cromossomos dentro da célula (VEGAS et al., 2017; SUKPRASANSAP et al., 2019). O ensaio de micronúcleo com bloqueio da citocinese (CBMN) é um dos mais utilizados. (DROSOPOULOU et al., 2018). O uso de linhagens celulares humanas ou de murinos em ambos os ensaios apresentam vantagens devido à sua reprodutibilidade, rapidez, sensibilidade e baixo custo financeiro (ROGERO et al., 2003; SONI et al., 2017).

Desta forma, o presente trabalho visou avaliar o potencial antioxidante e citotóxico de extratos dos frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*, mediante teste de viabilidade celular (MTT), fornecendo informações sobre sua funcionalidade e segurança alimentar.

CAPÍTULO I

(REVISÃO DE LITERATURA)

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alimentos funcionais

A busca por fontes alimentares que proporcione melhoria da saúde e redução do risco de doenças degenerativas tem sido motivada em parte pelo aumento da expectativa de vida da população (DEMBITSKY; COLSS, 2011). Devido ao grande número de consumidores preocupados com a qualidade de vida, a busca e o consumo de alimentos funcionais com alta capacidade antioxidante e nutricional vêm sendo amplamente incentivados (RAMOS et al., 2015).

Os alimentos funcionais são definidos como componentes da dieta usual que, além de nutrientes básicos, fornecem benefícios à saúde e redução do risco de uma determinada doença, atuando em funções específicas no organismo (ÓZEN et al., 2013; REBELLO et al., 2014). Estudos relativos a produtos funcionais, contendo ingredientes bioativos, têm aumentando consideravelmente nos últimos anos, mostrando efeitos benéficos para a saúde de diversos produtos, incluindo legumes, frutas, azeites, vinho, cacau e chás (VINAS et al., 2010).

Os benefícios dos produtos funcionais estão relacionados principalmente à presença de metabólitos secundários, também chamados de produtos fitoquímicos ou fitonutrientes, que podem ser agrupados principalmente em compostos fenólicos, terpenoides e alcaloides (VINAS et al., 2010). Esses compostos secundários têm sido associados, por exemplo, à prevenção e inibição de doenças degenerativas, causadas por estresse oxidativo (SHAHIDI et al., 2015).

A busca por plantas nativas e exóticas produtoras de frutos comestíveis contendo compostos funcionais tornou-se uma das prioridades dos programas de melhoramento, a fim de desenvolver cultivares comerciais com frutos de alto valor nutritivo e atividade antioxidante (CORREIA et al., 2011). Os frutos carnosos tipo baga, como a goiaba, a laranja e a uva, com sementes livres dispersas no mesocarpo, constituem um grande grupo de alimentos funcionais. Seu consumo tem demonstrado efeitos positivos na saúde humana, atribuídos a fitoquímicos específicos, principalmente do grupo dos compostos fenólicos

relacionados, por exemplo, à melhoria do desenvolvimento das funções cognitivas e à proteção da integridade do DNA genômico (CHAVES et al., 2018).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) determina normas e procedimentos para registrar alimentos funcionais no Brasil. Para lançar um produto no mercado com registro de alimento que atenda aos requisitos de propriedades funcionais de saúde, deve-se seguir a legislação do Ministério da Saúde e apresentar um relatório técnico-científico com informações que comprovem o seu benefício, atribuindo mais segurança aos seus consumidores (VIDAL et al., 2012).

2.2 Frutos nativos brasileiros

O Brasil é o país de flora mais diversificada, com ampla variedade de vegetais ricos em nutrientes e compostos bioativos. Os frutos nativos como cerejas do gênero *Eugenia* (*Eugenia involucrata*, *E. myrcianthes*, *E. leitoni*) e araçás de *Psidium* (*Psidium cattleianum*, *P. guineense*) pertencentes a família Myrtaceae têm despertado grande interesse comercial por representarem fontes promissoras de compostos com propriedades promotoras da saúde e bem-estar, tanto na prevenção como no tratamento de doenças, incluindo atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antiobesidade e antitumoral (INFANTE et al., 2016; VERGARA et al., 2018). Contudo, muitas espécies nativas e exóticas do Brasil são pouco exploradas comercialmente, representando uma possível fonte de renda para a população local e para sua inserção em mercados especiais para o consumo de produtos funcionais (SERAGLIO et al., 2018).

Devido à riqueza de seus nutrientes, estudos epidemiológicos recomendam a ingestão frequente de frutas nativas e tropicais, cujos efeitos benéficos incluem a redução do aparecimento de diversas doenças, como cardiovasculares, alguns tipos de câncer e outras associadas ao processo de envelhecimento (catarata e mal de Alzheimer). O efeito protetor atribuído aos frutos está intimamente relacionado à presença substâncias antioxidantes, incluindo altas concentrações de vitaminas C e E (GONÇALVES et al., 2017). O ácido ascórbico, por exemplo, mostra capacidade significativa como doador de elétrons e potente antioxidante, exercendo papel relevante na proteção do DNA contra danos induzidos por oxidantes (SACCO et al., 2019). De modo

semelhante, a vitamina E também é um importante antioxidante; sua deficiência pode propiciar doenças neurodegenerativas. O uso combinado de ambas as vitaminas está associado a uma menor incidência de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, como as doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e o mal de Alzheimer (XIE et al., 2017).

Myrtaceae é uma das mais importantes famílias frutíferas, que compreende aproximadamente 150 gêneros e 5.970 espécies de árvores e arbustos, com distribuição nas regiões tropicais e subtropicais, amplamente dispersas nas Américas e na Austrália, embora sejam encontradas em todo mundo (DLUZNIEWSKI et al., 2018). No Brasil, a família possui 23 gêneros e cerca de 1.034 espécies presentes em todo país, principalmente em áreas de Mata Atlântica (STANDNIK et al., 2016; SERAGLIO et al., 2018; SANTOS et al., 2018). É considerada uma família de valor econômico significativo, com destaque para espécies dos gêneros *Eugenia*, *Psidium* e *Myrciaria* (PERIOTTO; GUALTIERI, 2017).

Psidium guajava L., conhecida popularmente como goiaba, consiste em uma das espécies mais importantes do gênero *Psidium*, apresentando uma grande importância comercial, cujos frutos podem ser consumidos *in natura* ou industrializados. Por outro lado, outros frutos de espécies pertencentes à família Myrtaceae possuem comercialização inexpressiva ou em pequena escala, sendo alguns considerados silvestres (DONATO-PESTANA et al., 2015; GURAC et al., 2014), com destaque para a pitanga (*Eugenia uniflora*), jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* M.), e alguns de espécies do gênero *Psidium*, como o araçá amarelo (*Psidium cattleianum*), que possui sabor adocicado com alto teor de vitamina C (MORAIS et al., 2014; SERAGLIO et al., 2018).

2.3 Gênero *Psidium*

O gênero *Psidium* compreende cerca de 92 espécies, sendo o Brasil considerado um importante centro de diversidade, com aproximadamente 59 espécies distribuídas em diferentes biomas (SOBRAL et al., 2012; MARQUES et al., 2016). Esse gênero é caracterizado por apresentar folhas simples e opostas, flores pentâmeras, com pétalas livres e alternadas de cores branca ou creme e

número de estames variando entre 60 e 320; seus frutos contêm grande número de sementes (SILVA; PROENÇA, 2008).

Possui espécies economicamente importantes, destinadas à alimentação de frutos ou como fonte de compostos bioativos para a indústria farmacêutica (MARQUES et al., 2016). *Psidium guajava* é a espécie mais conhecida, cultivada e consumida mundialmente. É incluída na categoria das “superfrutas” por possuir propriedades importantes para o consumo humano, como antidiarreicas, antimicrobianas, antioxidantes e hepatoprotetoras, devido principalmente ao alto teor de compostos bioativos (NOGUEIRA et al., 2014).

Vale destacar que as goiabas são valorizadas por seu sabor e alto valor nutritivo, com elevadas concentrações de vitaminas A, B, e C, bem como zinco, fósforo e ferro (SILVA et al., 2017). Também merecem destaque os araçazeiros que constituem cerca de 39 espécies, cujos frutos expressam sabor exótico e são fontes de vitamina C, minerais, ácidos graxos, polissacarídeos, compostos voláteis, carotenoides e compostos fenólicos, que podem fornecer nutrientes e agentes fitoquímicos com diferentes funções biológicas (FRAZON, 2009; Pereira et al., 2018). As espécies que despertam maior interesse para utilização comercial são *P. cattleianum* e *P. guineense* Swartz, conhecidas popularmente como araçá amarelo e araçá do campo, muito apreciadas pelas populações locais. Por outro lado, outras espécies de araçás são menos conhecidas e exploradas como é o caso de *P. myrtoides* (araçá roxo) (BEZERRA, 2006).

2.3.1 *Psidium cattleianum* Sabine

Psidium cattleianum é uma espécie nativa do Brasil, que pode ser encontrada em todo território brasileiro (VIBRANS, 2013), que se adapta facilmente em regiões de climas tropicais. Pode ser encontrada e cultivada em outros países da América Central e do Sul, entre outros (WIKLER, 1999; RIBEIRO et al., 2014; PEREIRA et al., 2018).

É uma espécie arbórea com 1 a 4 m de altura (Figura 2A); seu fruto é pequeno com cerca de 2 cm de diâmetro (Figura 1B e 1C), de peso variado superior a 20 g, com inúmeros sementes, polpa suculenta de agradável sabor doce e relativamente ácido, epicarpo amarelo ou vermelho (BIEGELMEYER et al., 2011). As cores dos frutos, além de outras características como morfologia

e hábito foliar, divide *P. cattleianum* em dois morfotipos: amarelo e vermelho (SOUSA; SOBRAL, 2007; VETO et al., 2020).



Figura 2. *Psidium cattleianum*. (A) Planta em crescimento; (B) frutos verdes; (C) frutos em processo de amadurecimento (C). Fonte: (A) Autor (2018); (B) Lira J. S. J. (2018); (C) Vanin, (2015).

Os frutos de *P. cattleianum* são suculentos, de excelente sabor, apresentam potencial para o setor agroalimentar, com perspectivas para mercado de alimentos funcionais (PATEL, 2012; REISSIG et al., 2016). Estudos relatam que os frutos dessa espécie são ricos em compostos bioativos, principalmente compostos fenólicos e carotenoides (Tabela 1). Além disso, são ricos em vitamina C, com valor três a quatro vezes superior a frutas cítricas (REISSIG et al., 2016; VERGARA et al., 2018). Sua funcionalidade pode ser atribuída principalmente à sua alta atividade antioxidante (PEREIRA et al., 2014), capaz de proteger os sistemas biológicos contra o excesso de radicais livres no organismo (MEDINA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2014; CHAVES et al., 2018). Os frutos de *P. cattleianum* têm sido recomendados para tratar várias doenças como escorbuto, tosse e doenças pulmonares, além de servirem como agentes anti-inflamatórios e hemostáticos, e de reduzirem metástases de células cancerosas (BUENO et al., 2017). Apesar dos efeitos benéficos e das várias formas de aproveitamento, os araçazeiros ainda não possuem expressão econômica no contexto da fruticultura nacional, não existindo pomares comerciais (BEZERRA et al., 2006).

Tabela 1. Alguns metabólitos secundários encontrados nos frutos de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*).

Classes	Compostos	Referências
Compostos fenólicos	Ácido gálico	Medina et al. (2011) Ribeiro et al. (2014)
	Ácido elágico	
	Mirecetina	
	Ácido coumarico	
	Ácido clorogênico	
	Ácido clorogênico hexosídeo	
	Ácido triglioilquínico	
	Ácido gálico	
	Ellagitannin-like	
	Di-HHDP-hexosídeo	
	Ácido clorogênico	
	Ácido elágico hexosídeo	
Galato de epicatequina		
Quercetina glucuronido		
Quercetina deoxyhexoside		
Antocianinas	A cianidina -O- glucido	Chaves et al. (2018)
Carotenoides	All- <i>trans</i> –antheraxanthin	Ribeiro et al. (2014)
	All- <i>trans</i> - luteína	
	All- <i>trans</i> - zeaxantina	
	5,6-Epoxi- β -criptoxantina	
	All- <i>trans</i> - β -criptoxantina	
	All- <i>trans</i> - β -caroteno	
9- <i>cis</i> –betacaroteno		

2.3.2 *Psidium myrtoides* Berg

Psidium myrtoides, conhecido popularmente como araçá roxo, é uma espécie nativa do Brasil, que apresenta forma arbórea com até 8 m de altura (Figura 2A). Apresenta folhas simples, opostas e cruzadas elípticas, com ápices e bases agudas, margens inteiras e onduladas. Os pecíolos medem até 1 cm de comprimento, sem estípulas, com inflorescências racemosas. As flores medem até 2 cm de diâmetro, com cinco pétalas livres, de cor branca (Figura 2B). Seus frutos são caracterizados como piriformes ou globosos, de casca brilhante com polpa carnosa e adocicada, com coloração roxa (Figura 2C) e maturação entre outubro e março (FRAZON et al., 2009; TULER et al., 2017).

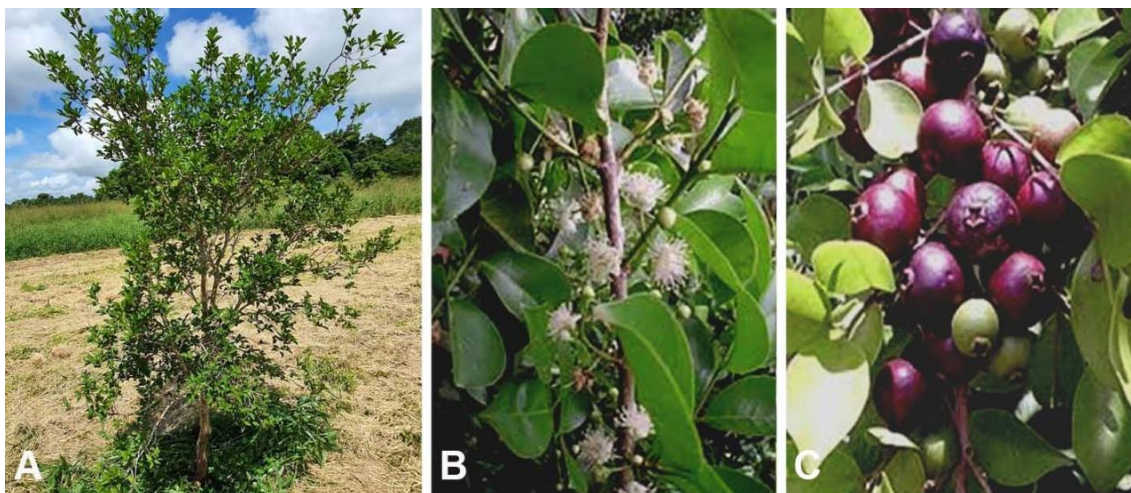


Figura 2. *Psidium myrtooides*. (A) Planta em crescimento; (B) inflorescência; (C) frutos em processo de amadurecimento. Fonte: (A) Lira J. S. J (IPA); (B) Autor; (C) Medina et al. (2011).

Apresenta ampla distribuição, ocorrendo nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, incluindo domínios da Caatinga, Cerrado e Floresta Atlântica (TULER et al., 2017). *Psidium myrtooides* é uma espécie pouco explorada comercialmente. Estudos sobre o óleo essencial de folhas de *P. myrtooides* revelaram a presença de alguns compostos como *trans*- β -cariofileno, α -humuleno, α -copaeno, óxido de cariofileno, α -bisabolol, e demonstraram atividade antiproliferativa em linhagens celulares normais (GM07492A, fibroblastos pulmonares) e tumorais (MRF-7, HeLa e M059J) e atividade antibacteriana apresentando moderada atividade frente aos patógenos *Streptococcus mitis*, *S. sanguinis*, *S. sobrinis* e *S. salivarius* e forte contra *S. mutans* (DIAS et al., 2018). Contudo, a composição química e a capacidade antioxidante de seus frutos ainda não foram reportadas na literatura.

2.4 Banco de germoplasma de fruteiras

Bancos de germoplasma mantêm coleções nacionais e internacionais de importantes espécies de alimentos e forragens (DURAN et al., 2019). Essas coleções constituem o catálogo mais abrangente de diversidade genética nativa, sendo um repositório de variabilidade genética de uma ou várias espécies (FERREIRA, 2011). Germoplasma é considerado a soma dos materiais hereditários de uma espécie (ALLARD, 1960), enquanto acesso é o termo utilizado para qualificar toda amostra de germoplasma que representa a variação

genética de uma população ou de um indivíduo propagado clonalmente (CARVALHO; VIDAL, 2003).

