

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E
RECURSOS NATURAIS**

CÍCERA JOSEVÂNIA DANIEL CORDEIRO

**CARACTERIZAÇÃO, POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ATIVIDADE
ANTIBACTERIANA DE POLPA DE ARAÇÁ (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.)**

CRATO – CE

2020

CÍCERA JOSEVÂNIA DANIEL CORDEIRO

**CARACTERIZAÇÃO, POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ATIVIDADE
ANTIBACTERIANA DE POLPA DE ARAÇÁ (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Diversidade Biológica e
Recursos Naturais da Universidade Regional
do Cariri (URCA), como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Hermínio da Silva
Universidade Federal do Cariri – UFCA.

Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Inês
Rodrigues Machado
Universidade Federal do Cariri – UFCA.

CRATO – CE

2020

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri – URCA
Bibliotecária: Ana Paula Saraiva CRB: 3/1000

Cordeiro, Cícera Josevânia Daniel.

C794c Caracterização, potencial antioxidante e atividade antibacteriana de polpa de Araçá (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.)/ Cícera Josevânia Daniel Cordeiro. – Crato – CE, 2020.

98p.; il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais da Universidade Regional do Cariri – URCA

Orientador: Prof. Dr. João Hermínio da Silva

Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Inês Rodrigues Machado

1. Araçá, 2. Características físico-químicas, 3. Compostos fenólicos,
4. Atividade antibacteriana, 5. Espectroscopia de infravermelho;
I. Título.

CDD: 615.32

FOLHA DE APROVAÇÃO**CÍCERA JOSEVÂNIA DANIEL CORDEIRO****CARACTERIZAÇÃO, POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ATIVIDADE
ANTIBACTERIANA DE POLPA DE ARAÇÁ (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.)**

Dissertação defendida em 24 de julho de 2020 e aprovada pela Comissão Julgadora para obtenção do título de Mestre em Diversidade Biológica e Recursos Naturais pela Universidade Regional do Cariri (URCA).

Orientador:

Prof. Dr. João Hermínio da Silva
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Co-orientadora:

Profa. Dra. Maria Inês Rodrigues Machado
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Examinadores:

Prof. Dr. Francisco Rodrigo de Lemos Caldas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Membro Externo

Prof. Dr. Alexandre Magno Rodrigues Teixeira
Universidade Regional do Cariri (URCA) - Membro Interno

CRATO – CE**2020**

Dedico este trabalho a minha família, minha âncora segura que sempre me proporcionaram muito amor, ensinamentos e apoio em todos os meus projetos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, por me proporcionar tudo que tenho hoje, pelas inúmeras conquistas e vitórias, por guiar sempre meus caminhos concedendo – me muito mais do que desejo e por ter permitido a concretização de mais uma etapa de minha vida.

A minha estimada mãe Etelvina Daniel de Freitas Cordeiro, pelos seus grandes ensinamentos e educação concedida, pela paciência, apoio e orações.

A meu pai Antônio Arruda Cordeiro (*in memoriam*), que mesmo não estando presente fisicamente, sempre buscou dá o melhor de si como pai, torcendo sempre e proporcionando apoio na minha vida acadêmica e que agora está orando por minhas conquistas e vitórias no outro plano.

Aos meus irmãos Jonas, Joermesson, Joseilda e Jocélio que ao longo desta etapa me encorajaram, dando-me forças para alcançar minhas metas e orando sempre por minhas conquistas e realizações.

Ao meu amado Adriano Ferreira por estar ao meu lado em todos os momentos, sendo sempre muito compreensível. Agradeço também pela paciência, apoio e ajuda incondicional quando precisava.

Ao meu grande orientador Prof. Dr. João Hermínio da Silva, pelo carinho com que me acolheu e pela disposição sempre em ajudar. Agradeço também pela confiança, ensinamentos e pela amizade. Tenho uma admiração enorme por sua pessoa.

A minha querida co-orientadora Profa. Dra. Maria Inês Rodrigues Machado, pela disposição em abraçar meu trabalho, pela atenção e prontidão em me auxiliar, sempre esclarecendo minhas dúvidas. Agradeço também por suas maravilhosas palavras de incentivo que sempre me encorajaram. Tenho um carinho enorme por você.

Ao professor Dr. Francisco Rodrigo de Lemos Caldas por ser um grande colaborador desse projeto, pela disponibilidade em ajudar, também pela oportunidade nos concedida em seu laboratório e por todas as contribuições.

Ao professor Dr. Thiago Mielle Brito Ferreira Oliveira pela grande disponibilidade, atenção e carinho com que nos recebeu no seu laboratório, concedendo – nos a oportunidade de realização das análises de ácido ascórbico e pela ajuda com extrema maestria.

A professora Lucilene do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará pela prontidão em nos ajudar nas análises microbiológicas.

Ao pessoal dos laboratórios de Química e Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Luiz, Gabriel e Alef, pelo fundamental auxílio nos experimentos laboratoriais.

A banca de qualificação nas pessoas dos professores doutores Alexandre Teixeira e Raimundo Nonato, pelas valiosas contribuições.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais, pelos valiosos conhecimentos e a Universidade Regional do Cariri (URCA), pela oportunidade.

“Nenhum obstáculo é grande demais quando confiamos em Deus.”