A conservação dos recursos genéticos é essencial para manter a variabilidade genética natural para uso em programas de melhoramento genético de plantas (DURAN et al., 2019). Esses recursos são a base da segurança alimentar, fundamentais para o aprimoramento e a produção de culturas (BOYLES, et al., 2018; WAMBUGU, et al., 2018). Em uma coleção de germoplasma de fruteiras, são caracterizadas e avaliadas características de interesse como produtividade, massa dos frutos, espessura da polpa, número de sementes por fruto, compostos secundários presentes, forma, cor, sólidos solúveis. A partir desses dados mediante metodologias estatísticas, é possível analisar a diversidade entre os acessos e avaliar seu potencial de uso em um programa de melhoramento (MARIM et al., 2009).

O Brasil tem reportado resultados importantes em pesquisas agrícolas, com avanços expressivos na conservação e uso de recursos genéticos vegetais, especialmente aqueles relacionados à produção de alimentos. O Sistema Brasileiro de Pesquisa Agropecuária (SNPA), coordenado pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e formado por instituições públicas, federais e estaduais, universidades, empresas e fundações privadas que realizam pesquisas em diferentes regiões e áreas do país, estabeleceu um sistema brasileiro de informação agrícola, com formação de bancos de dados para a pesquisa e desenvolvimento agropecuário (ALVES et al., 2018).

Dentre as instituições que trabalham com pesquisas agropecuárias, destaca-se a Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com mais de 42 unidades distribuídas por todo país. Em Pernambuco, o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) possui mais de 29 unidades distribuídas em diversas cidades do Estado, com pesquisas voltadas para a fruticultura, alimentação e melhoramento animal.

Poucas instituições possuem coleções de araçazeiros e/ou desenvolvem pesquisas relativas à seleção de cultivares ou melhoramento genético da cultura. Dentre elas, destaca-se a Embrapa Clima temperado (Pelotas, Rio Grande do Sul), que mantém um banco ativo de Germoplasma de fruteiras nativas do Sul do Brasil incluindo acessos de *P. cattleianum*. Ressaltam-se duas cultivares

comerciais, “YA-Cy”, que produz frutos amarelos, e “Irapu” de frutos avermelhados, ambas pesando até 45 g (FRAZON, 2009; FRAZON; SILVA, 2018).

Outra coleção é mantida pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) no Banco Ativo de Fruteiras Nativas e Exóticas, situado na Estação Experimental de Itambé (Itambé, Pernambuco), com cerca de 40 acessos de araçá amarelo (*P. cattleianum*) e sete acessos de araçá roxo (*P. myrtoides*). A Embrapa Semiárido (Petrolina, Pernambuco) também mantém um banco ativo com mais 40 de acessos de *P. cattleianum*. Adicionalmente, mais de 30 acessos de *P. cattleianum* são mantidos no Colégio Agrícola Antônio Sarlo (Rio de Janeiro) (OLIVEIRA et al., 2014; FRAZON; SILVA, 2018).

2.5 Características físicas e químicas de frutos

A qualidade interna e principalmente a aparência externa dos frutos frescos são essenciais para sua aceitação pelo mercado consumidor. Várias características físicas dos frutos, como tamanho e firmeza, e físico-químicas, como teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável, são parâmetros indispensáveis para estabelecer padrões de qualidade adequados para comercialização e consumo (JHA et al., 2010; TEWARI et al., 2019).

As características físico-químicas dos frutos sofrem influência das condições endofoclimáticas, da época da colheita, constituição genética, estágio de maturação e do tratamento pós-colheita (ROXANA et al., 2014). Destaca-se o estágio de maturação como principal parâmetro no momento da colheita, pois frutos colhidos prematuramente são suscetíveis a distúrbios fisiológicos causados pela desorganização celular e pela ruptura das paredes celulares, por outro lado frutas colhidas maduras demais tendem a mostrar senescência, causando perdas qualitativas (CHITARRA; CHITARRA; 2005). Adicionalmente, alguns recursos são importantes na colheita como cor do pericarpo, que é considerado um indicador de maturidade (ORTIZ; TAKAHASHI, 2015).

Dentre as características físico-químicas, o teor de sólidos solúveis tem sido usado como indicador da qualidade das frutas frescas, tanto do estado de maturação como do tempo de vida útil (SILVA et al., 2002). Com o amadurecimento dos frutos, os teores de sólidos solúveis tendem a aumentar

devido à degradação de substâncias como glicose, frutose, sacarose e amido (PAYASI et al., 2009; SAMMI; MASUD, 2009). O teor de sólidos solúveis é de grande importância tanto para o consumo *in natura* como na forma industrializada, visto que elevados teores na matéria-prima resultam em menor adição de açúcares, menor gasto de energia e maior rendimento do produto (SILVA et al., 2002).

O pH e a acidez titulável são importantes na análise da deterioração dos alimentos (SOUZA et al., 2010). A acidez dos frutos está relacionada à presença de ácidos orgânicos, como cítrico, málico, oxálico, quínico, succínico e tartárico. Esses ácidos orgânicos influenciam no sabor, odor, cor e estabilidade dos frutos, servindo como importante indicativo para o estado de maturação e conservação dos alimentos (SWEETMAN et al., 2009).

2.6 Compostos bioativos em frutas

Pesquisas sobre compostos bioativos para o consumo humano têm aumentando nos últimos anos, devido ao interesse dos consumidores em seus benefícios, relativos à saúde e bem estar (PAZ et al., 2015). Orientações dietéticas têm sido planejadas mundialmente na prevenção de doenças, tais como doenças cardiovasculares, diabetes e osteoporose. Uma das principais sugestões é o aumento do consumo de alimentos de origem vegetal, incluindo principalmente as frutas, por serem excelentes fontes de metabólitos secundários (REIS et al., 2015).

As frutas são fontes ricas em vitaminas, minerais e em metabólitos secundários (BATISTA et al., 2018). Estes são armazenados nas frutas durante seu crescimento e amadurecimento. São responsáveis por seu aroma único e excelentes propriedades funcionais (POIROUX-GONORD et al., 2010; POTT et al., 2019), como atividades antioxidantes, que desempenham importante papel na saúde humana (BATISTA et al., 2018). Os metabólitos secundários constituem um grande grupo de compostos estruturalmente diversificados que podem ser produzidos a partir de vários metabólitos primários, como açúcares, aminoácidos, lipídios e proteínas (WENG et al., 2012; BAJPAI, et al., 2019; POTT et al., 2019). Segundo a sua natureza biossintética, os metabólitos secundários são divididos em três grandes grupos: (1) compostos fenólicos também

conhecidos como polifenóis; (2) terpenos ou terpenoides; e (3) compostos nitrogenados, destacando-se os alcaloides como principal classe presentes nas plantas. Esses grupos são subdivididos em diferentes classes e subclasses de acordo com a sua função básica (Tabela 2, AHARONI; GALILI, 2011; CROZIER et al., 2006; TISSIER et al., 2014).

Os compostos fenólicos constituem os metabólitos secundários bioativos mais numerosos na maioria das plantas (SILVA et al., 2017). Seus benefícios estão associados à contribuição para a regulação redox nas células ativada pelas espécies reativas de oxigênio (ROS) (BAILÃO et al., 2015). São caracterizados por apresentarem uma estrutura comum baseada em um anel aromático com um ou mais grupamento hidroxila (Figura 3A), e agrupados de acordo com a sua estrutura química, em flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, cumarinas e lignanas (HAZAL et al., 2016). Nas plantas, esses compostos são em geral produzidos para proteger as células contra o estresse oxidativo, que pode ser causado pelo excesso de radicais livres. Para consumo humano, têm sido amplamente estudados como bioativos, devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antialérgicas e anticancerígenas, bem como à sua capacidade de minimizar os sintomas de várias doenças relacionadas ao estresse oxidativo (ORSAVOVÁ et al., 2019).

Dentre os compostos fenólicos, destacam-se os flavonoides, que compreendem 15 átomos de carbono arranjados em três anéis fenólicos identificados como A, B, C (Figura 3B), e incluem várias subclasses como flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, antocianinas, presentes em diversas frutas (TANVEER et al., 2015). Os flavonoides estão envolvidos no sistema de defesa antioxidante, devido à capacidade de estabilizar radicais livres. Quanto maior o número de grupos hidroxilas em sua estrutura, mais elétrons/ H^+ doados, e conseqüente maior sua atividade antioxidante (VILA, 2006; TSAO, 2010).

Tabela 2. Principais grupos de metabólitos secundários e suas principais classes sintetizadas pelas plantas. Fonte: adaptado de Luthria (2006); Fehlberg (2011); Silva (2013); Pichersky; Raguso (2016); Alamgir (2018).

Metabólitos secundários	Classes	Subclasses
Compostos fenólicos	Taninos	Ácido gálico
		Polímeros
		Catequina
		Epicatequina
	Flavonoides	Flavonas
		Flavonois
		Flavanonas
		Isoflavonas
		Antocianidinas
	Ácidos fenólicos	Ácido Hidroxicinâmico
	Ácido Hidroxibenzóico	
Estilbernos	Resveratrol	
Cumarinas		
Lignananas		
Terpenos	Monoterpenos	
	Sesquiterpenos	
	Diterpenos	
	Sesterterpenos	
	Triterpenos	
	Tetraterpenos	
	Politerpenos	
Compostos nitrogenados	Alcaloides	Piperidínicos
		Indólicos
		Pirrolidínicos
	Glicosídeos	
	Cianogênicos	
Glucosinolato		

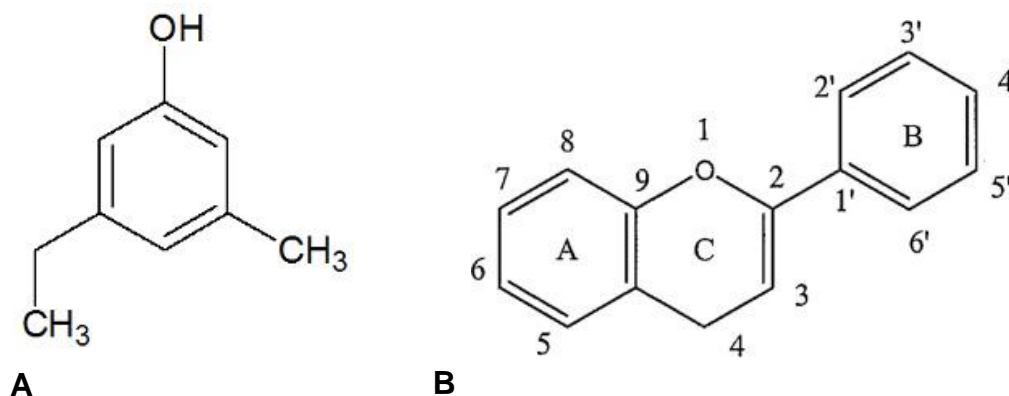


Figura 3. Estrutura básica dos compostos fenólicos (A; adaptada de Castro, 2012), e dos flavonoides (B; adaptada de Jamová et al., 2019).

Os flavonoides são amplamente encontrados em plantas, com quantidades variando de acordo com espécies, partes da planta (flores, folhas, cascas, sementes e frutos), condições edafoclimáticas, tipos de cultivo, e grau da maturação (FERREYRA et al., 2012; KOZLOWSKA; WEGIEREK, 2014). Os frutos são considerados as principais fontes de flavonoides, como uvas, cerejas e frutas cítricas, nos quais os flavonoides são responsáveis pela cor, sabor, proteção, e compostos vitamínicos que evitam a peroxidação lipídica (KUMAR; PANDEY, 2013). Em pitanga (*E. uniflora*), por exemplo, há uma alta concentração de antocianinas, observando-se uma maior atividade antioxidante nos frutos roxos (EC_{50} 17,76) quando comparados aos frutos vermelhos (EC_{50} 52,02) (CHAVES et al., 2018).

Os terpenos ou terpenoides constituem uma importante classe de compostos naturais com efeitos benéficos (CHRISTIANSON, 2017). Estes compostos são constituídos por unidades de isopreno (C_5H_8) e podem ser classificados em diferentes subgrupos com base no número de unidades, incluindo os monoterpenos (C_{10}), sesquiterpenos (C_{15}), diterpenos (C_{20}), sesterterpenos (C_{25}), triterpenos (C_{30}) e terpenos superiores ($>C_{30}$), como os carotenoides (HUANG; OSBOURN, 2019).

Os terpenos são derivados do precursor pirofosfato de isopentenilo (IPP) e pirofosfato de dimetilalilo (DMAPP). Ambos os precursores são sintetizados a partir da via do mevalonato (MEV), do metileritritol-fosfato (MEP) ou desoxilulose 5-fosfato (VRANOVA et al., 2013; THOLL, 2015; HUANG; OSBOURN, 2019). Os terpenos exibem diversas atividades biológicas. Na saúde humana, têm

chamado a atenção de inúmeros consumidores por seus papéis em vários processos de doenças humanas, como doenças inflamatórias, tumorigênese e neurodegeneração, sugerindo-se esse grupo como potenciais agentes quimiopreventivos e terapêuticos de várias doenças (THOPPIL; BISHAYEE, 2011; HUANG et al., 2012; HUANG; OSBOURN, 2019).

Os compostos nitrogenados, por sua vez, são caracterizados por realizarem defesas químicas contra pragas que podem atingir as plantas. É um grupo bastante diversificado, que incluem alcaloides, betalaínas, glicosídeos, cianogênicos e glucosinolato, destacando-se os alcaloides como principal classe presente nos vegetais (ALAMGIR, 2018). Os alcaloides são definidos como compostos orgânicos que possuem forte bioatividade e exibem basicidade atribuída à presença de nitrogênio (ANISZEWSKI, 2015). Têm sido considerados fontes valiosas para a geração de produtos farmacêuticos e como fonte de alimentos funcionais (KISHIMOTO et al., 2016).

O Brasil contém uma grande variedade de frutas nativas e exóticas que ainda não são exploradas comercialmente, apenas consumidas pela população local, essas frutas apresentam potencial para a agroindústria, representando uma excelente perspectiva de oportunidade econômica (RUFINO et al., 2010). Dentre elas, destacam-se os araçás (*P. cattleianum*, *P. friedrichsthalianum* Nied, *P. guineense*, e *P. myrtoides*), que ainda não foram extensamente estudados (RIBEIRO et al., 2014; SILVA et al., 2017).

2.7 Radicais livres e estresse oxidativo

O processo de oxidação desempenha um papel fundamental na produção de energia para atividades celulares normais. Entretanto, como resultado desse processo, radicais livres são gerados em todas as células vivas. Esses radicais livres consistem em átomos ou moléculas que apresentam pelo menos um par desemparelhado em seus orbitais mais extremos, tornando-os altamente reativos (SILVA et al., 2011; BASU; MAIER 2016; MITTLER, 2017).

Os radicais livres podem ser gerados de forma endógena em células e tecidos internos, em decorrência do metabolismo celular normal ou de reações do organismo a uma infecção ou lesão dos tecidos com em processos inflamatórios. Também podem ser gerados por fontes externas como irradiação,

poluição, alimentos e drogas. Essas moléculas, quando em excesso, podem causar danos ao DNA, lipídios, proteínas, e pequenas moléculas, causando o estresse oxidativo. Acredita-se que esses danos podem influenciar no aparecimento de várias doenças degenerativas como câncer, diabetes, envelhecimento precoce, doenças cardiovasculares e outras condições (SILVA et al., 2011; RUBIO et al., 2016).

Dentre os radicais livres altamente reativos, encontram-se as espécies reativas de oxigênio (ROS, *Reactive Oxygen Species*), que incluem os radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidroxila (OH^{\cdot}), além das espécies reativas de nitrogênio (RNS) (XI et al., 2017). As espécies reativas de oxigênio (ROS) são moléculas altamente reativas, geradas como subprodutos da cadeia de transporte de elétrons mitocondriais, que quando presentes em nível baixo a moderado na célula promovem a liberação e crescimento, aumentando a sobrevivência celular. Contudo, quando em excesso pode causar toxicidade celular e desencadear apoptose (DING et al., 2015), tornando importante o papel da regulação redox no equilíbrio da geração de ROS e ação dos sistemas antioxidantes. O mecanismo de regulação redox coordena a produção e a eliminação das espécies reativas de oxigênio mantendo o essencial para o crescimento e desenvolvimento celular (KONG, et al., 2018).

ROS/RNS estão envolvidas na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de importantes biológicas. O radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$), apesar dos seus efeitos deletérios, apresenta uma importante função de defesa imunológica, com a capacidade de destruir patógenos nas células fagocíticas, linfócitos e fibroblastos. Vale salientar que o $O_2^{\cdot-}$ produzido nas células pode ser eliminado pela enzima superóxido dismutase (SOD) que converte ao radical peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O H_2O_2 , por sua vez, é um composto não radical pouco reativo que se difunde facilmente através das membranas celulares, promovendo a formação do radical OH^{\cdot} após reação de Fenton. Nessa reação, ocorre a oxidação do composto pela presença de sais ferrosos e peróxido de hidrogênio. O íon Fe^{2+} inicia e catalisa a decomposição do peróxido de hidrogênio, resultando no radical OH^{\cdot} , que possui elevado potencial de oxirredução (AGUIAR et al., 2007), mas pode ser neutralizado por enzimas como glutathione peroxidase

(GSH-Px) e catalase (CAT) (BILLER; TAKAHASHI, 2018; PROPAC et al., 2017). Na Tabela 3, encontram-se as propriedades e mecanismos de reatividade das ROS.

Tabela 3. Propriedades e reatividade das espécies reativas de oxigênio (ROS), seu modo de ação, local de produção, assim como seu sistema de neutralização. Fonte: adaptado de Mittler (2017).

ROS	Modo de ação	Local de produção	Sistemas de neutralização
Superóxido ($O_2^{\cdot-}$)	Reage com Proteínas de FE-S; dismuta para H_2O_2	Apoplasto (RBOHs) Cloroplasto Mitocôndria Peroxisomos Cadeia transportadora de elétrons	SOD, flavonoides, ascorbato
Hidroxila (OH^{\cdot})	Extremamente reativo com moléculas de DNA, RNA, lipídios e proteínas	Ferro e H_2O_2 (Reação de Fenton)	Flavonoides, prolina, açúcares, ascorbato
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	Reage com proteínas (resíduos de Cys e Met); com proteínas heme e DNA	Peroxisomos Cloroplastos Mitocôndria Citosol e apoplasto	APX, CAT, GSH-Px, PER, ascorbato, glutaciona
Oxigênio singlete (1O_2)	Oxida lipídios, proteínas (resíduos de Trp, His, Tyr, Met e Cys) e resíduos de guia do DNA	Membranas Cloroplastos Núcleo	Carotenoides e α -tocoferol

APX: peroxidase ascorbato; CAT: catalase; GSH-Px: glutaciona peroxidase; PER: peroxidases; SOD: superóxido dismutase. Trp: triptofano; His: Histidina; Tyr: Tirosina; Met: Metionina; Cys: Cisteína.

Quando há o desequilíbrio entre os níveis de ROS e de seus antioxidantes, acontece o estresse oxidativo, e assim os níveis de radicais livres podem aumentar e danificar os lipídios, proteínas e o DNA (Figura 4). Estes danos estão associados a uma ampla variedade de doenças, como mencionados anteriormente (BILLER; TAKAHASHI, 2018).

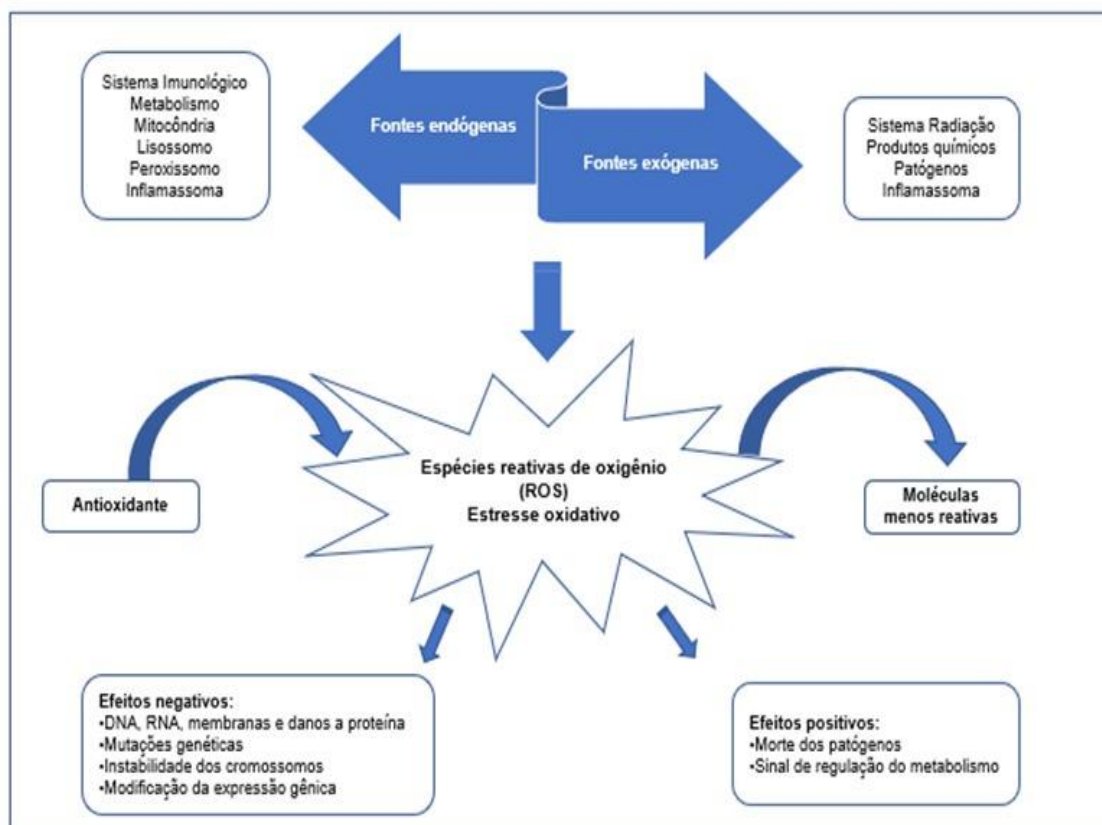


Figura 4. Efeitos do estresse oxidativo. Fonte: adaptado de Billher e Takahashi (2018).

2.8 Atividade antioxidante

Os antioxidantes são compostos que desempenham um papel importante no organismo, inibindo ou interrompendo a produção de radicais livres no organismo (AZIZ; KARBOUNE, 2017). Os antioxidantes podem ser produzidos intracelularmente de forma endógena ou serem consumidos (forma exógena). Os endógenos são produzidos pelo próprio organismo, onde as células utilizam, por exemplo, as enzimas catalase (CAT), superóxido desmutase (SOD) e glutaciona-peroxidase (GSH-Px) para reduzir os níveis de radicais livres, atuando em mecanismos de defesa contra diversas doenças degenerativas (MIROŃCZUK et al., 2018). Por outro lado, os antioxidantes naturais, como vitaminas, compostos fenólicos e carotenoides, são adquiridos por via exógena. Estão presentes em diversas frutas e são caracterizados como fortes potenciais antioxidantes dentro das células (SHAFI et al., 2019).

As frutas especialmente as do tipo baga são fontes ricas de fitoquímicos e nutrientes. Constituem uma grande fonte de antioxidantes exógenos devido à abundância e variedade de metabólitos secundários. Dentre os metabólitos, as

vitaminas (ácido ascórbico e α -tocoferol) e os compostos fenólicos (flavonoides e antocianinas) estão relacionados em grande parte aos efeitos protetores das bagas, que impedem a peroxidação lipídica das membranas celulares (AZIZ; KARBOUNE, 2017; BASU et al., 2018). Estudos biológicos de frutas exóticas são escassos quando comparados às frutas tropicais. Contudo, muitos desses estudos demonstraram que frutas exóticas podem ser consideradas alimentos funcionais, por seu alto potencial antioxidante e nutricional, além de seu sabor atraente em alguns casos (RAMOS et al., 2015; ANTONIEWSKA et al., 2019).

Estudos com o araçá pêra (*P. acutangulum*), uma goiaba exótica da Amazônia, mostraram uma alta atividade antioxidante (24,96 e 94,57 mg de ácido ascórbico/100 g), enquanto o *P. friedrichsthalianum* apresentou moderada capacidade antioxidante (14,83 e 86,35 mg de ácido ascórbico/100 g) frente aos radicais livres DPPH e ABTS, respectivamente. Os autores sugerem que ambas as espécies de araçá podem ser consumidas como ingrediente nutracêutico ou ser usada na produção de alimentos funcionais para prevenir doenças crônicas e oxidativas (RAMOS et al., 2015). Outra goiaba exótica fonte de antioxidante é o araçá amarelo (*P. cattleianum*). Estudos preliminares revelaram que esta fruta apresenta um excelente potencial antioxidante (20,01 mg de ácido ascórbico/100 g) pelo ensaio DPPH, podendo ser sugerida como suprimento de compostos bioativos com benefícios para a saúde humana (SCHULZ et al., 2018).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para avaliar a capacidade antioxidante em frutas e vegetais. Dentre os métodos descritos, o mais utilizado é do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), um método simples, eficiente, relativamente barato e rápido. O DPPH é um radical livre estável que possui cor violeta escura e uma forte absorção em torno de 517 nm. Quando em contato com um composto antioxidante, há uma redução do radical DPPH⁺ que ao fixar um H⁺ adquire uma violeta clara com diminuição na sua absorbância (Figura 5), permitindo a determinação da atividade antioxidante em espectrofotômetro (AKA et al., 2017). É um parâmetro muito indicado para estimar a capacidade antioxidante e comparar a atividade de diferentes compostos. Os resultados são expressos como porcentagem de eliminação do DPPH em uma concentração fixa para todas as amostras ou como EC₅₀ que consiste na concentração mínima necessária para obter um efeito antioxidante reduzindo em 50% do radical livre.

Além disso, os resultados também podem ser expressos relativos a um padrão conhecido, por exemplo o ácido ascórbico, em mg de equivalência ao padrão por g do extrato bruto (CHEN et al., 2012; AKA et al., 2017; PIRES et al., 2017).

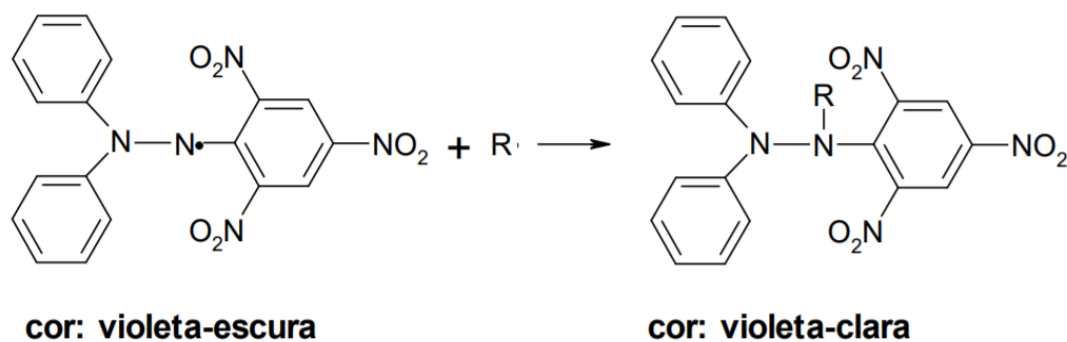


Figura 5. Estabilização do radical livre DPPH. Fonte: Rufino et al. (2008).

Outro método bastante utilizado em estudos antioxidantes de frutas, é o método ABTS (3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) (Figura 6). O método se baseia na geração do $ABTS^+$ de cor verde escuro, e por meio da reação do ABTS com persulfato de potássio, que possui absorção máxima em 734 nm, e com adição de um antioxidante ocorre a redução do radical $ABTS^+$ a ABTS, promovendo a perda da coloração, em extensão e escala de tempo rápida, dependendo da atividade antioxidante e da concentração utilizada (RE et al., 1999).

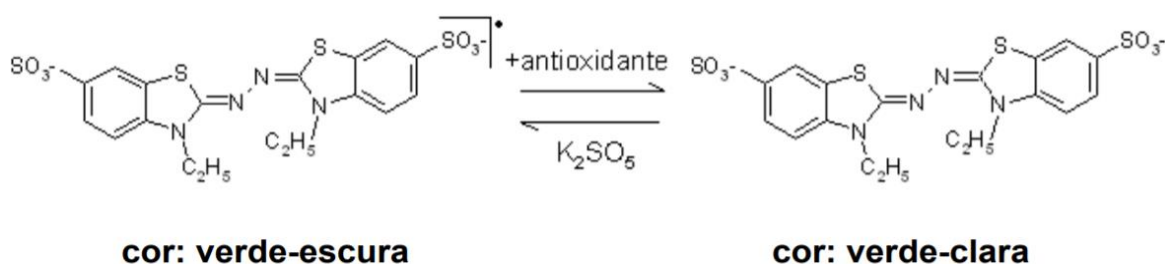


Figura 6. Estabilização do radical $ABTS^{•+}$ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio. Fonte: Rufino et al. (2007).

2.9 Atividade citotóxica

A avaliação de danos citotóxicos causados por compostos de origem vegetal é de extrema importância na minimização dos possíveis riscos desses agentes, e para determinar concentrações para testes de genotoxicidade *in vitro*.

Produtos vegetais que geram algum tipo de dano celular ou genético não devem ser consumidos ou seu consumo deve ser feito com cautela. Testes adicionais devem ser realizados para avaliar a segurança de uso em diferentes dosagens ou quantidades (OYEYEMI et al., 2015; MARTINEZ; VALDIVIESO et al., 2017). Diversos frutos são consumidos para prevenção de doenças ou para promover o bem-estar. Contudo, a maioria dos frutos não tem sido estudada quanto ao seu potencial citotóxico, o que é importante para sua utilização segura (CARDOSO et al., 2014).

Ensaio de citotoxicidade usando células humanas ou de mamíferos *in vitro* têm sido considerados fortes bioindicadores, além de reduzirem o uso de animais (AKHTAR, 2016), permitindo a avaliação de dano à célula. Dentre os testes de citotoxicidade, o MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il]-2,5-difeniltetrazólio) é um dos ensaios de viabilidade celular mais utilizados (BEDNARCZUK et al., 2010; LIMA et al., 2016; KARAKAS et al., 2017). O ensaio MTT representa um teste colorimétrico, simples e rápido, que produz dados quantitativos (AALEY et al., 1998; BERG, 2015). Baseia-se na funcionalidade mitocondrial, em que após exposição a um determinado composto, o sal tetrazólio amarelo é convertido em cristais de formazan de coloração violeta (Figura 7), pelo sistema desidrogenase de células vivas metabolicamente ativas (BORGES et al., 2013; KARAKAS et al., 2017). O MTT também tem sido utilizado para determinar concentrações para testes de genotoxicidade *in vitro*.

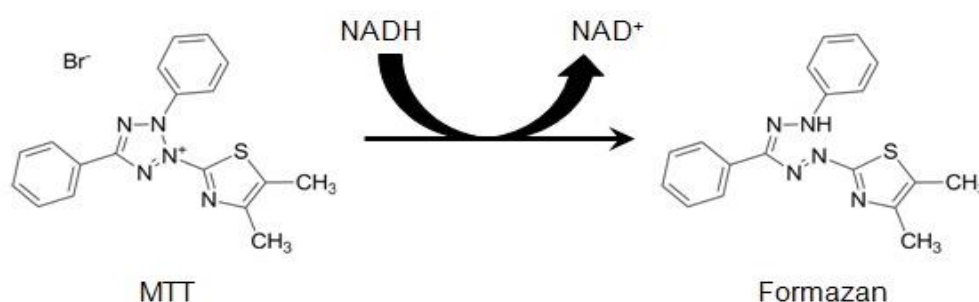


Figura 7. Conversão do MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il]-2,5- difeniltetrazólio) a formazan no ensaio de viabilidade celular do do MTT. Fonte: Sittampalam et al. (2004).

Diversas linhagens celulares têm sido utilizadas como modelos para ensaios *in vitro* (MOHAMMAD, et al., 2019). A linhagem celular L de camundongos foi a primeira a ser estabelecida em 1943 (EARLE et al., 1943),

seguida de HeLa de tumor cervical humano em 1951 (SKLOOT, 2010). Em seguida, o número de linhagens cresceu rapidamente, destacando-se as linhagens V79, provenientes de fibroblastos de pulmão de Hamster chinês (MUNARI et al, 2012); Vero, oriunda de tecido renal de macaco verde africano (OSADA et al., 2014); BALB/c 3T3, de fibroblastos de camundongo, e MRC-5, de fibroblastos humanos (ROESLER et al., 2010; RAMOS et al., 2015). Adicionalmente, ressalta-se a linhagem L929, oriunda de fibroblastos de camundongo (DROZD et al., 2019), amplamente utilizada em ensaios toxicológicos, recomendados pela norma PN-EM ISSO 10993-5 para avaliação de citotoxicidade de extratos vegetais e de materiais que podem entrar em contato humano (ISO 10993-5, 2009).