Aristóteles

RESUMO

Espécies do gênero *Psidium* tem evidenciado importante potencial com características de interesses nutricionais, a exemplo da riqueza em vitaminas e em substâncias antioxidantes, além do seu emprego para exploração não somente pelo aproveitamento alimentar, com consumo de frutos *in natura* e na fabricação de doces, sucos e geleias, mas também para a utilização de espécies na medicina e possibilidades de uso na recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, objetivou-se determinar, nesse estudo, as características físico-químicas, o potencial antioxidante e a atividade antibacteriana de araçá (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.), além de realizar análise de espectroscopia de infravermelho da sua polpa. Para determinação do pH foi utilizado potenciômetro com a amostra à temperatura de 20 °C, os sólidos solúveis definidos mediante leitura direta em refratômetro portátil. Além desses, a acidez titulável, os açúcares redutores e não redutores foram quantificados. Os compostos fenólicos totais do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foram determinados utilizando o reagente de Folin – Ciocalteau e o teor de ácido ascórbico, por técnica eletroquímica. O método fotocolorimétrico *in vitro* por sequestro do radical livre estável DPPH, foi utilizado na determinação do potencial antioxidante e para avaliar a capacidade antibacteriana, fez uso do método de microdiluição em caldo. A polpa de araçá do presente estudo apresentou teor de sólidos solúveis de 12 °Brix, pH igual 3,0 e acidez titulável de 1,89 % de ácido cítrico. Foi obtido o valor de 109,3 mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra. O extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou alto potencial antioxidante, provavelmente devido ao seu elevado teor de compostos fenólicos. A espécie também evidenciou atividade inibitória contra todas as cepas bacterianas testadas. A análise da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier foi importante para identificar os grupos funcionais presentes na amostra, como grupos alquila, alqueno e carbonila. Dados os resultados, é possível inferir que a polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., mostra-se uma fonte rica em vitamina C, compostos fenólicos e potencial antioxidante, sendo assim sua ingestão se faz importante. Além disso, a espécie apresenta potencial para industrialização, e alguns dos fatores que contribuem é o baixo pH e as elevadas concentrações de acidez.

Palavras-chave: Araçá. Características físico-químicas. Compostos fenólicos. Atividade antibacteriana. Espectroscopia de infravermelho.

ABSTRACT

Species of the genus *Psidium* have shown important potential with characteristics of nutritional interests, such as richness in vitamins and antioxidants, in addition to their use for exploitation not only for food, with consumption of fruit in natura and in the manufacture of sweets, juices and jellies, but also for the use of species in medicine and possibilities of use in the recovery of degraded areas. Thus, the aim of this study was to determine the physical-chemical characteristics, the antioxidant potential and the antibacterial activity of araçá (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.), in addition to carrying out analysis of infrared spectroscopy of its pulp. To determine the pH, a potentiometer was used with the sample at a temperature of 20 °C, the soluble solids defined by direct reading in a portable refractometer. Besides these, the titratable acidity, reducing and non-reducing sugars were quantified. The total phenolic compounds of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. extract were determined using the Folin - Ciocalteu reagent and the ascorbic acid content by electrochemical technique. The in vitro phototocolorimetric method by stable free radical DPPH sequestration was used to determine the antioxidant potential and to evaluate the antibacterial capacity, the microdilution broth method was used. The araçá pulp in this study had a soluble solid content of 12 °Brix, pH equal to 3.0 and titratable acidity of 1.89 % citric acid. A value of 109,3 mg of ascorbic acid per 100 g of the sample was obtained. Extract of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. had a high antioxidant potential, probably due to its high content of phenolic compounds. The species also showed inhibitory activity against all bacterial strains tested. Fourier transform infrared spectroscopy analysis was important to identify the functional groups present in the sample, such as alkyl, alkenene and carbonyl groups. Given the results, it is possible to infer that the pulp of *Psidium brownianum* Mart. ex CD., shows a source rich in vitamin C, phenolic compounds and antioxidant potential, so its intake is important. Moreover, the species presents potential for industrialization, and some of the factors that contribute are the low pH and high concentrations of acidity.

Keywords: Araçá. Physical and chemical characteristics. Phenolic compounds. Antibacterial activity. Infrared spectroscopy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Psidium brownianum</i>	20
Figura 2 - Frutos de araçá	21
Figura 3 - <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	25
Figura 4 - Estrutura química geral dos principais compostos fenólicos	28
Figura 5 - Esquema geral da reação do ensaio de DPPH. A solução do radical DPPH, de coloração roxa, é reduzida por antioxidantes contidos no extrato vegetal, modificando a coloração da solução de roxo para amarelo	32
Figura 6 - Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético	35
CAPÍTULO I	
Figura 1 - Frutos de araçá (<i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.)	54
Figura 2 - Potenciostato / Galvanostato	58
Figura 3 - Curva analítica do ácido ascórbico	58
Figura 4 - Espectros FTIR da polpa do araçá <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	63
CAPÍTULO II	
Figura 1 - Curva de calibração do ácido gálico	76
Figura 2 - Poços de placa de microdiluição com revelador resazurina	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético	34
CAPÍTULO I	
Tabela 1 - Caracterização físico-química de polpa de <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	59
CAPÍTULO II	
Tabela 1 - Teor de fenóis totais e potencial antioxidante do extrato de <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	80
Tabela 2 - Atividade antibacteriana expressa como CIM ($\mu\text{g/mL}$) do extrato de <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC. e da droga meropenem (Controle positivo)	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AT	Acidez Titulável
BHA	Butil Hidroxianisol
BHI	Infusão de cérebro-coração - <i>Brain Heart Infusion</i>
BHT	Butil Hidroxitolueno
CE	Ceará
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CLSI	Instituto de Padrões Clínicos e Laboratoriais Clinical and Laboratory Standards Institute
DPPH	2,2-difenil-1-picrilidrazil
Ec	<i>Escherichia coli</i>
Ec PT	<i>Escherichia coli</i> da Lagoa do Parque das Timbaúbas
Ec RS	<i>Escherichia coli</i> do Rio Salgado
et al	Do latim et alii – e outros; e colaboradores
FDA	Food and Drug Administration
FTIR	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier
GAE	Equivalente de Ácido Gálico
HDL	Lipoproteína de alta densidade - <i>High Density Lipoprotein</i>
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
KCl	Cloreto de potássio
Kb PT	<i>Klebsiella pneumoniae</i> da Lagoa do Parque das Timbaúbas
Kb RS	<i>Klebsiella pneumoniae</i> do Rio Salgado
NCCLS	National Committee for Clinical Laboratory Standards
O	Oeste
pH	Potencial de hidrogênio
S	Sul
SS	Sólidos Solúveis
SS/AT	Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável
Sa	<i>Staphylococcus aureus</i>
St	<i>Salmonella typhi</i>
TBHQ	<i>tert</i> butil hidroxiquinona
UFC/ml	Unidades formadoras de colônia por ml

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 A FAMÍLIA MYRTACEAE E O GÊNERO <i>PSIDIUM</i>	17
3.1.1 <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	19
3.2 ARAÇÁ: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS, UTILIZAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA E FUNCIONALIDADES	21
3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA	25
3.4 COMPOSTOS FENÓLICOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE	27
3.5 ANTIMICROBIANOS.....	32
3.6 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO.....	33
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO I - Avaliação das características físico-químicas e análise de espectroscopia de infravermelho da polpa do araçá <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC. (Araçá-de-veado).	50
1. Introdução	52
2. Metodologia	55
2.1 Local de Coleta	55
2.2 Material Botânico	55
2.3 pH	56
2.4 Sólidos Solúveis (SS)	56
2.5 Acidez Titulável (AT)	56
2.6 Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)	56
2.7 Açúcares Redutores e Não Redutores (Açúcares totais)	56
2.8 Determinação do Conteúdo de Ácido Ascórbico	57
2.8.1 Célula Eletroquímica Utilizada nos Experimentos	57

2.8.2 Determinação de Ácido Ascórbico na Amostra.....	58
2.9 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)	59
3. Resultados e Discussão	59
3.1 Caracterização Físico – Química de Polpa de Araçá	59
3.2 Teor de Ácido Ascórbico	62
3.3 Infravermelho	63
4. Conclusão	64
Referências	65
CAPÍTULO II - Avaliação do potencial antioxidante e da atividade antibacteriana do extrato da polpa de <i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.	71
1. Introdução	73
2. Metodologia	74
2.1 Local de coleta.....	75
2.2 Material botânico.....	75
2.3 Preparação do extrato	75
2.4 Fenóis totais.....	76
2.5 Potencial antioxidante pelo método do radical DPPH	77
2.6 Atividade antibacteriana.....	77
2.6.1 Preparo das cepas bacterianas	77
2.6.2 Preparo das amostras.....	78
2.6.3 Avaliação antibacteriana e determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM)	78
3. Resultados e Discussão	79
3.1 Compostos fenólicos totais e potencial antioxidante	79
3.2 Atividade antibacteriana.....	82
4. Considerações Finais	84
Referências	85
PERSPECTIVAS.....	92
ANEXO A – Autorização SISBIO.....	94
ANEXO B – Comprovante de Aceito.....	96
ANEXO C – Comprovante de Publicação.....	97

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui grande diversidade, inclusive de frutas nativas. Contudo, uma pequena quantidade é explorada e utilizada, tanto na comercialização *in natura* como na forma de produtos derivados (VANIN, 2015). Além disso, é observado um reduzido número de estudos realizados para avaliar o potencial destes como alimentos funcionais. Dentre tais espécies frutíferas, é possível destacar as espécies de araçá (FETTER et al., 2010).

O araçá (*Psidium* spp.), pertencente à família Myrtaceae, é um fruto pequeno, arredondado, com polpa macia, podendo apresentar diferentes colorações de acordo com a espécie. São extremamente aromáticos, de sabor característico e podem ser consumidos *in natura* ou na forma de doces, geleias e sucos. Estudos têm confirmado características de interesses nutricionais e funcionais de sua polpa, como minerais, elevada concentração de vitamina C, fibras e compostos fenólicos que lhes conferem atividade antioxidante (MAYER, 2015; ZAICOVSKI, 2008). Ele apresenta ainda vitaminas A e B, além de altas taxas de proteínas e carboidratos (VANIN, 2015).

A família Myrtaceae, dentre as fruteiras nativas do Brasil, destaca-se por apresentar espécies que produzem frutos pequenos, encontradas desde o Amazonas até o Sul do país, servindo como recurso alimentar para a fauna silvestre e para as populações locais (SANTOS et al., 2007). Esta família é constituída por aproximadamente 150 gêneros e 4630 espécies, especialmente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (FERREIRA et al., 2020). Dentre esses gêneros, o *Psidium* está incluído.

Espécies de *Psidium* apresentam importância etnobotânica com uso na alimentação, na medicina local e utilização como lenha (CAMPOS, 2010). O *Psidium* sp. também desempenha papel relevante ambientalmente, uma vez que pode ser utilizado em reflorestamentos para recuperação ambiental de áreas degradadas (BRANDÃO et al., 2002). Além disso, atividade antibacteriana, tem sido evidenciada por espécies desse gênero (ALVARENGA et al., 2016; BITTENCOURT, 2018; MELO, 2019).

Dentre as espécies do gênero *Psidium*, encontra-se a *Psidium brownianum* Mart. ex DC. é designada como sendo, arbustos ou árvores, atingindo de 0,5 – 8 m. A planta apresenta flores trimeras, tetrâmeras ou pentâmeras e ovários biloculares, além de possuir geralmente 12 sementes, com ocorrências confirmadas no Nordeste (Alagoas, Bahia, Pernambuco) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro), é ainda nativa e endêmica do Brasil (SOBRAL et al., 2015; STADNIK et al., 2018; OLIVEIRA, 2013), e tem registro de ocorrência também

na Floresta Nacional do Araripe – Ceará. Muitas vezes pode ser encontrada em áreas em regeneração (BRAGA, 2016).

A Floresta Nacional do Araripe, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, foi criada em 2 de maio de 1946, através do Decreto 9.226, constituindo a primeira floresta nacional do Brasil. Ela apresenta grande riqueza de espécies, entre elas o araçá, que desempenha papel importante na alimentação da fauna local. No entanto, na localidade, o araçá não apresenta grau de exploração econômica, dessa forma mais estudos voltados para a espécie se fazem necessários, no sentido de divulgar a comunidade conhecimentos acerca dos seus benefícios.

Dentre as propriedades importantes que *Psidium brownianum* Mart. ex DC. tem demonstrado é possível destacar: presença elevada de compostos fenólicos (MORAIS-BRAGA et al., 2015), uso etnobotânico para fins alimentares (fruta) e medicinais (brotos), por exemplo, para o tratamento da gripe (JESUS, 2012), atividade antiparasitária contra as linhagens parasitárias *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis* e *L. infantum* (SOUZA et al., 2017), e evidências farmacológicas no tratamento da dor (SAMPAIO et al., 2020).

O araçá se encaixa entre os frutos que tem grande distribuição no Brasil, porém ainda tem seu potencial subestimado. Pesquisas também têm apontado suas interessantes características nutricionais atribuídas à presença de compostos bioativos que podem exercer atividade antioxidante (VIEIRA et al., 2006; MANICA, 2000).