Estudos de citotoxicidade em frutos são relatados na literatura, com objetivo de mostrar a segurança alimentar. Extratos dos frutos de café (*Coffea* sp.), por exemplo, foram estudados quanto à sua citotoxicidade via MTT usando pré-adipócitos da linhagem celular 3T3-L1, observando-se viabilidades celulares normais para todas as concentrações testadas (DUANGJAI et al., 2018). Também ao avaliar a citotoxicidade em frutos de Golden Berry (*Physalis peruviana*), popularmente conhecida como cereja do chão, foi observada ausência de citotoxicidade, mediante o ensaio de viabilidade celular MTT em células de fibroblastos de camundongos (3T3) (CODEVILLA et al., 2018). De modo semelhante, ausência de citotoxicidade foi observada para frutos de araçá (*P. acutangulum*) mediante MTT usando cultura de fibroblastos humanos (Ramos et al., 2015).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEFEGHA, S. A. Functional Foods and Nutraceuticals as Dietary Intervention in Chronic Diseases; Novel Perspectives for Health Promotion and Disease Prevention. **Journal of Dietary Supplements**, v. 15, p. 977- 1009, 2017.

ADEFEGHA, S. A.; OBOH, G. Phytochemistry and mode of action of some tropical spices in the management of type-2 diabetes and hypertension. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 7, p. 332–346, 2013.

AGUIAR, A.; FERRAZ, A.; CONTRERAS, D.; RODRIGUEZ, J. Mecanismo e aplicações da reação de Fenton assistida por compostos fenólicos redutores de ferro. **Química Nova**, 30, 2007.

AHARONI, A.; GALILI, G. Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface. **Current Opinion Biotechnology**, v. 22, p. 239-244, 2011.

AKAR, Z.; KUÇUK, M.; DOGAN, H.; A new colorimetric method eliminates DPPH activity without the need for a spectrophotometer applied on synthetic and natural antioxidants and medicinal herbs. **Journal of Enzyme Inhibition and Medical Chemistry**, v. 32, p. 640- 647, 2017.

ALAMGIR, A. N. M. Therapeutic use of medicinal plants and their extracts: Volume 2: photochemistry and bioactive compounds. Springer, 2018.

ALVES, A. C. C.; AZEVEDO, V. C. R. Embrapa network for conservation of Plant Genetic Resources in Brasil. **Biopreservation and Biobank**. v. 16, 2018.

ANTONIEWSKA, A.; RUTKOWSKA, J.; PINEDA, M. M. Antioxidant, sensory and volatile profiles of biscuits enriched with Japanese quinces (*Chaenomeles japonica*). **Food Chemistry**, v. 286, p. 376-387, 2019.

ANISZEWSKI, T. Alkaloids. 2^a ed. Elsevier; Boston, MA, EUA. Definition, typology, and occurrence of alkaloids, p. 1-97, Chapter 1. 2015.

APAK, R.; ÖZYÜREK M.; GÜÇLÜ, K. E.; ÇAPANOĞLU, E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 997-1027, 2016.

AZIZ, M.; KARBOUNE, S. Natural anti-microbial / antioxidant agents in meat and poultry products, as well as fruits and vegetables: A review. **Food Sciences and Nutrition**, v. 58, p. 486-511, 2018.

BAILÃO, E. F. L. C.; DEVILHA, I. A.; CONCEIÇÃO, E. C.; BORGES, L. L. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 23760- 23783, 2015.

- BAJPAI, P. K.; REICHEL, M.; AUGUSTINE, R.; GERSHENZON, J.; BISHT, N. C. Heterotic patterns of primary and secondary metabolites in the oilseed crop *Brassica juncea*. *Heredity*, v. 3, p. 318-336, 2019.
- BATISTA, F. P.; LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FAÇANHA, R. V. Compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas tropicais cultivadas no Vale de São Francisco. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, p. 616-623, 2018.
- BAZU, A.; SCHELL, J.; SCOFIELD, R. H. Diet Fruits and Arthritis. *Food Functional*, v. 9, p. 70-77, 2018.
- BEDNARCZUC, V. O.; VERDAN, M. C. S.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL O. G. Test in vitro and in the toxicological screening of natural products. *Visio Academic*, v.11, 2010.
- BERG, B. M. V. D. Microscopic analysis of sperm from wild boar stained with MTT. *Journal of Veterinary*, v. 5, p. 58- 73, 2015.
- BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; PROENÇA, C. E. B. Araçá. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed). *Frutas nativas da região Centro Oeste do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006, p. 42-62.
- BILLER, J. D.; TAKAHASHI, L. S.; Oxidative stress and fish immune system: phagocytosis and leukocyte respiratory burst activity. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 90, p. 3403-3414, 2018.
- BORGES, F. F. V.; MACHADO, T. C.; CUNHA, K. S.; PEREIRA, K. C.; COSTA, E. A.; PAULA, J. D.; CHEN-CHEN, L. Assessment of the cytotoxic, genotoxic, and antigenotoxic activities of *Celtis iguana* (Jacq.) in mice. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v.85, p.955-963, 2013.
- BOYLES, R. E.; BRENTON, Z. W.; KRESOVICH, S. Genetic and genomic resources of sorghum to connect genotype with phenotype in contrasting environments. *The Plant Journal*, v. 97, 2018.
- CARDOSO, G. H. S.; DANTAS, E. B. S.; SOUZA, F. R. C.; PERON, A. P. Cytotoxicity of aqueous extracts *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae) in plant teste system. *Brazilian Journal Biology*, v.74, p.886-889, 2014.
- CHANDLER, K. J.; BARRIER, M.; JEFFUY, S. "Evaluation of 209 environmental chemical using a mouse stem cell adherent cell differentiation and cytotoxicity assay". *Plos One*, v. 1, 2011.
- CHAVES, V. C.; BOFF, L.; VIZZOTO, M.; CALVETE, E.; REGINATTO, F. H.; SIMÕES, C. M. Berries grown in Brazil: anthocyanin profiles and biological properties. *Food and Agriculture*, v. 98, p. 4331-4338, 2018.

CHEN, Z.; BERTIN, R.; FROLDI, G. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH* assay using several statistical programs. **Food Chemistry**, v.138, p. 414 - 420, 2013.

CODEVILLA, C. F.; TISCHER, B.; GINDRI, A. L.; NOGUEIRA-LIBRELOTTO, D. R.; BARIN, J. S.; SILVA, C. B.; ROLIM, C. M. B.; ZEPKA, L. Q.; MENEZES, C. R. Citotoxicidade e atividade antioxidante de extratos de Golden berry obtidos com ultrassom de alta intensidade. **Ciência Rural**, v, 48, 2018.

COIMBRA, R. R.; MIRANDA, G. V.; CRUZ, C. D.; SILVA, D. J. R.; VILELA, R. A. Amostragem de acessos introduzidos e melhorados para composição de uma coleção de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, 2012.

CORRÊA, M. G. Efeito dos extratos de cultivares de goiaba em linhagens celulares humanos de câncer de mama. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição). UFRJ. Rio de Janeiro, 2016.

CHRISTIANSON, D. W. Structural biology and chemistry of terpenoid cyclases. **Chemical Reviews**, v. 117, p. 11570-11648, 2017.

DALMOLIN, A.; SMITH, C. W. editors. O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico. FUPEF; Curitiba: 2007. p. 19-28.

DIAS, A. L. B.; BATISTA, H. R. F.; ESTEVAM, E. B. B.; ALVES, C. C. F.; FORIM, M. F.; NICOLELLA, H. D.; FURTADO, R. A.; TAVARES, D. C.; SILVA, S. T.; MARTINS, C. H. G.; MIRANDA, M. L. D. Chemical composition and *in vitro* antibacterial and antiproliferative activities of the essential oil from the leaves of *Psidium myrtilodes* O. Berg (Myrtaceae). **Clinical Pharmacognosy**, v. 11, p. 567-575, 2018.

DING, S.; LI, C.; CHENG, N.; CUI, X.; XU, X.; ZHOU, G. Redox regulation in cancer stem cells. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2015, 2015.

DROSOPOULOU, E. et al. In vitro and in vivo evaluation of the genotoxic and antigenotoxic potential of the main constituents of Chios mastitis water. **Scientific Reports**, v. 8, 2018.

DROZD, E.; BUBKO, I.; JAWORSKA, K.; GRUBER-BZURA, B. A. The application of an in vitro micronucleus test in mouse fibroblast L929 cells. **Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v, 841, p. 36-42, 2019.

DUANGJAI, A.; NUENGCHAMNONG, N.; SUPHROM, N.; TRISAT, K.; LIMPEANCHOB, N.; SAOKAEW, S. Potential of coffee fruit extract and quinic acid in adiposeness and lipolysis in 3T3-L1 adipocytes. **Journal of Medical Sciences**, 64, p. 84-92, 2018.

DURAN, F. F.; CROSSA, J.; CHEN, J.; HEARNE, S. J. The impact of sample selection strategies of genetic diversity and representativeness in germplasm bank collection. **BMC Plant Biology**, v. 19, 2019.

DLUZNIEWSKI, F. D. S.; VETTORATO, J. G.; GHELLAR MULLER, N. T. Abordagem etnobotânica de Myrtaceae no município sete de setembro, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Interdisciplinar em Ciências da Saúde e Biológicas*, v. 2, 2018.

EARLE, W. R.; SCHILLING, E. L.; STARK, T. H.; STRAUS, N. P.; BROWN, M. F.; SHELTON, E. Production of malignancy in vitro. IV. The mouse fibroblast cultures and changes seen in the living cells. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 4, p. 165-2012, 1943.

EASTMOND, D. A.; HARTWING, A.; ANDERSON, D.; ANWAR, W. A.; CIMINO, M. C.; DOBREV, I.; DOUGLAS, G. R.; NOHMI, T.; PHILIPS, D. H.; VICKERS, C. Mutagenicity testing for chemical risk assessment: update of the WHO/IPCS Harmonized Scheme. **Mutagenesis**, v. 24, p. 341–349, 2009.

FALEIRO, J. H.; GONÇALVES, R. C.; NAVES, P. L. F.; SANTOS, G. S. M. N. Pharmacognostic characterization bioactive compounds and powder antioxidant action of leaves of araçá (*Psidium cattleianum*) Myrtaceae. **Journal of General Medicine**, v. 4, 2016.

FEHLBERG, I. Terpenos e fenilpropanoides de *Myrcia guianensis* (Myrtaceae). Tese (Programa de Pós Graduação em Química), Universidade Federal da Bahia, 2011.

FERREYRA, M. L. F.; RIUS, S. P.; CASATI, P. Flavonoids: Biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. **Frontiers in Plant Science**, v. 3, p. 222, 2012.

FERREIRA, F. R. Germoplasma de fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2011.

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUZA; SILVA, J. C. Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrências descrição e uso. **Editora Embrapa Cerrado**, Planaltina, p. 48, 2009.

FRAZON, C. R.; SILVA, J. C. S.; Araçá *Psidium spp.* Instituto Interamericano de Cooperacion para la agricultura (IICA), 2018.

GHANBARI, R.; ANWAR, F.; ALKHARF, K. M.; ANWARUL; HASSAN, G.; SAARI N. Valuable Nutrients and Functional Bioactives in Different Parts of Olive (*Olea europaea* L.) A Review. **International journal Molecular Sciences**, v. 13, p. 3291–3340, 2012.

HANUSCH, A. L.; OLIVEIRA, G. R.; SABÓIA-MORAIS, S. M. T.; MACHADO, R. C.; ANJOS, M. M.; CHEN, C. Genotoxicity and Cytotoxicity Evaluation of the Neolignan Analogue 2-(4-Nitrophenoxy)-1Phenylethanone and its Protective Effect Against DNA Damage. **PLOS One**, v. 10, 2015.

HUANG, C. S.; YIN, M. C.; CHIU, L. C. Antihyperglycemic and antioxidative potential of *Psidium guajava* fruit in streptozotocin-induced diabetic rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 2189–2195, 2011.

HUANG, M.; LU, J. J.; HUANG, M. Q.; BAO, J. L.; CHEN, X. P.; WANG, Y. T. Terpenoids: natural products for cancer therapy. **Expert Opinion Investigational Drugs**, v. 21, p. 1801-1818, 2011.

HUANG, A. C.; OSBOURN, A. Plant terpenes that mediate underground interactions: perspectives for bioengineered terpenoids for plant protection. **Pest Management Science**, v. 75, p. 2368-2377, 2019.

INFANTE, J.; ROSALEN, P. L.; LAZARINI, J. G.; FRANCHIN, M.; ALENCAR, S. M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLOS One**, v. 11, 2016.

ISO, I. 10993–5: 2009 Biological evaluation of medical devices—part 5: tests for in vitro cytotoxicity. **International Organization for Standardization, Geneva**, 2009.

JHA, S. K.; SETHI, S.; SRIVASTAV, M.; DUBBY, A. K.; SHARMA, R. R.; SAMUEL, D. V. K.; SINGH, A. K. Firmness characteristics of mango hybrid is under ambient storage. **Food Engineering**, v. 97, p. 208-2012, 2010.

FILHO, J. M. Estudo da atividade antioxidante em frutas nativas e exóticas brasileiras. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Estadual Paulista, Araraquera, 2012.

KARAKAS, D.; RI, F.; ULUKAYA, E. The MTT feasibility test produces surprisingly viability false-positive, although the cells are killed by some extracts Vegetables. **Turkish Journal of Biology**, v. 41, p. 919-925, 2017.

KANG, J.; XIE, C.; LI, Z.; NAGARAJAN, S.; SCHAUSS, A. G.; WU, T.; WU, X. Flavonoids from açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. **Food Chemistry**, v. 128, p. 152157, 2011.

KESKIN, C.; AKTEPE, N.; YUKSENTEN, Y.; SUNGUROGLU, A.; BOGA, M. *In-vitro* Antioxidant, Cytotoxic, Cholinesterase Inhibitory Activities and Anti-Genotoxic Effects of *Hypericum retusum* Aucher Flowers, Fruits and Seeds Methanol Extracts in Human Mononuclear Leukocytes. **Pharmaceutical Research**, v. 16, p. 210-220, 2017.

WAMBUGU, P. W.; NDJIONDJOP, M. N.; HENRY, R. J. Role of genomics in promoting the use of genetic resources vegetables in gene banks. **Briefings in Functional Genomics**, v. 17, p. 198-206, 2018.

KISHIMOTO, S.; SATO, M.; TSUNEMATSU, Y.; WATANABE, K. Evaluation of Biosynthetic Pathway and Engineered Biosynthesis of Alkaloids. **Molecules**, v. 21, p. 1078, 2016.

KUMAR, S.; PANDEY, A. K. Chemistry and biological activities of flavonoids and overview. **Scientific World Journal**, p. 162- 173, 2013.

KONG, H.; CHANDEL, N. Regulation of redox balance in cancer and T cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 293, p. 7499- 7507, 2019.

KOZLOWSKA, A.; WEGIEREK, S. D. Flavonoids- food sources and health benefits. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, p. 65, 2014.

LIMA, F. F.; MENEGATI, S. E. L. T.; TRAESEL, G. K.; ARAÚJO, H. S.; LESCANO, C. H.; PEIXOTO, S. M.; SILVA, F. A. M.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; OESTERREICH, S. A. Study on the Cytotoxic, Genotoxic and clastogenic potential of *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng Oil pulp in vitro and in vivo experimental models. **Plos One**, v.11, 2016.

LUTHRIA, D. L. Influence of sample preparation on the Assay of phytochemicals. **Beltsville**. 2006.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S.; MIRANDA, G. V.; MATTEDI, A. P.; CALIMAN, F. R. B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, 2009.

MEDINA, A. L.; HAS, L. I. R.; CHAVES, F. C.; SALVADOR, M.; ZAMBAZI, R. C.; SILVA, W. P.; NORA, L.; ROMBALDI, C. V. Araçá (*P. cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferativa effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, p. 916-922, 2011.

MILLER, N. J.; RICE-EVANS, C. A.; DAVIS, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A. Novel method for measuring antioxidant capacity its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v. 84, p. 407- 412, 1993.

MIROŃCZUK; C. I.; WITKOWSKA, A. M.; ZUJKO, M. E. Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body. **Advances in Medical Sciences**, v.63, p.68-78, 2018.

MOHMMAD, T. A.; TSAI, Y. S.; AMMER, S.; CHEN, H.; CHIU, Y.; CHEN, Y. Cel-ID: cell line identification using RNA- seq data. **BMC Genomics**, v. 20, 2019.

MUNARI C. C.; OLIVEIRA, P. F.; LIMA, I. M. S.; MARTINS, S. P. L.; COSTA, J. C.; BASTOS, J. K.; TAVARES, D. C. Evaluation of cytotoxic, genotoxic and genotoxic potential of *Solanum lycocarpum* fruits glicoalkaloid extract in V79 cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 3696-3701, 2012.

NERI-NUMA I. A.; RUIZ, A. L. T. G.; PASTORE, G. M.; CARVALHO, J. E.; FERREIRA, J. E. M.; MORALES, J. P.; MALTA, L. G.; CARVALHO-SILVA, L. B.; JUNIOR, M. R. M.; MURAMOTO, M. T. Evalution of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential and araçá- boi fruit (*Eugenia stipitata*

MC Vaug- Myrtaceae) of the Brazilian Amazonan forest. **Food Research International**, v.50, p. 70-76, 2013.

ORSAVOVÁ, J.; HLAVACOVÁ, I.; MLCEK, J.; SNOPEK, L.; MISURCUVÁ, L. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispaL.*) fruits. **Food Chemistry**, v. 284, p. 323-333, 2019.

OLIVEIRA, N. N. S.; VIANA, A. P.; QUINTAL, S. S. R.; PAIVA, C. L.; MARINHO, C. S. "Análise de distância genética entre acessos do gênero *Psidium* via marcadores ISSR". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 917-923, 2014.

OSADA, N.; KOHARA, A.; YAMAJI, T.; HIRAYAMA, N.; KASAI, F.; SEKIZUKA, T.; KURODA, M.; HANADA, K. The genome landscape of the african green monkey kidney-derived vero cell line. **DNA Research**, v. 6, p. 673-683, 2014.

ORTIZ, T. A.; TAKAHASHI, L. S. A. Physical and Chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 22-39, 2015.

ÓZEN, A. S.; BIBILONE, M. M.; TUR, A. P. A. Consumption of functional foods in Europa; systematic review. **Nutrition Hospitalaria**, 2013.

PAYASI, A.; MISHRA, N. N.; CHAVES, A. L.; SINGH, R. Bioquímica do amolecimento de frutas: uma visão geral. *Fisiologia e Biologia Molecular das Plantas*, v. 15, p. 103-113, 2009.

PAZ, M.; GÚLLON, P.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A. P.; DOMINGUES, V. F.; GOMES, A. M.; BECKER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.

PEREIRA, E. S.; VINHOLES, J.; FRANZON, R. C.; DALMASO, G.; VIZZOTO, M.; NORA, L. *Psidium cattleianum* fruits: A review on its composition and bioactivity. **Food Chemistry**, v. 258, p. 95- 103, 2018.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, p. 146-152, 2012.

PRADO, A. Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. Dissertação (Mestrado em Ciência. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PIETRO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Anal Biochemical**, v. 269, p. 337-341, 1999.

PIRES, J.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo- USP, 2017.

PICHERSKY, E.; RAGUSO, R. A. Why do plants produce so many terpenoid compounds? **Phytologist**, v. 220, p. 655-658, 2016.

POIROUX-DONORD, F.; BIDEL, P. R.; FANCIULINO, A. L.; GAUTIER, H.; LAURI-LOPES, F.; URNBAN, L. Health benefits of vitamins and secondary's metabolites of fruits and vegetables and prospects to increase their concentrations by agronomic approaches. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 12065-12082, 2010.

POPRAC, P.; JAMOVA, K.; SIMUNKOVA, M.; KOLLAR, V.; RHODES, C.; VALKO, M. Targeting Free radicals in oxidative stress-related human diseases. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 38, p. 592-607, 2017.

POTT, D, M.; OSORIO, S.; VALLARINO, J. G. From Central to Specialized Metabolism: An Overview of Some Secondary Compounds Derived From the Primary Metabolism for Their Role in Conferring Nutritional and Organoleptic Characteristics to Fruit. **Frontiers in Plant Science**, v.10, 2019.

RAMOS, A. S.; SOUZA, R. O. S.; BOLETI, A. P. A.; BRUGINSKI, E. R. D.; LIMA, E. S.; CAMPOS, F. R.; MACHADO, M. B. Chemical characterization and antioxidant capacity of the araçá - pêra (*Psidium acutangulum*): An exotic Amazon fruit. **Food Research International**, v. 75, p. 315-327, 2015.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YNAG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity by applying an improved ABTS radical cation discoloration assay. **Biology and Free Radical Medicine**, v. 26, p. 1231- 1237, 1999.

REBELO, C.; FRANK, L.; GEENWAY, V.; DHURANDHAR, N. Functional foods to promote weight loss and satiet. Review, **Clinical Nutrition**, v.17, 2014.

REIS, L. C. R. O.; RIOS, A. O.; JABLONSKI, A.; HAGEN, M. E. K.; FLÔRES, S. H.; OLIVEIRA, V. R. Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1). **Food Science and Technology**, v. 63, p. 177-183, 2015.

RIBEIRO, A. B.; CHISTÉ, R. C.; FREITAS, M.; SILVA, A. F.; VISENTAINER, V.; FERNADES, E. *Psidium cattleianum* fruit extracts are efficient *in vitro* scavengers of physiologically relevant reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v. 165, p. 140-148, 2014.

ROESLER, R.; LORENCINI, M.; PASTORE, G. Brazilian Cerrado antioxidant sources: cytotoxicity and phototoxicity *in vitro*. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 814-821, 2010.

ROXANA, S. M. N.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no Oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 856-860, 2014.

RUBIO, C. P.; RUIZ, J. H.; SUBIELA, S. M.; TVARIJONAVICIUTE, A.; CERON J. J. Spectrophotometric assays for total antioxidant capacity (TAC) in canine serum: an update, **Biomed Central**, v. 12, 2016.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SACCO, A.; RAIOLA, A.; CALAFIORE, R.; BARONE, A.; RIGANO, M. M. New insights in controlling the accumulation of antioxidants in tomatoes by transcriptomic analysis of genotypes that exhibit contrasting levels of fruit metabolites. **BMC Genomics**, v. 20, 2019.

SAMMI, S., MASUD, T. Effect of different packaging systems on the quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) fruit during storage. *Journal of Food Science e Technology*, v. 48, p. 1-14, 2009.

SANTOS, C. D.; GALAVERNA, R. S.; ANGOLINI, C. F. F.; NUNES, V. V.; ALMEIDA, L. F. R.; RUIZ, A. L. T. G.; CARVALHO, J. E.; DUARTE, R. M. T.; DUARTE, M. C. T.; EBERLIM, M. N. Antioxidant, antiproliferative and antimicrobial activities of phenolic compounds from three *Myrcia* species. **Molecules**, v. 23, 2018.

SERAFINE, M.; PELUSO, I. Functional Foods for Health: The Interrelated Antioxidant and Anti-Inflammatory Role of Fruits, Vegetables, Herbs, Spices and Cocoa in Humans. **Current Pharmaceutical Design**, v. 22, p. 6701-6715, 2016.

SHAFI, S.; ANSARI, H. R.; BAHITHAM, B.; AOUABDI, S. The Impact of Natural Antioxidants on the Regenerative Potential of Vascular Cells. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 6, 2019.

SILVA, C. T. C.; BAYON, M. A. P.; OSÓRIO, C. Targeted Metabolomics Analysis of Polyphenols with Antioxidant Activity in Sour Guava (*Psidium friedrichsthalianum* Nied.) Fruit. **Molecules**, v. 11, 2017.

SILVA, L. C. N.; SILVA, C. A. J.; SOUZA, R. M.; SILVA, M. V.; CORREIA, S. M. T. Comparative analysis of antioxidant and DNA protection capabilities of fruits of *Anadenanthera colubrina*, *Libidibia ferrea* and *Pityrocarpa moniliformis*. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 2222-2228, 2011.

SILVA, C. M. A. Metabólitos secundários de plantas do semi-árido de Pernambuco- Uma inovação no controle de fitopatógenos. Dissertação (Programa de Pós - Graduação em Bioquímica e Fisiologia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SOUZA, L. P.; SOBRAL, M. D. G. Morfotipos do Araçazeiro, *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) no Estado do Paraná In: PEDROSA; MACEDO, J. H.;

SUKPRASANP, M.; SRIDONPAI, P.; PHIBOONCHAIYANAN, P. P. Eggeplant fruits protect against DNA damage and mutations.

SHULZ, M.; SERAGLIO, S. K. T.; BETTA, F. D.; NEHRING, P.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Determination of phenolic compounds in three ripening stages of yellow guava (*Psidium cattayanum* Sabine) after acid hydrolysis by LC-MS/MS. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 75, p. 110-115, 2020.

SWEETMAN, C.; DELUC, L. G.; CRAMER, G. R.; FORD, C. M.; SOOLE, K. L. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. **Phytochemistry**, v, 70, p. 1329-1344, 2009.

SKLOOT R. The Immortal Life of Henrietta Lacks. Random House, New York, 2010. **Mutation Research**, v. 813, p. 39-45, 2019.

TANVEER, A.; AKRAM, K.; HAYAT, Z.; SHAFI, A. Management of diabetic complications through fruit flavonoids as a natural remedy. **Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 1411-1422, 2017.

TEWARI, R.; KUMAR, V.; SHARMA, H. K. Physical and chemical characteristics of different cultivars of indian gooseberry (*Embllica officinalis*). **Food Science Technology**, v. 56, p. 1641-1648, 2019.

THOLL, D. Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. **Advances in Biochemical Engineering Biotechnology**, v. 148, p. 63- 106, 2015.

THOPPIL, R. J.; BISHAYEE, A. Terpenoids as potential chemopreventive and therapeutic agents in liver cancer. **World Journal Hepatology**, v.3, p. 228–249, 2011.

VANIN, C. R. Araçá amarelo: Atividade antioxidante, composição, nutricional e aplicação em barras de cereais. Dissertação (Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de do Paraná, Londrina, 2015.

IZQUEIRDO- VEGA, J. A. I.; MORALES- GONAZALÉZ, J. A.; SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ, M.; BETANZOS-CABRERA, G.; SOSA-DELGADO, S. M.; SUMAYA-MARTÍNEZ, M. T.; MOLARES-GONSÁLEZ, A.; PANIAGUA-PÉREZ, R.; MADRIGAL-BUJAIDER, E.; MADRIGAL-SANTILLÁN, E. Evidence of Some Natural Products with Antigenotoxic Effects. Part. 1: Fruits and Polysaccharides. **Nutrients**, v. 9, 2017.

VEGA, J. A. I. et al. Evidence of Some Natural Products with Antigenotoxic Effects. Part. 1: Fruits and Polysaccharides. **Nutrients**, v. 9, 2017.

VETO, N. M.; GUZMAN, F.; KULCHESKI, F. R.; SEGATTO, A. L. A.; LACERDA, M. E. G.; MARGIS, R. TUCHERT-ZOLET, A. C. Transcriptomic analysis of *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) reveals potential genes involved in fruit pigmentation. **Genetics and Molecular Biology**, v. 43, 2020.

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; CORREIA, M. G. S. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de graduação – Ciências Biológicas e da Saúde**, v.1, p. 43-52, 2012.

VINAS, P.; CASTILHO, N. M.; CAMPILHO, N.; CORDOBÁ, M. H. Directly suspend droplet microextraction with in injection port derivatization coupled to gas chromatography- mass spectrometry for the analysis of polyphenols in herbal infusions, fruits and functional foods. **Journal of Chromatography**, p.639-646, 2010.

VRANOVÁ, E.; COMAN, D.; GRUISSEM, W. Network analysis of MVA and MEP pathways for synthesis of isoprenoids. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 665-700, 2013.

XI, Y.; JIÃO, W.; CAO, J.; JIANG, W. Effects of chlorogenic acid on capacity of free radicals scavenging and proteomic changes in postharvest fruit of nectarine. **PLOS One**, v. 12, 2017.

XIE, L.; YU, Y.; MAO, J.; LIU, H.; HU, J. G.; LI, T.; GUO, X.; LIU, R. H. Evaluation of Biosynthesis, accumulation and antioxidant activity of vitamin e in Sweet corn (*Zea mays* L.) during kernel development. **Molecular Science**, v. 18, 2017.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar os potenciais antioxidante e citotóxicos de extratos aquosos de frutos de diferentes acessos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*.

4.2 Objetivos específicos

- Avaliar o teor de sólidos solúveis e pH da polpa de frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*.
- Avaliar a acidez titulável de frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*.
- Avaliar o potencial antioxidante de extratos aquosos de frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*.
- Avaliar a citotoxicidade dos extratos que obtiverem maior atividade antioxidante em culturas de células de fibroblastos.

CAPÍTULO II

Este artigo será submetido à revista Food Functional

Potencial antioxidante não citotóxico de extratos de frutos de *Psidium cattleianum* Sabine e *Psidium myrtoides* Berg: Uma nova alternativa como alimento funcional

Joseane Luiza Gomes^{1;2}; José Rafael da Silva Araujo²; Silvany de Sousa Araújo², Bruno Oliveira de Veras⁴; George Souza Feitoza⁴; José Severino de Lira Júnior³; Márcia Vanusa da Silva⁴; Ana Christina Brasileiro-Vidal^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

²Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal, Departamento de Genética, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

³Estação Experimental de Itambé, Instituto Agrônomo de Pernambuco, Brasil.

⁴Laboratório de Produtos Naturais, Departamento de Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

^aAutor para correspondência:

Ana Christina Brasileiro-Vidal, Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Genética, Centro de Biociências, Av. Prof. Moraes Rego 1235, CEP 50.670-420, Recife, PE, Brasil. Telefone: 55 81 99689- 3892; E-mail: brasileirovidal.ac@gmail.com

Resumo

Os araçás amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) e roxo (*P. myrtoides* Berg.), pertencentes à família Myrtaceae, são espécies nativas do Brasil, arbustivas, com frutos carnosos, adocicados e amplamente utilizados *in natura*. O presente estudo teve como objetivo avaliar os potenciais antioxidante e citotóxico dos extratos aquosos dos frutos de quatro acessos de *P. cattleianum* e dois de *P. myrtoides*, usando concentrações entre 1,56 e 50,0 mg/mL. Análises de teor de sólidos solúveis, Brix, pH e acidez titulável foram realizadas diretamente na polpa *in natura*. Perfil fitoquímico foi realizado por cromatografia em camada delgada e a dosagem de fenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteu, enquanto a atividade antioxidante foi avaliada pelos métodos de DPPH e ABTS, e a citotoxicidade pelo ensaio de MTT. Para *P. cattleianum*, o acesso IPA 1.32 apresentou maior atividade antioxidante tanto no método DPPH (958,51 mg de AAE/100 g), quanto no ABTS (92,96 mg de AAE/100 g), além de ter apresentado o maior conteúdo fenólico (68,16 mg de GAE/100 g). Em ambos os acessos de *P. myrtoides*, a atividade antioxidante foi significativamente maior quando comparada aos acessos de *P. cattleianum*. Para *P. myrtoides*, o acesso de maior atividade antioxidante foi o IPA 1.5, com 3069,81 e 1064,11 mg de AAE/100 g, para o DPPH e ABTS, respectivamente, com elevado teor de compostos fenólicos (155,68 mg de GAE/100 g). Ambos os acessos apresentaram compostos fenólicos e flavonoides, enquanto taninos e antocianinas foram observados apenas em *P. myrtoides*. O extrato aquoso de *P. cattleianum* não foi citotóxico para linhagem de fibroblastos murinos (L929) pelo teste de MTT, enquanto o extrato de *P. myrtoides* revelou citotoxicidade nas maiores concentrações (25 e 50 mg/mL). Desta forma, os frutos de ambos os araçás, principalmente *P. myrtoides* são fontes de metabólitos capazes de atuar como antioxidantes naturais, e o seu consumo pode ser indicado como parte de uma dieta equilibrada para manutenção a saúde, sendo promissores para uso como alimentos funcionais.

PALAVRAS-CHAVES: Alimento funcional, antioxidante, araçá amarelo, araçá roxo, citotoxicidade.

1. Introdução

Os alimentos de origem vegetal possuem componentes bioativos, que trazem diversos benefícios para a saúde e bem-estar, sendo frequentemente denominados alimentos funcionais (Gul et al., 2016). Componentes antioxidantes, têm desempenhado um papel importante no retardo e na prevenção da oxidação associada principalmente a doenças degenerativas (Aziz e Karboune, 2017; Yali et al., 2016). Atuam sobretudo como coadjuvantes às enzimas celulares, responsáveis pela neutralização de radicais livres, como as enzimas catalase (CAT), superóxido desmutase (SOD) e glutathiona-peroxidase (GSH-Px) (Mirónczuk et al., 2018; Paz et al., 2014).

As frutas têm sido consideradas fontes ricas em compostos com atividades antioxidantes, com destaque para os compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, ligninas, taninos e flavonoides, incluindo as antocianinas, (Denardin et al., 2015; Mittler, 2017; Pereira et al., 2018; Vinholes et al., 2018). Grande parte dos compostos fenólicos atua eliminando os produtos da peroxidação lipídica, impedindo danos oxidativos no DNA, além de remover as espécies reativas de oxigênio (ROS) (Zhang e Tsao, 2016). Além de sua ação antioxidante na saúde humana, podem atuar prevenindo, retardando ou reduzindo sintomas de doenças crônicas, como hipertensão, diabetes, câncer, hipercolesterolemia e anemia (Agustí et al., 2017; Bailão, et al., 2015; Jafari et al., 2014).