Dietas ricas em compostos bioativos podem contribuir na prevenção e redução dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas e cardiovasculares, por isso propensões por alimentos que apresentem em sua composição tais compostos, têm aumentado. Os compostos bioativos, além de atuarem como antioxidantes biológicos podem operar como excelentes conservadores, com ação antimicrobiana, estendendo a vida de prateleira de produtos alimentícios (DUNG et al., 2008).

As razões da escolha da temática desse estudo residem no fato de que: 1) há ainda uma insuficiência de conhecimentos científicos para validar os benefícios potenciais à saúde, oriundos de espécies naturais; 2) quanto à espécie *P. brownianum* poucos são os relatos bibliográficos de atividades biológicas e de composição química, exigindo, dessa forma, mais estudos de suas propriedades; 3) há um número amostral significativo de espécies de araçás disponíveis na Chapada Nacional do Araripe - CE, com possível potencial nutricional e funcional; 4) comprovada a qualidade da polpa de araçá do ponto de vista nutricional e potencial funcional, pode-se propor a valorização de produtos derivados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as características físico-químicas e de espectroscopia de infravermelho da polpa de araçá (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.), além de verificar o potencial antioxidante e a atividade antibacteriana do seu extrato.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características físico-químicas em relação ao pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares redutores e não redutores da polpa da espécie de araçá em estudo;
- Verificar teor de vitamina C de sua polpa por técnica eletroquímica;
- Quantificar teores totais de compostos fenólicos do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.;
- Avaliar potencial antioxidante pelo método do radical DPPH do extrato da polpa da espécie;
- Determinar a Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. frente a cepas ambientais de *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*, além de cepas padrão de *Escherichia coli* ATCC 25922 , *Salmonella typhi* ATCC 14028 e *Staphylococcus aureus* ATCC 6538;
- Efetuar análise de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A FAMÍLIA MYRTACEAE E O GÊNERO *PSIDIUM*

A família Myrtaceae constituída por aproximadamente 150 gêneros e 4630 espécies (FERREIRA et al., 2020), tem distribuição por todo o mundo, em especial em países de clima tropical e subtropical (FERREIRA et al., 2020; MANICA, 2002). No Brasil, ela engloba 23 gêneros e mais de 1.000 espécies (SANTOS et al., 2018), sendo apontada como uma das famílias de grande importância economicamente, ocupando a oitava posição em diversidade no Nordeste (SOBRAL; PROENÇA, 2006).

É apresentada, no Brasil, como uma das famílias com elevada representação, e compreende muitos tipos de vegetação como: Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica de encostas (SOARES-SILVA, 2000; MYERS et al., 2000); Floresta Amazônica (SILVA et al., 2005); Restinga (LOURENÇO ; BARBOSA, 2012) e Cerrado (SILVA - FILHO, 2006). Têm ocorrências confirmadas no Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (SOBRAL et al., 2015).

Os representantes desta família se caracterizam como plantas lenhosas, arbustivas, com folhas inteiras e estípulas pequenas. Suas flores são geralmente brancas ou vermelhas de características hermafroditas. As Myrtaceas compreendem desde árvores pequenas medindo 2 metros até longas árvores atingindo 100 metros de altura. Na flora brasileira suas espécies são principalmente a goiabeira e o araçazeiro (*Psidium*), a jabuticabeira (*Myrciaria*), a pitangueira, uvaia, grumixameira e cambucazeiro (*Eugenia*), araçá-felpudo (*Campomanesia*), cambuci (*Paivaea*) (JOLY, 2002).

Muitas Myrtaceas exibem grande valor econômico, com utilização na produção de madeira e de aromatizantes. Muitas produzem frutos comestíveis, sendo consumidos *in natura* ou em forma de suco, doces, geleias e sorvetes (FRANZON et al., 2009 ; LORENZI et al., 2006). Os frutos das Myrtaceas têm grande importância, não só pelo seu potencial tecnológico, mas também porque contribuem para a diversidade da fruticultura local, introduzindo no mercado novas opções de sabores e aromas. Algumas espécies destacam-se também na ornamentação, na medicina e apresentando alto teor de vitamina C (FRANZON, 2004; LORENZI & SOUZA, 2001; LORENZI & MATOS, 2002). Ainda são importantes

ecologicamente, pois seus frutos suculentos e carnosos constituem fontes de alimento à fauna silvestre. Muitos animais que fazem uso desses frutos na alimentação acabam contribuindo com a dispersão das sementes, favorecendo a sobrevivência e permanência dessas espécies (PIZZO, 2003; GRESSLER et al., 2006).

Nessa família está incluído o gênero *Psidium*, originário da América tropical e subtropical, no qual se encontra cerca de 100 espécies de árvores e arbustos (LANDRUM; KAWASAKI, 1997). O gênero apresenta inúmeras espécies produtoras de frutos comestíveis, madeira e também com uso ornamental, dispondo de potencial para exploração comercial. Os araçazeiros, entre essas espécies, merecem grande atenção, principalmente por apresentar características particulares de seus frutos, com sabor exótico, alto teor de vitamina C e boa aceitação pelos consumidores (MANICA et al., 2000; PIRES et al., 2002), tanto *in natura* como também na forma processada, a saber: doces, geleias e sucos (FRANZON et al., 2009).

O gênero *Psidium* dispõe das seguintes características: folhas simples e opostas, apresentando aroma agradável ao serem amassadas; flores solitárias, axilares ou em pequenos racemos, dicásio ou botrioides. Ainda, as flores são hermafroditas, pentâmeras e os botões maduros variam de 4 a 15 mm; o cálice apresenta morfologia variável, oscilando de cupuliforme até caliptrado e, raramente, apendiculado; cinco pétalas, livres e alternadas, possuindo cor branca ou creme; existem muitos estames, variando de 60 até 320, arranjos em 3 a 12 verticilos; o ovário é ínfero, com 2 a 5 lóculos; o número de sementes é variado com testa óssea e embrião coclear, com cotilédones apicais (SOARES-SILVA; PROENÇA, 2008).