O desenvolvimento de cultivares com frutos portadores de propriedades antioxidantes têm se tornado um dos objetivos em programas de melhoramento, visando atender ao mercado de alimentação saudável (Correia et al., 2011). Destaca-se o programa de melhoramento genético de fruticultura da EMBRAPA, com pesquisas voltados para abacaxi (*Ananas comosus*), banana (*Musa acuminata*), manga (*Mangifera indica*), acerola (*Malpighia emarginata*), (Soares filho et al., 1993), entre outros. Dentre as fruteiras tropicais, destacam-se as espécies silvestres nativas do Brasil *Psidium cattleianum* Sabine (araçá amarelo) e *Psidium myrtoides* O. Berg (araçá roxo), pertencentes à família Myrtaceae e portadoras de frutos carnosos e adocicados. Os frutos de *P. cattleianum* possuem epicarpo amarelo ou vermelho (Ribeiro et al., 2014; Pereira et al., 2018), com teor de ácido ascórbico três a quatro vezes maior que as frutas

cítricas e propriedades biológicas importantes como antioxidantes, antidiarreicas e antiobesidade, atribuídas principalmente à presença de compostos fenólicos (Alvarenga et al., 2013; Pereira et al., 2018). Por outro lado, os frutos de *P. myrtoides* não são explorados comercialmente e não possuem caracterização reportada sobre a presença de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e segurança de consumo (Tuller et al., 2017).

A avaliação do potencial citotóxico é o primeiro passo para determinar o consumo seguro dos alimentos funcionais (Cardoso et al., 2014). Dentre os ensaios que avaliam os danos causados à célula, destaca-se o teste de citotoxicidade de MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il]-2,5- difeniltetrazólio), que se baseia na funcionalidade mitocondrial, após a exposição das células a um determinado composto (Bednarczuk et al., 2010; Noguera-Artiaga, 2019). Trabalhos anteriores reportaram ausência de citotoxicidade em frutos de abacate (*Persea americana* Mill.), em células mononucleares do sangue periférico humano (Larijane et al., 2014); de acerola (*Malpighia glabra* L.), em células de medula óssea de camundongos (Dusman, et al., 2012), e de araçá da espécie *P. acutangulum*, usando cultura de fibroblastos humanos (Ramos et al., 2015).

Diante do crescimento pela busca de uma alimentação saudável, a caracterização e avaliação comparativa de frutos de diferentes espécies de araçá é de grande relevância para ampliação do conhecimento acerca dos alimentos funcionais. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos: (1) Determinar as características físico-químicas dos frutos de araçá de *P. cattleianum* e de *P. myrtoides*; (2) identificar a presença de metabólitos secundários; (3) mensurar o potencial antioxidante dos frutos de araçá; (4) avaliar a citotoxicidade dos extratos de frutos de ambas as espécies.

2. Materiais e Métodos

2.1 Material Vegetal

Frutos maduros de quatro acessos de *P. cattleianum* (IPA 1.23; 1.32; 1.34; 1.49) e de dois acessos de *P. myrtoides* (IPA 1.5; 1.9) foram coletados do Banco de Germoplasma de Fruteiras Nativas e Exóticas da Estação Experimental de Itambé (Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA), Itambé, Brasil (S7°24'37" W35°06'46"), no período de novembro a dezembro de 2018, acondicionados em

sacos plásticos e armazenados a -20°C até a preparação da polpa. O clima da região é do tipo As' (Kopenn), com temperatura média anual de $24,1^{\circ}\text{C}$, e precipitação pluvial média de 1386 mm/ano. O solo predominante é classificado como argissolo. As plantas receberam poda de formação, coroamento de enxada em volta e roçagem do mato nas estrelinhas, entretanto não foram adubadas. Cada acesso é constituído de uma planta.

Para o preparo da polpa, 15 a 17 frutos sem manchas com mesmo nível de maturação foram pesados por acesso. Os frutos foram lavados e triturados (casca, polpa e sementes), homogeneizados em um misturador elétrico e peneirados. Cinquenta gramas de polpa foram armazenados para a caracterização físico-química, enquanto o restante foi liofilizado e armazenado a -20°C para posterior preparo do extrato. O rendimento da polpa foi determinado dividindo-se a massa da polpa média do fruto após o processo de liofilização pela massa da matéria fresca média do fruto inteiro expresso em porcentagem (Tabela 1).

Tabela 1. Peso médio dos frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtooides*, das polpas e rendimento após o processo de liofilização.

Acesso	Peso médio dos frutos (g)	Polpa (g)	Polpa liofilizada (g)	Rendimento (%)
<i>P. cattleianum</i>				
IPA 1.23	18,00	14,47	0,924	5,13
IPA 1.32	12,94	9,82	0,847	6,54
IPA 1.34	25,94	22,62	2,502	9,64
IPA 1.49	20,00	16,75	2,433	12,16
<i>P. myrtooides</i>				
IPA 1.5	14,25	10,94	0,835	5,85
IPA 1.9	8,27	4,77	0,418	5,05

Teor de sólidos solúveis (SST) foi determinado por leitura direta em refratômetro de bancada e expressos em Brix, enquanto o pH foi determinado por pHmetro, ambos diretamente na polpa da fruta. A acidez titulável (TA) foi determinada por titulação e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico na polpa (% de ácido cítrico).

Extratos aquosos dos frutos foram preparados usando 5 g das amostras liofilizadas e 50 mL de água destilada (extrato bruto a 10%) (Prado, 2009). Após

agitação por 12 h a 130 rpm, as soluções foram centrifugadas a 1500 rpm, por 15 min, a uma temperatura de 25°C. Em seguida, o extrato sobrenadante foi retirado com uma pipeta de Pasteur e armazenado a -20°C, até o momento das análises. As concentrações utilizadas nos testes subsequentes foram calculadas a partir do extrato bruto 10%.

2.2 Análise fitoquímica

2.2.1 Caracterização fitoquímica

A presença qualitativa de diferentes metabólitos secundários nos extratos *P. cattleianum* e *P. myrtooides* foi determinada a partir de alíquotas de 1 mg/mL de cada amostra, que foi solubilizada em clorofórmio P.A (99%) na concentração de 1 mg/mL. As amostras foram submetidas à análise em Cromatografia em Camada Delgada com sílica gel 60 F₂₅₄, com suporte de alumínio, diluídas com diferentes sistemas de solventes, conforme descrito por Wagner & Bladt (1996) (Tabela 2).

2.2.2 Quantificação de fenóis totais

O teor de fenólicos totais foi determinado para extratos aquosos de cada acesso nas concentrações de 1, 2 e 4 mg/mL de acordo com HUA-BIN (2008). Em placas de 96 poços, para cada amostra foram adicionados 20 µL da amostra, 100 µL do Folin-Ciocalteu e 80 µL de carbonato de sódio por poço. Para o controle negativo, 20 µL de água destilada foram adicionados em substituição ao volume da amostra. O ácido gálico foi utilizado como padrão nas concentrações de 2, 4, 5, 6, 8, 10 µg/mL. Em seguida, a placa foi colocada em ambiente escuro por 2 h e a absorbância foi determinada em espectrofotômetro a 735 nm. As amostras foram realizadas em triplicata e para cada análise o valor médio da absorbância foi obtido. A quantidade de fenólicos totais foi calculada em miligramas equivalente a ácido gálico (GAE)/g da amostra da curva de calibração ($y = 0,1024x - 0,0164$; $r^2 = 0,9775$) da solução padrão de ácido gálico.

Tabela 2. Sistemas de diluição e reveladores utilizados na triagem fitoquímica.

Metabólitos Secundários	Sistemas de diluição	Reveladores
Alcaloides	Tolueno: acetato de etila: dietilamina (70:20:10, v/v)	Reagente de Dragendorff
Antocianinas	Acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético Glacial: água (100:11:11:26)	Vanilina sulfúrica 10 min a 100°C
Compostos fenólicos	Acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético Glacial: água (100:11:11:26)	Folin ciocalteu
Derivados antracênicos	Acetato de etila: metanol: água (100:13,5:10, v/v)	Reagente KOH etanólico 10%
Cumarinas	Tolueno: etil éter (1:1 saturado com ácido acético 10%, v/v)	Reagente KOH etanólico 10%
Flavonoides e taninos	Acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético glacial: água (100:11:11:26, v/v)	Reagente NP + PEG
Lignan	Clorofórmio: metanol: água (70:30:4, v/v)	Reagente Vanilina Fosfórico
Mono e diterpenos	Tolueno: acetato de etila (93:7, v/v)	Reagente Vanilina Sulfúrico
Naftoquinonas	Tolueno: ácido fórmico (99:1, v/v)	Reagente KOH etanólico 10%
Triterpenos e esteroides	Tolueno: clorofórmio: etanol (40:40:10, v/v)	Reagente de Lieberman-Burchard

2.3 Determinação da atividade antioxidante

2.3.1 A atividade sequestrante do radical livre DPPH

A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH segundo Blois (1958) com algumas modificações, nas concentrações de 1,563; 3,125; 6,25; 12,5; 25 e 50 mg/mL. Para cada acesso, 40 µL das diferentes concentrações foram adicionados a 250 µL da solução metanólica de DPPH• em ambiente escuro. As misturas foram agitadas e, após 25 min, a absorbância foi lida em espectrofotômetro a 517 nm. As reações foram realizadas em triplicata acompanhadas de dois controles, o controle negativo que consistiu no radical DPPH• em água destilada e o controle positivo que consistiu no ácido ascórbico nas concentrações de 15,625; 31,25; 62,5; 125; 250 e 500 µg/mL. A porcentagem de descoloração do DPPH•, que indica a ação antioxidante, foi estabelecida de acordo com a fórmula:

$$\% \text{ de redução do radical livre DPPH: } \frac{\text{Abs controle negativo} - \text{Abs amostra}}{\text{Abs controle negativo}} \times 100$$

Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em Capacidade Antioxidante Equivalente à Vitamina C - VCEAC (mg de vitamina AAE/100g de fruta fresca).

2.3.2 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS

O ensaio ABTS foi realizado segundo RE et al. (1999), com algumas modificações. Uma diluição seriada foi realizada para todos os extratos resultando nas concentrações 6,25; 12,5; 25 e 50 mg/mL. Como controle negativo foi utilizado água destilada, e para o controle positivo o ácido ascórbico nas concentrações 15,625; 31,25; 62,5; 125; 250 e 500 µg/mL.

A solução etanólica de ABTS (210 µM) foi preparada a partir de uma solução de ABTS 7 mM e persulfato de potássio 140 mM. A cada 1 mL desta solução foram adicionados 33 mL de etanol e, em seguida, a leitura da absorbância foi ajustada para 0,70 nm ± 0,20 nm. Posteriormente, para cada diluição, transferiu-se alíquotas de 10 µL do extrato em três cubetas, e adicionou-se 1 mL do radical ABTS. Após exatos 6 min, foi realizada a leitura das absorbâncias a 734 nm.

A porcentagem de inibição do radical ABTS, que indica a ação antioxidante, foi estabelecida de acordo com a fórmula,

$$I (\%): \frac{\text{Abs controle negativo} - \text{Abs amostra}}{\text{Abs controle negativo}} \times 100$$

Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em Capacidade Antioxidante Equivalente à Vitamina C - VCEAC (mg de vitamina AAE/100g de fruta fresca).

2.4 Análise de citotoxicidade

2.4.1 Citotoxicidade pelo ensaio de MTT

O teste MTT [3- (4,5-dimetiltiazol-2-il) -2,5-difenil tetrazólio] foi realizado para avaliar a citotoxicidade dos extratos aquosos dos frutos de *Psidium* que obtiveram maior atividade antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS, seguindo Mosmann (1983) com algumas modificações. Foi utilizada a linhagem

celular L929, oriunda de fibroblastos de camundongo, obtidas do Banco de Células do Rio de Janeiro (BCRJ, Brasil). As células foram mantidas em meio de cultura DMEM, suplementado com 50 mL de Soro Fetal Bovino (10%) e 5 mL solução de antibiótico/ antimicótico (penicilina/ estreptomicina), a 37 °C com 5% de CO₂.

Células L929 (2×10^5 / poço) foram semeadas (100 µL) em placas de 96 poços e incubadas por um período de 48 h a 37°C em atmosfera úmida, contendo 5% de CO₂. Em seguida, foram adicionados 100 µL dos extratos aquosos diluídos em meio DMEM completo dos acessos IPA 1.32 (araçá amarelo, *P. cattleianum*) e do IPA 1.5 (araçá roxo, *P. myrtoides*) nas concentrações de 0,781; 1,563; 3,125; 6,25; 12,5 e 25 mg/mL filtrados em filtro membrana PES (22 µm de diâmetro), em triplicata. As células foram incubadas a 37 °C por 48 h, usando meio de cultura DMEM e Triton X-100 a 1%, controles negativo e positivo, respectivamente. Após a exposição, 20 µL da solução de MTT (5 mg/mL) (N° CAS 298-9310, Sigma) foram adicionados em todos os poços e incubadas por 3 h. Em seguida, o material sobrenadante foi descartado e adicionados 100 µL de DMSO para a dissolução dos cristais de formazan. A absorbância foi mensurada em leitor de microplaca, utilizando filtro de 570 nm.

2.4 Análise estatística

Os experimentos foram realizados em triplicata. Os dados físico-químicos, de fenóis totais, dos ensaios antioxidantes e do teste de citotoxicidade foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homogeneidade por ANOVA/Levene. Como os dados não foram normais, adotou-se o teste não paramétrico Mann-Whitney usando o Software GraphPad Prism 5. 0 ($p < 0,01$) para fenóis totais e ensaios antioxidantes e o teste não paramétrico Kruskal-Wallis usando o software Statistica 8.0 ($p < 0,05$) para as características físico-químicas e teste de citotoxicidade.

Para verificar os coeficientes de correlação entre os dados de fenóis totais e os testes antioxidantes, foi utilizado o teste não paramétrico de Spearman com $p < 0,01$, comparando os dois acessos de *P. cattleianum* com maior atividade antioxidante (IPA 1.23 e 1.32) com os dois acessos de *P. myrtoides* (IPA 1.5 e 1.9).

3. Resultados

3.1 Caracterização da polpa dos frutos de araçá

Na Tabela 3, são apresentados os resultados das análises de sólidos solúveis, pH e acidez titulável. As polpas dos acessos de *P. cattleianum* apresentaram o maior teor de sólidos solúveis com 16,0° Brix, enquanto os acessos IPA 1.5 e 1.9 de *P. myrtooides* apresentaram 14,7° e 11,2° Brix, respectivamente. Os resultados de pH indicaram diferenças significativas para os frutos dos acessos de ambas as espécies, embora todos tenham apresentado pH ácido. Para *P. cattleianum*, o pH variou de 3,657 para o acesso IPA 1.49 a 3,772 para IPA 1.34, enquanto para *P. myrtooides* o valor de pH foi de 3,046 para IPA 1.5 e de 3,074 para IPA 1.9.

Tabela 3. Características físico-químicas das polpas dos frutos de *Psidium cattleianum* e *Psidium myrtooides*, correspondente ao teor de sólidos solúveis, do pH e da acidez titulável.

Acesso	SST (Brix)	pH da polpa	AAT (%)
<i>P. cattleianum</i>			
IPA 1.23	16,0°	3,711 ± 0,007 b	1,147 ± 0,035 c
IPA 1.32	16,0°	3,715 ± 0,001 b	1,120 ± 0,020 c
IPA 1.34	16,0°	3,772 ± 0,002 a	1,143 ± 0,015 c
IPA 1.49	16,0°	3,657 ± 0,006 c	1,117 ± 0,015 c
<i>P. myrtooides</i>			
IPA 1.5	14,7°	3,046 ± 0,046 e	2,207 ± 0,067 b
IPA 1.9	11,2°	3,074 ± 0,014 d	2,490 ± 0,090 a

Os resultados expressam as médias das três repetições por tratamento e o desvio padrão, com exceção para os valores de sólidos solúveis que foram expressos em Brix. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. SST: sólidos solúveis totais; AAT: acidez titulável.

A acidez titulável (AAT) mostrou valores de 1,117 a 1,147%, para os acessos IPA 1.34 e 1.23 de *P. cattleianum*, respectivamente, sendo os demais acessos semelhantes estatisticamente ao AAT de maior valor. Os acessos de *P. myrtooides* apresentaram maior nível de acidez com diferença significativa entre os acessos e em relação a *P. cattleianum*, observando-se 2,207 e 2,490%, para os acessos IPA 1.5 e 1.9, respectivamente (Tabela 3).

3.2 Análise fitoquímica dos extratos

A análise fitoquímica por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) revelou que os acessos de *P. cattleianum* foram fortemente (IPA 1.23 e 1.32) ou moderadamente (IPA 1.34 e 1.49) positivos para a presença de compostos fenólicos; e fortemente (IPA 1.32) ou levemente (IPA 1.23, IPA 1.34 e IPA 1.49) positivos para a presença de flavonoides (Tabela 4). Contudo, não foram detectados nem antocianinas nem taninos hidrolisáveis para os quatro acessos de *P. cattleianum*. Por outro lado, ambos os acessos de *P. myrtoides* foram fortemente positivos para a presença de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, e moderadamente positivos presença de taninos hidrolisáveis (Tabela 4).

Tabela 4. Metabólitos secundários revelados pela análise de cromatografia em camada delgada (CCD) nos extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *P. myrtoides*.

Acesso	Compostos fenólicos	Flavonoides	Antocianinas	Taninos hidrolisáveis
<i>P. cattleianum</i>				
IPA 1.23	+++	+	-	-
IPA 1.32	+++	+++	-	-
IPA 1.34	++	+	-	-
IPA 1.49	++	+	-	-
<i>P. myrtoides</i>				
IPA 1.5	+++	+++	+++	++
IPA 1.9	+++	+++	+++	++

+++ (fortemente); ++ (moderadamente); + (levemente).

Na análise dos fenóis totais, os resultados foram fornecidos em equivalência ao ácido gálico, com base no volume do solvente e na quantidade da fruta liofilizada (Tabela 5). A quantidade de compostos fenólicos totais foi estatisticamente semelhante entre os acessos de *P. cattleianum* com variação de $49,83 \pm 2,93$ a $68,83 \pm 0,29$ mg de GAE/100g em IPA 1.34 e IPA 1.23, respectivamente. Por outro lado, houve um aumento significativo na quantidade de compostos fenólicos totais para os acessos de *P. myrtoides*, IPA 1.5 e 1.9, com valores de $155,68 \pm 0,48$ e $128,67 \pm 0,58$ mg de GAE/100g.

3.3 Atividade antioxidante dos extratos dos frutos

Os quatro acessos de frutos liofilizados de *P. cattleianum* apresentaram semelhança estatística em relação ao potencial antioxidante frente ao radical DPPH, com capacidade variando de $567,04 \pm 3,13$ a $958,51 \pm 4,53$ mg de AAE/ 100g nos acessos IPA 1.34 e 1.32, respectivamente (Tabela 5), e frente ao radical ABTS, com valores entre 34,93 (IPA 1.34) e 92,96 mg de AAE/ 100g (IPA 1.32) para *P. cattleianum*. Também entre os acessos de *P. myrtoides* não foram observadas diferenças estatísticas para os acessos IPA 1.5 e 1.9, com $3069,81 \pm 9,75$ e $2996,95 \pm 2,21$ mg de AAE/ 100g (IPA 1.5), e valores de 777,71 e 1064,11 mg de AAE/ 100 g (IPA 1.9) frente aos radicais DPPH e ABTS, respectivamente (Tabela 5). Por outro lado, o potencial antioxidante de *P. myrtoides* foi significativamente maior quando comparado a *P. cattleianum* por ambos os testes.

Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais em mg de ácido gálico por 100 g do extrato fresco e atividade antioxidante dos extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *P. myrtoides* expressos em equivalentes ao ácido ascórbico (mg de AAE/100 g fruto fresco) pelos métodos de DPPH e ABTS.

Acesso	Teor de compostos fenólicos totais (mg de AGE/100g)	DPPH (mg de AAE / 100g)	ABTS (mg de AAE / 100 g)
<i>P. cattleianum</i>			
IPA 1.23	$68,83 \pm 0,29$ b	$907,55 \pm 4,32$ b	$59,47 \pm 7,44$ b
IPA 1.32	$68,16 \pm 4,25$ b	$958,51 \pm 4,53$ b	$92,96 \pm 0,00$ b
IPA 1.34	$49,83 \pm 2,93$ b	$567,04 \pm 3,13$ b	$34,93 \pm 3,66$ b
IPA 1.49	$64,50 \pm 2,50$ b	$641,12 \pm 0,00$ b	$52,00 \pm 9,14$ b
<i>P. myrtoides</i>			
IPA 1.5	$155,83 \pm 0,48$ a	$3069,81 \pm 9,75$ a	$1064,11 \pm 66,08$ a
IPA 1.9	$128,67 \pm 0,58$ a	$2996,95 \pm 2,21$ a	$777,71 \pm 26,09$ a

Os resultados expressam as médias de três repetições por tratamento e o desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Os resultados apresentaram uma forte correlação entre a capacidade antioxidante e a quantidade de compostos fenólicos totais presentes nos acessos dos frutos liofilizados de ambas as espécies de *Psidium* ($r = 0,8147$ e $r = 0,8622$ $p < 0,01$, para os ensaios de DPPH e ABTS, respectivamente).

3.6 Citotoxicidade

Os acessos IPA 1.32 de *P. cattleianum* e IPA 1.5 de *P. myrtooides* foram selecionados para realização do teste de viabilidade celular, via MTT (Figura 1). Para o extrato aquoso do *P. cattleianum* (Figura 1A), as concentrações testadas não apresentaram diferença significativa quando comparadas ao controle negativo ($p > 0,01$), não sendo consideradas citotóxicas. Para o extrato aquoso do *P. myrtooides* (Figura 1B), as concentrações de 1,562 a 12,5 mg/mL não apresentaram diferença significativa quando comparadas ao controle negativo, enquanto as concentrações de 25 e 50 mg/mL apresentaram diferença significativa quando comparadas com o controle negativo ($p > 0,01$), indicando elevada citotoxicidade com redução da viabilidade celular para valores de 44,91% e 23,55% respectivamente, no tempo de exposição de 48 h.

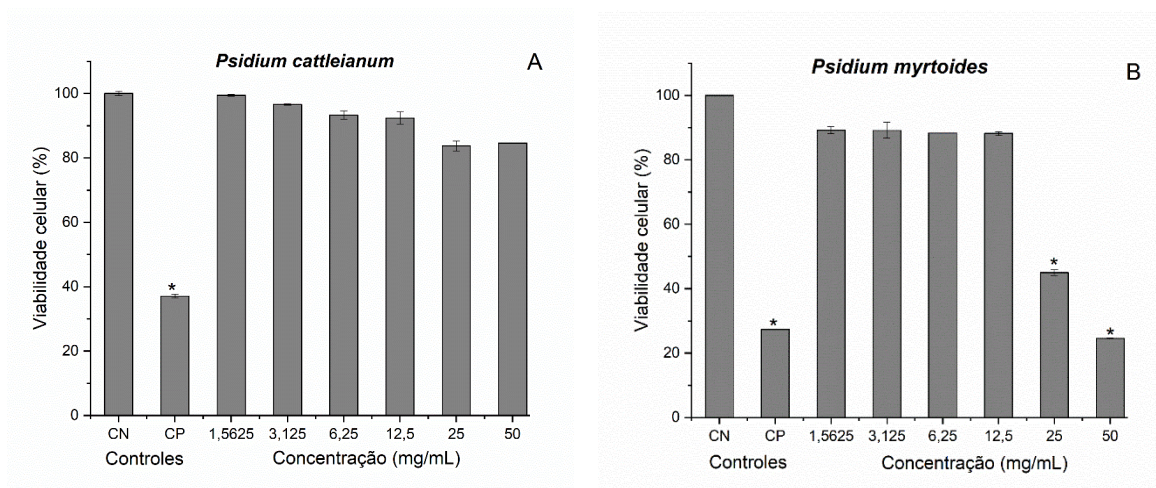


Figura 1. Viabilidade celular de diferentes concentrações de extratos aquosos dos frutos de *Psidium cattleianum* acesso IPA 1.32 (A) e *Psidium myrtooides* acesso IPA 1.5 (B) em ensaio de MTT. Valores correspondentes à média da porcentagem de viabilidade celular (cinco repetições/tratamento) e o desvio padrão. CN: Controle Negativo; CP: controle positivo. * Médias estatisticamente diferentes quando comparadas com o controle negativo pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,01$).

4. Discussão

Ambas as espécies de araçá (*P. cattleianum* e *P. myrtooides*) apresentaram forte potencial antioxidante tornando-as grandes candidatas para uso como alimento funcional. Este é o primeiro trabalho que compara a ação antioxidante de extratos dos frutos do araçá roxo (*P. myrtooides*), por dois

diferentes métodos, demonstrando grande poder antioxidante frente aos radicais livres DPPH e ABTS. Esses resultados parecem estar relacionados às maiores concentrações de compostos fenólicos nos extratos de *P. myrtoides* em relação aos de *P. cattleianum*, principalmente antocianinas e taninos hidrolisáveis.

A atividade antioxidante foi confirmada para os extratos dos frutos de *P. cattleianum* e *P. myrtoides*, sendo significativamente superior para esta última espécie em ambos os testes realizados (3069,81 e 1064,11 mg de AAE/ 100 g para o acesso IPA 1.5; 2996,95 e 777,71 mg de AAE/ 100 g para o acesso IPA 1.9, frente aos radicais livres DPPH e ABTS, respectivamente). Ao comparar com frutos tropicais considerados bons antioxidantes, os acessos de *P. myrtoides* obtiveram valores similares à acerola (*Malpighia emarginata*, 3987 mg/ 100g) e superiores à goiaba (*P. guajava*, 1507 mg de AAE/ 100g) e ao açaí (*Euterpe oleraceae*, 1574 mg de AAE/ 100g) frente ao radical DPPH (RAMOS et al., 2015). Também, no ensaio ABTS, o potencial antioxidante foi superior ao descrito para goiaba (*P. guajava*; 62,82 mg de AAE/ 100g), araçá pera (*P. acutangulum*; 90,57 mg AAE/100g) e araçá Costa Rica (*Psidium friedrichsthalianum*; 86,35 mg AAE/100g) (Ramos et al., 2015), os quais foram similares aos acessos de *P. cattleianum* do presente trabalho (34,93 a 92,96 mg de AAE/ 100 g).

O maior potencial antioxidante encontrado para *P. myrtoides* parece estar relacionado às maiores concentrações de compostos fenólicos encontradas (128,67 a 155,68 mg de GAE/ 100g), incluindo forte presença de antocianinas e moderada de taninos hidrolisáveis. Trabalho anterior com *P. cattleianum* também mostrou um teor de compostos fenólicos maior para a variedade vermelha com 501,33 mg de GAE/ 100g quando comparada à amarela com 292,03 mg de GAE/ 100g, devido à presença de flavonoides e principalmente antocianinas do tipo cianidina nas frutas da variedade vermelha (Biegelmeyer et al., 2011). No presente trabalho, os acessos de *P. cattleianum* (média dos acessos 62,83 mg de GAE/ 100g) apresentaram valores semelhantes aos da goiaba (*P. guajava*; 50,06 mg de GAE/ 100g; Haida et al., 2015), porém inferiores aos encontrados para extrato etanólico de *P. cattleianum* (660 mg de GAE/ 100g; Denardin et al. 2015). Diferenças na quantidade de compostos fenólicos dos extratos de frutas de uma mesma espécie podem ser devidas aos diferentes tipos de extrato, métodos de quantificação, incluindo o uso de diferentes padrões, bem como uso

de diferentes genótipos, formas de cultivo, diferenças ambientais, incluindo local, clima, composição do solo, temperatura, exposição a pragas, estágio de maturação e armazenamento das frutas (Garcia et al., 2012; Shan et al., 2005).

Dentre os compostos fenólicos, destaca-se a presença dos flavonoides, principalmente antocianinas e taninos hidrolisáveis, nos frutos de *P. myrtoides*. Os taninos são um grupo heterogêneo de compostos polifenólicos solúveis em água, com até 20 grupos de hidroxilas. São responsáveis pelo sabor de diferentes frutas e legumes e são reconhecidos por exercerem efeitos benéficos na prevenção de diversas doenças relacionadas ao estresse oxidativo (Smeriglio et al., 2017). As antocianinas responsáveis pelas cores brilhantes de laranja, vermelho e roxo de muitas frutas, também são benéficas à saúde como antioxidantes alimentares contra muitas doenças crônicas como doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, inflamação, entre outras (Yousuf et al., 2016; Robert e Fred, 2015). Dessa forma, a presença de ambos os compostos nos frutos de *P. myrtoides* parece ter contribuído para a maior atividade antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS, quando comparados aos frutos de *P. cattleianum*.

O extrato de *P. cattleianum* não apresentou efeitos citotóxicos nas concentrações testadas para as células de fibroblastos de murinos utilizadas, de modo semelhante ao relatado para o araçá pera (*P. acutangulum*) com cultura de fibroblastos humanos (MRC-5) (Ramos et al., 2015) e para três frutas exóticas (*Annona crassiflora*, *Eugenia dysenterica*, *Caryocar brasiliense*) do cerrado brasileiro, utilizando cultura de fibroblastos de camundongo (BALB/ C3T3) (Roesler et al., 2010), ambos pelo teste de viabilidade celular MTT. Estudos com extratos de frutos de goiaba (*P. guajava*) também não mostraram citotoxicidade nas concentrações testadas mediante o teste colorimétrico Alamar Blue para as células de macrófagos de murinos (J774) (Iha et al., 2008).

Por outro lado, as concentrações mais altas do extrato aquoso dos frutos de *P. myrtoides* (25 e 50 mg/mL) foram citotóxicas. Essa citotoxicidade pode ser atribuída ao efeito sinérgico dos metabólitos presentes (compostos fenólicos e flavonoides) observados em maiores concentrações nos frutos de *P. myrtoides*, além das antocianinas e taninos hidrolisáveis presentes nos frutos de *P. myrtoides* e ausentes em *P. cattleianum*. Trabalhos anteriores também

demonstraram essa relação, como observado para extratos de frutos de amora (*Morus sp.*), framboesa (*Rubus idaeus*), e mirtilo (*Vaccinium myrtilhus*), que apresentaram grandes concentrações de antocianinas e citotoxicidade na maior concentração testada (80 µg/mL), pelo teste de viabilidade celular Cell Titer Glo utilizando células de micróglia BV-2 (Ma et al., 2018). Vale ressaltar a menor concentração citotóxica encontrada para *P. myrtoides* (25 mg/mL) é cerca de 300 vezes maior que 80 µg/mL, o que demonstra a baixa citotoxicidade dos frutos de *P. myrtoides*.

A atividade antioxidante foi confirmada para os extratos dos frutos de ambas as espécies de araçá, sendo mais expressiva para os acessos de araçá roxo (*P. myrtoides*), provavelmente devido à presença de antocianinas e taninos hidrolisáveis. Por outro lado, os frutos *P. cattleianum* não apresentaram citotoxicidade nas concentrações testadas, enquanto o *P. myrtoides* foi citotóxico apenas nas maiores concentrações (25 e 50 mg/mL). Dessa forma, sugere-se que os frutos de ambas as espécies são promissores para uso como alimentos funcionais, para consumo *in natura* ou como ingrediente na forma processada em doces, sorvetes e geleias.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de nível superior (CAPES) pelo suporte financeiro mediante aprovação de bolsa de pesquisa, ao Laboratório de Genética e Citogenética Animal e Humana (Departamento de Genética), Laboratório de Biologia Molecular (Departamento de bioquímica) Laboratório de Recursos Naturais (Departamento de Bioquímica) (UFPE) e ao Laboratório Leal (Departamento de Nutrição) por oferecerem a infraestrutura necessária para execução dos experimentos, e ao Banco de Células do Rio de Janeiro (BCRJ), por ceder células da linhagem celular L929, oriundas de fibroblastos de camundongo.

6. Referências

AUGUSTÍ, A. R., BELLOSO, O. M., FORTUNY, R. S., MARTINEZ, P. E. (2017). Food processing strategies to enhance phenolic compounds bioaccessibility in plant-based foods. *Food Sciences and Nutrition*, v. 58, p. 2531-2548.

ANGELO, P. M., JORGE, N. (2007). Compostos fenólicos em alimentos- Uma breve revisão. Revista Instituto Adolfo Lutz v. 66, p. 1-9.

AZIZ, M., KARBOUNE, S. (2017). Natural anti-microbial / antioxidant agents in meat and poultry products, as well as fruits and vegetables: Food Sciences and Nutrition, v. 58, p. 486-511.

BARROS, C. G. R., ANDRADE, J. K. S., DENADAI, M., NUNES, M. L., NARAIN, N. (2017). Evaluation do potential of bioactive compounds and antioxidant activity is some residues of exotic Brazilian fruits. Food Research International, v. 102, p. 84-92.

BIEGELMEYER, R., ANDRADE, J. M. M., ABOY, A. L., APEL, M. A., DRESCH, R. R., MARIN, R., RASEIRA, M. C. B., HENRIQUES, A. T. (2011). Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant activity of red (*Psidium cattleianum*) and yellow (*Psidium cattleianum* Var. *lucidum*) strawberry guava fruit. Food Chemistry, v.76.