Estudos têm testado o uso de espécies nativas de *Psidium* para o processamento. Suco de variedade de araçá, obtido mediante processamento mecânico e após tratamento enzimático apresenta valor nutricional considerável devido ao seu baixo teor de açúcar, elevado teor de compostos fenólicos, vitaminas e sais minerais (superior ao da maçã), além da preservação de 45 % do teor de vitamina C. O suco tratado enzimaticamente tem rendimento considerável, além de preservar a composição química e promover maior extração de compostos fenólicos, resultando em um produto final com aspectos sensoriais pronunciados (SANTOS et al., 2007).

Estudo etnobotânico aponta que plantas do gênero *Psidium* possuem potencial para exploração não somente pelo aproveitamento alimentar, com consumo de frutos *in natura* e na fabricação de doces, sucos e geleias, mas também para a utilização de espécies na medicina, no tratamento de disenterias, e ainda na utilização como lenha (CAMPOS, 2010).

São conhecidas também outras possibilidades de utilização para espécies de *Psidium*, a exemplo da recuperação de áreas degradadas (BRANDÃO et al., 2002).

Além do potencial a serem utilizadas para a produção de frutas, tanto para consumo *in natura* quanto para a agroindústria, algumas espécies nativas têm despertado a atenção da indústria farmacêutica, pois as frutas são ricas em vitaminas e em substâncias antioxidantes, entre outras, e óleos essenciais, que podem ser extraídos das folhas e de outras partes da planta. Desse modo, há um grande campo com potencial a ser explorado para a inserção de novas espécies em sistemas produtivos. E ainda, essas espécies, poderão beneficiar consumidores, através de uma dieta diversificada com base em frutas. Além disso, o uso de espécies nativas pode ser uma alternativa para a exploração sustentada nas diversas regiões do país (FRANZON et al., 2009).

3.1.1 *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., caracteriza-se como sendo arbustos ou árvores, atingindo de 0,5 – 8 m. Apresenta flores trimeras, tetrâmeras ou pentâmeras e ovários biloculares (STADNIK et al., 2018; OLIVEIRA, 2013).

Pode ser designada como sendo uma planta glabra, com folhas geralmente coriáceas e pecíolo curto; brácteas ovadas ou estreito-ovadas; cálice parcialmente fusionado aberto no ápice do botão, formando 4 lobos; apresenta flores brancas e o fruto podendo variar entre elíptico e estriado e globoso, além de possuir em geral 12 sementes (GIARETTA; PEIXOTO, 2015; OLIVEIRA, 2013).

Psidium brownianum (Figura 1), tem ocorrências possíveis e confirmadas nas regiões Nordeste (Alagoas, Bahia, Pernambuco) e Sudeste do Brasil (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro), nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (SOBRAL et al., 2015). Tem registro de ocorrência nesse trabalho e em estudos de Braga (2016). Também é denotado como frequente em áreas em regeneração (OLIVEIRA, 2013). O seu uso etnobotânico foi verificado para fins alimentares (fruta) e medicinais (brotos), por exemplo, para o tratamento da gripe (JESUS, 2012).

Figura 1 - *Psidium brownianum*



Fonte: Stadnik et al.(2018)

Psidium brownianum, rico em compostos fenólicos, apresenta também ação fungistática e efeito inibidor de virulência em leveduras de *Candida* (MORAIS – BRAGA et al., 2015). Além disso, em teste antimicrobiano *in vitro* com o objetivo de verificar se *P. brownianum* apresenta potencial sinérgico quando associado ao antifúngico comercial fluconazol contra linhagens de leveduras do gênero *Candida*, foi constatado que extrato da espécie potencializou a ação antifúngica do fluconazol contra linhagens de leveduras, portanto a planta pode ser usada para aumentar o efeito do fluconazol, sendo uma possível fonte de novas formulações farmacêuticas contra estes agentes infecciosos (BRAGA, 2016).

Resultados de estudo de Souza et al. (2017), apresentaram que as espécies *Psidium brownianum* e *Psidium guajava* demonstraram atividade antiparasitária contra as linhagens parasitárias *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis* e *L. infantum*, apontando essas espécies como uma alternativa, dada a sua eficácia nos ensaios *in vitro* realizados, abrindo a possibilidade de novos estudos biológicos para aprofundar essa ação.

Ainda, espécies do gênero *Psidium* têm sido usadas pela população para tratar infecções bacterianas. Em estudo realizado para avaliar o efeito modulatório dos extratos hidroalcoólicos obtidos das folhas de *Psidium guajava* L. e *Psidium brownianum* Mart. ex DC. sobre a proliferação bacteriana, tanto separadamente como em combinação com antibióticos, demonstrou eficácia dessas espécies na modulação do crescimento bacteriano,

propondo que estes produtos naturais podem ser utilizados no desenvolvimento de fármacos em associação com antibióticos, para reduzir a resistência bacteriana e, assim, melhorar o tratamento de infecções bacterianas (MORAIS – BRAGA et al., 2016).

Outro estudo que testemunha os potenciais da espécie foi demonstrado por Sampaio et al. (2020), os resultados obtidos fornecem evidências farmacológicas para o uso do óleo essencial de folhas de *P. brownianum* no tratamento da dor e mostram seu potencial para o desenvolvimento de novos medicamentos analgésicos.

Diversas pesquisas ainda são necessárias para verificar o potencial da espécie de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. , uma vez que o número de trabalhos efetuados com a planta ainda é escasso, porém sua atividade tem se mostrado eficiente em testes realizados com variadas finalidades.

3.2 ARAÇÁ: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS, UTILIZAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA E FUNCIONALIDADES

O araçá, pertencente à família Myrtaceae, é uma fruta pequena, tem como característica ser do tipo baga, arredondada, produzida pelo araçazeiro, árvore de pequeno porte. A polpa é mucilaginosa contendo muitas sementes em seu interior. O araçá possui sabor semelhante à goiaba, porém um pouco mais ácido e de perfume mais acentuado. Tem uso no preparo de sorvetes e refrescos e também em um doce muito parecido com a goiabada, denominado araçazada (WILLE et al., 2004). A Figura 2 exhibe frutos de araçá, onde é possível observar algumas características destacadas.

Figura 2 - Frutos de araçá



Fonte: Bezerra et al., (2018) Foto: Nilton Junqueira.