BORGES, F. F. V., MACHADO T. C., CUNHA K. S., PEREIRA K. C., COSTA E. A., PAULA J. R., CHEN L. C. (2013). Assessment of the cytotoxic, genotoxic, and antigenotoxic activities of *Celtis iguana* (Jacq.) in mice. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, v. 85, p. 955-963.

BROCHI, V. C., GODOY, H. T., GIUSTI, M. (2015). Anthocyanin and other phenolic compounds from Ceylon currant (*Dovyalis hebecarpa*) fruits, Food Chemistry, v. 176, p. 234-243.

CANUTO, G. A. B., XAVIER, A. A. O., NEVES, L. C., BENASSI, M. T. (2010). Physical-chemical characterization of fruit pulps from the Amazon and its correlation with ant- free radical activity. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, p. 1196-1205.

CANDÉO, M., CANTERI, M. H. G., MACEDO, D. C., KUBASKI, E. T., TEBCHERANI, S. M. (2020). Postharvest durability of tomatões with PVA cobering. Horticultura Brasileira, v. 38, p. 160-165.

CARDOSO, G. H. S., DANTAS, E. B. S., SOUZA, F. R. C., PERON, A. P. (2014). Cytotoxicity of aqueous extracts *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae) in plant teste system. Brazilian journal of Biology, v. 74, p. 886-889.

CHAVES, V. C.; BOFF, L.; VIZZOTTO, M.; CALVETE, E.; REGINATTO, F. H.; SIMÕES, C. M. O. (2018). Berries grown in Brazil: anthocyanin profiles and biological properties. Science of Food and Agriculture, v. 98, p. 4331-4338., 2018.

CORREIA, L. C., SANTOS, C. A. VIANELLO, F. LIMA, G. P. P. (2011). Antioxidant content in guava (*Psidium guajava*) and araçá (*Psidium spp.*) germplasm of different Brazilian regions. Phylogenetic Resources, v. 3, p. 384-391.

COUTO, M. A. L., & CANNIATTI-BRAZACA, S. G. (2010). Quantification of vitamin C and antioxidant capacity of citrus varieties. *Food Science and Technology*, v. 30, p. 15-19.

DENARDIN, C. C., HIRSCH, G. E., ROCHA, R. F., VIZZOTO, M., HENRIQUES, A. T., MOREIRA, J. C. F., GUMA, F. T. C. R., EMANUELI, T. (2015). Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. *Food and Drug Analysis*, v. 23, p. 387-398.

DUSMAN, E., FERREIRA, M. F. S., BERTI, A. P., MARIUCCI, R. G., MANTOVANI, M. S., VICENTINI, V. E. P. (2012). Investigation of cytotoxic and mutagenic effects of *Malpighia glabra* L. (barbados cherry) fruit pulp and vitamin C on plant and animal test systems. **Food Science Technology**, v. 32, p. 405-411.

GARCIA, E. J., OLDONI, T. L. C., ALENCAR, S. M., REIS A., LOGUERCIO A. D., GRANDE R. H. M. (2012). Antioxidant activity by DPPH Assay of potential Solutions to be applied on Bleached Teeth. *Brazilian Dental Journal*. v. 23, p. 345-354.

GUIMARÃES, K. C., SALGADO, D. L., CARVALHO, E. E. N. (2020). Evaluation of different methodologies for the determination of phenolic compounds in tropical fruits. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23.

GUL, K., SINGH, A., JABEEN. (2016). Nutraceuticals and functional foods: The foods for the future world. *Food Science Nutrition*, v. 56, p. 17-27.

HAMMAMI, C., AND RENÉ, F. (1997). Determination of Freeze-drying Process Variables for Strawberries". *Food Science & Technology*, v, 32, p. 133-154.

IHA, S. M., MIGLIATO, K. F., VELLOSA, J. C. R., SACRAMENTO, L. V. S., PIETRO, R. C. L. R., ISAAC, V. L. B., BRUNETTI, I. L. CORRÊA, M. A., SALGADO, H. R. N. (2008). Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v, 18, p. 387-393.

JAFARI, S., SAEIDNIA, S., ABDOLLAHI, M. (2014) Role of natural phenolic compounds in cancer chemoprevention via regulation of the cell cycle. *Curr Pharma Biotechnol*, v.15, p. 409-421.

KOBUS, Z., NADULSKI, R., WILCZNSKI, K., M., KOSAK, GUZ, T., RYDZAK, L. (2019). Effect of the acquisition method of black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) on polyphenol content and antioxidant activity. *PLOS One*, v. 14.

KÓNEN S., ERGENE S. (2018). *In vitro* evaluation of the genotoxicity of CeO₂ nanoparticles in human peripheral blood lymphocytes using cytokinesis- block micronucleus test, comet assay, and gamma H2AX. *Toxicology and Industrial Health*, v. 34, p. 293-300.

- LIMA, F. F., MENEGATI, S. E. L. T., TRAESEL, G. H., ARAÚJO, F. H. S., LESCANO, C. H., PEIXOTO, S. M., SILVA, F. A. M., VIEIRA, S. C. H., VIEIRA, M. C., OESTERREICH S. A. (2016). Study on the cytotoxic, genotoxic and clastogenic potential of *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng Oil pulp *in vitro* and *in vivo* experimental models. Plos One, v. 11, p. 1202-1215.
- LIMA, T. L. S., CAVALCANTE, C. L., SOUZA, D. G., SILVA, P. H. A., SOBRINHO, L. G. (2015). Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. Revista Verde, v, 10, p. 49-55.
- MA, H., JOHNSON, S. L., LIU, Y., SILVA, N. A., MESCHWITZ, S., DAIN, J., SEERAM, N. P. (2018). Evaluation of polyphenol anthocyanin-enriched extracts of Blackberry, Black Raspberry, Blueberry, Cranberry, red Raspberry, and strawberry for free radical scavenging, reactive carbonyl Species trapping, anti-glycation, anti- β -amyloid aggregation, and microglial neuroprotective effects. International Journal of Molecular Sciences, v, 19.
- MEDINA, A. L., HAAS, L. I. R., CHAVES, C. F., SALVADOR, M., ZAMBIAZI, C. R., SILVA, W. P., NORA, L., ROMBALDI, C. V., (2011). Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. Food Chemistry, v. 128, p. 916-922.
- MIROŃCZUK, C. CHODAKOWSKA, I., WITKOWSKA, A. M., ZUJKO, M. E. (2018). Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body. Advances in Medical Sciences, v. 63, p. 68-78.
- NOGUERA-ARTIAGA, L., GARCÍA-ROMO, J. S., ROSAS-BURGOS, E. C., CINCO-MOROYOQUI, F. J., VIDAL-QUINTANAR, R. L., CARNONELL-BARRACHINA, A. A., BURGOS-HERNÁNDEZ, A. (2019). Antioxidant, Antimutagenic and Cytoprotective Properties of Hydrosos Pistachio Nuts. Molecules, v. 24, p. 43-62.
- PAZ, M., GÚLLON, P., BARROSO, M. F., CARVALHO, A. P., DOMINGUEZ, V. F., GOMES, A. M., BECKER, H., LONGHINOTTI, E., MATOS, C. D. (2015). Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. Food Chemistry, v. 172, p. 462-468.
- PAYASI, A., MISHRA, N. N., CHAVES, A. L., SINGH, R. (2009). Bioquímica do amolecimento de frutas: uma visão geral. Fisiologia e Biologia Molecular das Plantas, v. 15, p. 103-113.
- PEREIRA, E. S., VINHOLES J., FRAZON, R. C., DALMAZO, G., VIZZOTO, M., NORA, L., (2018). Fruits of *Psidium cattleianum*: a review on its composition and bioactivity. Food Chemistry, v. 258, p. 95-103.
- PEREIRA, M. C., SALOMÃO, L. C. C., MOTA, W. F., VIEIRA, G. (2000). Atributos físicos e químicos de frutos de oito clones de jaboticabeiras. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 22, p. 16-21.

PRADO, A. (2009). Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RAMOS, A. S.; SOUZA, R. O.; BOLETI, A. P. A.; BRUGINSKI, E. R. D.; LIMA, E. S.; CAMPOS, F. R.; MACHADO, M. B. (2015). Chemical characterization and antioxidant capacity of the araçá-pera (*Psidium acutangulum*): An exotic Amazon fruit. *Food Research International*, v. 75, p. 315-327, 2015.

RE, R., PELEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A. YANG, M. EVANS, C. R. (1999). Antioxidant activity by applying an improved ABTS radical cation discoloration assay. *Biology and Free Radical Medicine*, v. 26, p. 1231- 1237.

RIBEIRO, A. B., CHISTÉ, R. C., FREITAS, M., SILVA, A. F., VISENTAINER, J. V., FERNANDES, E. (2014). *Psidium cattleianum* fruit extracts are efficient in vitro hijackers of physiologically relevant oxygen and nitrogen reactive species. *Food Chemistry*, v. 165, p. 140-148.

ROESLER, R., LORENCINI, M., PASTORE, G. (2010). Brazilian Cerrado antioxidant sources: cytotoxicity and phototoxicity in vitro. *Food Science and Technology*, v. 30, p. 814-821.

RIO, D. D., MATEOS, A. R., SPENCER, J. P., TOGNOLINI, M., BORGES, G., CROZIER, A. (2013). Dietary (Poly) phenolics in human health: Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants e Redox Signaling*, v. 18, p. 1818-1892.

SAMMI, S., MASUD, T. (2009). Effect of different packaging systems on the quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) fruit during storage. *Journal of Food Science e Technology*, v. 48, p. 1-14.

SHAN, S., HUANG, X., ABBASI, A. M. (2019). Evaluation of polyphenols content and antioxidant activity in edible wild fruits. *Biomed Research International*, v. 2019, p. 321- 333.

SMERIGLIO, A., BARRECA, D.; BELLOCO, E.; TOMBETTA, D. (2017). Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British Journal of Pharmacology*, v. 174, p. 1244-1262.

SONI B. K., LAGAN J. P. (2017). Mutagenicity and genotoxicity of clear taste. *Toxicological Reports*, v.5, p.196-206.

SWEETMAN, C., DELUC, L. G., CRAMER, G. R., FORD, C. M., SOOLE, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, v, 70, p. 1329-1344.

TULER A. C., CARRIJO T. T., PEIXOTO A. L. (2017). Revisitando a flora e Macaé de Clima, Rio de Janeiro, Brasil: O gênero *Psidium* (Myrtaceae). *Rodriguésia*, v.68, p. 1323-1331.

VINHOLES, J., REIS, S. F., LEMOS, G, BARBIERI, R. L., FREITAS, V. D., FRANZON, R. C., VIZZOTO, M. (2018). Effect of in vitro digestion on the functional properties of fruit extracts of *Psidium cattleianum* Sabine (araçá), *Butia odorata* (Barb. Rodr.) *Noblick* (butiá) and *Eugenia uniflora* L. (pitanga). *Food Functional*, v. 12.

YOUSUF, B., GUL, K., WANI, A. B., SINGH, P. (2016). Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: *Food Science and Nutrition*, v. 56, p. 2223 - 2230.

ZHANG, H., TSAO, R. (2016) Dietary polyphenols, oxidative stress, antioxidant, and anti-inflammatory effects. *Current Opinion Food Science*, v. 8, p. 33-42.

7. CONCLUSÕES

- 7.1 Os frutos de ambas as espécies apresentam parâmetros (sólidos solúveis, pH e acidez titulável) desejáveis para os consumidores, apresentando características de boa qualidade para frutos no ponto ideal de amadurecimento.
- 7.2 Os acessos dos frutos de *P. myrtoides* (araçá roxo) apresentam maior capacidade antioxidante em comparação aos acessos de *P. cattleianum* (araçá amarelo), devido provavelmente ao alto teor de compostos fenólicos, particularmente flavonoides do grupo dos taninos e antocianinas.
- 7.3 O acesso de *P. cattleianum* de maior atividade antioxidante não é citotóxico em nenhuma das concentrações testadas, embora o acesso mais antioxidante do *P. myrtoides* seja citotóxico em concentrações elevadas (25 e 50 mg/ mL) para células de fibroblastos de murinos.
- 7.4 Os frutos de ambos os araçás, principalmente *P. myrtoides* (araçá roxo), são fontes de metabólitos capazes de atuar como antioxidantes naturais, e o seu consumo em quantidades apropriadas pode ser indicado como parte de uma dieta equilibrada para manutenção a saúde, sendo promissores para uso como alimentos funcionais.

8. ANEXOS

Anexo 1. Atividade antioxidante dos extratos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *Psidium myrtoides*, expressa como porcentagem de inibição do radical livre DPPH.

Acesso	Inibição do radical livre (%)					
	mg/mL					
	50	25	12,5	6,25	3,125	1,5625
<i>P. cattleianum</i>						
IPA 1.22	45,90	33,95	18,63	14,72	12,61	4,47
IPA 1.23	34,59	30,09	23,29	18,00	9,44	5,42
IPA 1.32	36,60	32,39	24,66	16,32	12,72	10,07
IPA 1.34	38,50	27,51	14,20	10,50	9,23	2,99
IPA 1.49	30,15	22,97	16,10	15,89	11,13	8,07
<i>P. myrtoides</i>						
IPA 1.5	86,05	83,83	81,82	54,67	29,31	18,53
IPA 1.9	84,15	82,25	79,92	46,42	31,21	15,99
	µg/mL					
	500	250	125	62,5	31,25	15,625
Ácido Ascórbico	90,02	89,01	79,82	53,08	27,83	13,14

Anexo 2. Atividade antioxidante dos extratos dos frutos de *Psidium cattleianum* e *Psidium myrtoides*, expressa como porcentagem de inibição do radical livre ABTS.

Acesso	Inibição do radical livre (%)					
	mg/mL					
	50	25	12,5	6,25		
<i>P. cattleianum</i>						
IPA 1.23	32,89	31,09	22,19	16,00		
IPA 1.32	38,50	31,79	22,86	13,25		
IPA 1.34	35,30	25,34	13,45	9,25		
IPA 1.37	37,45	36,23	21,24	15,67		
IPA 1.44	37,52	32,62	14,15	12,09		
<i>P. myrtoides</i>						
IPA 1.5	85,22	82,23	80,81	52,63		
IPA 1.9	83,15	81,22	77,82	44,32		
	µg/mL					
	500	250	125	62,5	31,25	15,625
Ácido Ascórbico	92,20	90,03	78,22	52,09	26,83	12,10

Anexo 3

Regras para publicação na Revista Food Functional

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2 ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results. The last sentence of the introduction should state the aim of the paper.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced. Methods already published on peer reviewed articles could be indicated by reference and only relevant modifications should be described. Authors must provide all the details about their starting material, the source, the bioactive, components responsible for the observed effects and changes in their content upon processing. Details of the ethical committees authorization should provide here when necessary. The last paragraph of the session should provide the details of the statistical methodology.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined results and discussion section is often appropriate for the type of article published.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Supplementary material/ Appendices

JFF do not encourage the use of supplementary material however when providing additional data is necessary to support paper results and favor the repeatability of the study you can upload this on a separate file.

Tables and figures should be given separate numbering: Table S1; Figure S1,...

Title page information

Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

• **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled.

You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Abstracts should not exceed 150 words.

Highlight

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 4 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

Graphical abstract

Graphical abstract is mandatory for this journal. It consists of an illustration conveying to the reader the main message of your paper. Graphical abstract is placed together with title and highlights on the web site and it is visible to everybody. Should not be one of the figure of the paper it is meant to pitch your article and induce the colleagues to read it.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article. Try not to over-use abbreviations.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).]

Formulae must be typewritten, each on a separate line. Leave ample space around the formulae. Subscripts and superscripts should be clear. All symbols used in the formulae should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and the letter I. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. All equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$. In chemical formulae, valence of ions must be given as e.g. Ca^{2+} and CO_3^{2-} , not as Ca^{++} or CO_3^{--} . Isotope numbers should precede the symbols, e.g. ^{18}O . The repeated writing of complicated chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound followed by its abbreviation (ethylene-diamine-tetraacetic acid, EDTA) should be given in full. The abbreviation is to be used in the case of a very long name or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P_2O_5).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork General points:

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.

- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
 - Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) in addition to color reproduction in print. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journal have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered online or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2018). The art of writing a scientific article. *Heliyon*, 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

Reference to a website:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. (2003).
<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>
Accessed 13 March 2003.

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. (2015). Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to a conference paper or poster presentation:

Engle, E.K., Cash, T.F., & Jarry, J.L. (2009, November). The Body Image Behaviours Inventory-3: Development and validation of the Body Image Compulsive Actions and Body Image Avoidance Scales. Poster session presentation at the meeting of the Association for Behavioural and Cognitive Therapies, New York, NY.