Entre os inúmeros destaques de utilizações dos araçazeiros, é possível enfatizar o aproveitamento dos frutos e da madeira, com uso também da casca, entrecasca e folhas na medicina popular. A raiz e as folhas podem possuir atividade diurética e antidiarreica. A madeira é propícia para usos em vigas, mourões, cercas, cabos de ferramentas e instrumentos agrícolas, móveis, lenha e carvão. A planta ainda pode ter utilidade com finalidades ornamentais. O araçá tem potencial para comercialização por suas características sensoriais e de composição, e o aproveitamento dos frutos pode trazer, em um futuro não muito distante, a subsistência de comunidades tradicionais (FRANZON et al., 2009; DEMATTÊ, 1997; CRIZEL et al., 2017).

De modo geral, os araçazeiros estão distribuídos em todos os estados do Brasil, com relatos de espécies que ocorrem desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. A sua propagação pode ser feita por sementes (mais usual) e por métodos vegetativos (estaquia e enxertia) (SOBRAL et al., 2015; BEZERRA et al., 2018). Existem aproximadamente 13 espécies conhecidas como araçazeiros que ocorrem no Cerrado, nativas ou introduzidas. Quanto às características dos frutos dessas espécies, o sabor pode variar de adocicado até amargo. Podem ser designados arbustos ou árvores com alcance de até 5 m de altura, ocupando também diferentes formações vegetacionais (Cerrado, Cerradão, Mata Seca, Mata de Galeria e também áreas de transição) (FRANZON et al., 2009).

Pesquisas sobre o araçazeiro realçam suas excelentes características nutricionais e funcionais. O fruto pode ser considerado uma boa fonte de nutrientes quando comparados com frutos mais comumente consumidos pela população, como a maçã e a pêra, confirmando a hipótese de poder ser uma fruta com grande possibilidade de exploração econômica no Brasil na indústria de alimentos (ANDRADE et al., 2012). De acordo com Bezerra et al. (2018), os frutos do araçazeiro são ricos em vitamina C (três vezes maior do que a laranja). Outros estudos expressam que o araçá pode ser um bom contribuinte de compostos fenólicos, açúcares, fibras e minerais para a dieta (VIEIRA et al., 2006; MANICA, 2000). Apresenta ainda vitaminas A e B, demonstra boa atividade antioxidante, além de altas taxas de proteína e carboidratos (VANIN, 2015).

Segundo Medina et al. (2011), o araçá é tido como um fruto rico em metabólitos secundários, apresentando, portanto, propriedades funcionais interessantes, uma vez que espécies que possuem compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides em quantidades consideráveis estão relacionados às propriedades biológicas importantes, como maior proteção contra a oxidação celular, atividade antimicrobiana e anticarcinogênica.

Em trabalho de Santos et al. (2007), o suco de araçá vermelho demonstrou valor nutricional considerável por seu baixo teor de açúcar, elevado teor de compostos fenólicos, além da preservação de 45% do teor de vitamina C do fruto. De acordo com Cunha (2014), sucos de araçá-una (*Psidium eugeniaefolia*) e araçá morango (*Psidium cattleianum* var *lucidum*) são boas estratégias de detoxificação por constituírem fontes de compostos fenólicos e flavonoides, além de apresentarem atividade antioxidante e no caso do araçá morango atividade antiproliferativa relacionada a apoptose de células cancerígenas.

No Brasil, fruto de araçá, é consumido *in natura* ou ainda essas espécies podem ser exploradas pela agroindústria para sucos e para uso no fabrico de geleias, polpas congeladas, doces, bebidas, sorvetes e licores, formas estas, de utilização e aproveitamento do fruto (FRANZON et al., 2009; BEZERRA et al., 2018). Segundo Bezerra et al. (2006), a fabricação de doces e geleias, produzidos em pequenas unidades de base familiar, constituem a principal forma de proveito dos araçazeiros nativos.

A perecibilidade desta fruta é considerada como causa de inviabilizar seu consumo em diferentes regiões que não as de sua ocorrência natural. Dessa forma, o desenvolvimento de produtos que apresentem porções de frutas em suas formulações surge como uma alternativa proveitosa, o que pode resultar em alimentos com boas propriedades funcionais e nutricionais, possibilitando a diversificação das vias de mercado, especialmente por tais produtos serem atrativos, práticos e de longa vida de prateleira (VIANA et al., 2012).

As tecnologias de alimentos surgem com a intenção de viabilizar o consumo por um número maior de consumidores e propiciar a oferta do fruto durante um período maior de tempo. Os processos tecnológicos, através do processamento do fruto, apresentam benefícios no sentido de permitir disponibilização em qualquer região, a qualquer tempo, na forma de produtos obtidos através da fruta. O proveito do fruto, através da fabricação de geleias, compotas, doces, farinhas e outros produtos alimentícios, podem agregar valor econômico ao mesmo, convertendo em uma alternativa interessante, agregando fonte de renda aos produtores, além de difundi-lo em diversas regiões do país e do mundo (DAMIANI et al., 2012).

Uma variedade de araçá, conhecida como araçá-boi, fruta pouco conhecida fora da região amazônica, possui um sabor ácido bastante acentuado, limitando o seu consumo *in natura*. Porém, sua polpa demonstra grande potencial na agroindústria para a fabricação de suco concentrado, néctares, sorvetes, doces e geleias (SOARES, 2009). A polpa possui excelentes propriedades organolépticas, que lhe atribuem o sabor e o aroma característicos,

apresentando um elevado teor de água, proteína, carboidratos e fibras, e um considerável teor de vitaminas e sais minerais (FERREIRA; GENTIL, 1999).

Crizel et al. (2017) avaliou parâmetros físico-químicos e de polpas de araçá amarelo e butia para aplicação em produtos alimentícios como sorvete e iogurte. Em seu trabalho, foi possível concluir que a polpa de araçá (*Psidium cattleianum*) e butia (*Butia odorata*) apresentam compostos com atividade antioxidante, dessa forma podem ser utilizadas no desenvolvimento de novos produtos com apelo funcional, como forma de fortalecer a agroindústria da região Sul do Rio Grande do Sul.

Sementes de araçá mostram-se boa fonte de nutrientes, especialmente fibras e alguns minerais como o cálcio, potássio e magnésio em teores consideráveis, revelando que a farinha obtida na moagem das sementes pode ser uma alternativa na alimentação de populações onde a oferta de nutrientes é escassa. As sementes também apresentaram teor elevado de ácido fítico, um potencial antioxidante que vem sendo utilizado em formulações com a finalidade de manter as características e prolongar a vida útil dos alimentos (MAYER, 2015).

Espécie de araçá tem suscitado também o interesse de estudiosos por apresentar, além de atividade cicatrizante, analgésica e antioxidante, propriedades antimicrobianas frente a micro-organismos da mucosa oral que podem atuar como agentes cariogênicos (ALVARENGA et al., 2016).

Duas espécies de araçazeiro do Centro-Oeste apresentam linalol, uma substância usada em cosméticos e perfumes para fixar a fragrância na pele. A importância disso reside no fato de que a extração do linalol do araçazeiro poderia constituir uma alternativa de exploração de forma mais sustentável, já que o mesmo é extraído somente das folhas, enquanto no pau-rosa, por exemplo, é extraído do tronco da árvore, o qual tem crescimento lento, demorando 30 anos para crescer (BEZERRA et al., 2018).

Espécies de araçá *P.cattleianum* e *P. guineense* apresentam como fatores positivos a facilidade da propagação por sementes, a ampla faixa de distribuição geográfica, a adaptação a diferentes habitat e o grande potencial de exploração econômica, através do uso múltiplo da planta para diferentes fins, como aproveitamento dos frutos e da madeira, além dos usos na medicina popular e no reflorestamento de áreas degradadas (BEZERRA et al., 2018).

Outras espécies de araçá, *P. myrsinoides* e *P. pohliatum*, são úteis para recuperação de áreas degradadas, apresentando também potencial para o paisagismo, os frutos servem de alimentação para a fauna e também são utilizados pelo homem, para consumo *in natura* e na forma de iguarias regionais como doces e geleias (FRANZON et al., 2009).

Na Floresta Nacional do Araripe- Ceará, espécies de araçá (Figura 3) desempenham uma importância considerável na alimentação da fauna local.

Figura 3 - *Psidium brownianum* Mart. ex DC.
(Floresta Nacional do Araripe – Ceará)



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Embora sejam registrados diversos aproveitamentos oferecidos pelos araçazeiros, eles ainda não possuem expressão econômica no contexto da fruticultura nacional. Dado o grande potencial de exploração econômica que o araçá oferece, é fundamental o desenvolvimento de tecnologias de produção e de novos processos tecnológicos de aproveitamento industrial da polpa, assim como a utilização de estratégias que possibilitem uma maior difusão; tornando-o mais conhecido do público consumidor (BEZERRA et al., 2018).

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA

O conhecimento das propriedades físico-químicas de frutos nativos a exemplo do araçá é bastante significativo, pois existe um recente interesse para o aproveitamento industrial das bagas dado as características apresentadas que revelam sabor exótico, potencial

antioxidante e boa aceitação pelos consumidores (NACHTIGAL, 1994; SANTOS et al., 2007; DAMIANI et al., 2011; GORDON et al., 2011; PATEL, 2012).

Em trabalho de Vanin (2015), os resultados obtidos na caracterização revelam que o araçá é composto por proteínas, lipídios, carboidratos, entre outros constituintes. Os valores de proteínas encontrados para o araçá amarelo *Ya-cy* cultivado na região Sudoeste do Paraná foram semelhantes aos obtidos por Nora (2012) para o araçá vermelho ($3,77\text{g } 100\text{g}^{-1}$). Quanto ao teor de carboidratos, a variedade analisada apresentou-se como uma fonte de carboidratos, tanto quanto o abacaxi ($14,4\text{g } 100\text{g}^{-1}$), a manga ($11,9\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e a goiaba ($22,2\text{g } 100\text{g}^{-1}$), fruta semelhante ao araçá e pertencente ao mesmo gênero (MARTINEZ et al., 2012).

Para Caldeira et al. (2004), a composição química pode apresentar variação de acordo com as chuvas, altitude, clima e solo característicos das regiões onde a fruta é colhida. Bezerra et al. (2006) cogitam que a origem do material genético, o período de produção e maturação do fruto também constituem fatores que influenciam nesses valores.

O teor de sólidos solúveis totais é usado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta à medida que estes vão se acumulando no fruto. Porém, a sua determinação não constitui o exato teor de açúcares, uma vez que outras substâncias também se encontram dissolvidas no conteúdo celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos), apesar de os açúcares serem os mais representativos, constituindo até 85 - 90 % destes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de sólidos solúveis é de importância grandiosa nos frutos, tanto para o consumo *in natura* como para o processamento industrial, uma vez que elevados teores desses compostos na matéria – prima implicam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (SILVA et al., 2002).

Para determinação do teor de sólidos solúveis pode ser utilizado o equipamento denominado refratômetro, que fornece os valores em °Brix. Diversos fatores como clima, pluviosidade durante o cultivo e adição de água durante o processo de fabricação podem ter efeito sobre o teor de sólidos solúveis nas polpas (SANTOS; NETO; DONZELI, 2016).

O pH é um parâmetro que mede a acidez de frutas e alimentos, sendo este um indicador do tipo de tratamento necessário para se conservar alimentos (SILVA et al., 2008). Baixos valores de pH do fruto, são indicados pela legislação como um atributo de qualidade (HAMACEK et al., 2013), uma vez que o pH ácido apresenta efeitos tóxicos aos microrganismos, sendo desfavorável ao seu desenvolvimento (BORGES et al., 2009).

O pH e a acidez são fatores importantes quando se é verificado o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois frutos ácidos em excesso são rejeitados para o consumo (CARDOSO et al., 2006).

A acidez indica sabor ácido ou azedo dos frutos, o que é representado pela presença de ácidos orgânicos nos vegetais (AROUCHA et al., 2010). Os principais ácidos orgânicos encontrados nas frutas são, principalmente, o málico, o cítrico, o oxálico e o succínico (SIMÕES, 2014).

A acidez tem importância por sua grande utilidade na indústria de alimentos, a saber: conservante para o alimento podendo proporcioná-lo uma vida de prateleira mais longa, também pode servir de índice para a avaliação da qualidade e maturidade de algumas frutas, pois, em geral, algumas espécies há decréscimo, durante o amadurecimento. Além disso, a acidez pode representar um indicador sensorial, pelo seu papel no sabor e aroma dos alimentos (AROUCHA et al., 2010).

Dentre os carboidratos, os monossacarídeos, glicose e frutose são açúcares redutores por possuírem grupo carbonílico e cetônico livres, capazes de se oxidarem na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas. Os dissacarídeos que não possuem essa característica sem sofrerem hidrólise da ligação glicosídica são denominados de açúcares não redutores (SILVA et al., 2003). Na hidrólise da sacarose, obtém-se glicose e frutose, dois monossacarídeos (redutores). A análise dos açúcares nos alimentos tem alta importância no controle de qualidade dos produtos finais (SANTOS et al., 2016).

Ainda, não foram encontrados trabalhos com determinação de parâmetros físico-químicos (sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação SS/AT, açúcares redutores e açúcares não redutores) para a espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., sendo este o pioneiro a realizar estudos nesse quesito.

3.4 COMPOSTOS FENÓLICOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

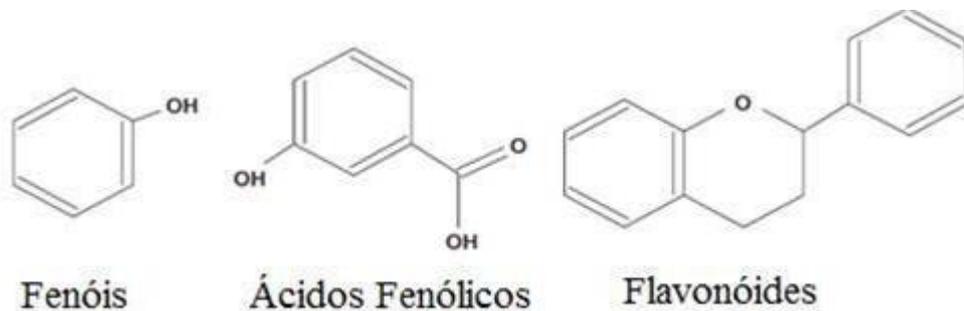
Pesquisas realizadas ao longo dos anos apontam que a ingestão de frutas, legumes e grãos desenvolvem papel importante auxiliando na prevenção de doenças crônicas - degenerativas, a exemplo do câncer, doenças cardiovasculares, diabetes e doenças neuro degenerativas (BOFFETTA et al., 2010).

As plantas produzem uma diversidade de compostos secundários que contêm um grupo hidroxila funcional associado diretamente a um anel aromático. Essas substâncias são classificadas como compostos fenólicos e representam a principal classe de metabólitos

secundários presentes nos vegetais, destacando-se como sendo essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento (TEIXEIRA, 2015). Diferente dos metabólitos primários, os metabólitos secundários geralmente são distribuídos de forma não igual entre os grupos taxionômicos dentro do reino vegetal. Muitos deles apresentam efeitos positivos sobre a saúde humana e a alguns deles são mesmo essenciais à vida, como as vitaminas (tais como os tocoferóis e tocotrienóis) (HAAS, 2011).

Comumente as frutas são boas fontes de compostos fenólicos, os quais apresentam ação antioxidante em níveis dependentes de sua estrutura química. A capacidade de inativação dos radicais livres pelos compostos fenólicos é atribuída à presença de grupamento hidroxila nas moléculas. O hidrogênio da hidroxila se combina ao radical livre presente no organismo ou no alimento e inativa-o (SEVERO et al., 2010). Os benefícios gerados a saúde, concedidos aos alimentos que são ricos em compostos fenólicos e outros antioxidantes naturais, têm tornado grande a procura por novas espécies que possuam, além dessa propriedade, uma atividade biológica complementar relevante, como proteção a doenças crônicas ou degenerativas (TEIXEIRA, 2015). Abaixo, a Figura 4 expõe a estrutura química geral dos principais compostos fenólicos.

Figura 4 - Estrutura química geral dos principais compostos fenólicos



Fonte: Liu (2007) apud Mayer (2015)

Quimicamente, os radicais livres são quaisquer átomos, moléculas ou fragmentos de molécula possuindo um ou mais elétrons desemparelhados nas suas camadas de valência. Em razão dessa configuração, tornam-se espécies altamente instáveis, com curto tempo de meia-vida e muito reativas (POMPELLA, 1997). Estes compostos promovem a oxidação, reação indesejável e prejudicial que pode gerar danos às membranas e conteúdos celulares. Lipoproteínas de baixa densidade que são constituídas por lipídeos, colesterol e proteínas podem ser oxidadas por ação de radicais livres (HALLIWELL, 2003 apud MAYER, 2015).

A identificação de compostos antioxidantes tem suscitado enorme interesse, dado que esses agentes são responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

Os radicais, gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana celular, apresenta relação direta com as doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, deficiência do sistema imunológico, disfunções cerebrais, cataratas, entre outras, como resposta aos danos oxidativos que provocam no DNA, proteínas, lipídeos e outras moléculas (CHEUNG; CHEUNG; OOI, 2003). Dessa forma a inclusão de antioxidantes na dieta é copiosamente importante e o consumo de frutas e vegetais está relacionado com a redução do risco do desenvolvimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres (POMPELLA, 1997).

Estudos clínicos e epidemiológicos têm revelado evidências de que antioxidantes fenólicos de cereais, frutas e hortaliças se apresentam como os principais fatores que colaboram para a baixa e significativa diminuição da incidência de doenças crônicas e degenerativas encontradas em populações, nas quais as dietas são grandes na ingestão desses alimentos. Assim, a importância da pesquisa por antioxidantes naturais, nos últimos anos, tem expandido muito (ROESLER et al., 2007).

Os compostos fenólicos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa. Amplamente distribuídos no reino das plantas, alterações no sabor de muitos frutos, ocorridas durante seu amadurecimento, estão relacionadas a modificações na concentração destes compostos. Os compostos fenólicos apresentam relevante importância, uma vez que são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, fazendo destes uma fonte natural de antioxidantes. Suas moléculas têm ao menos um grupo hidroxila ligado diretamente a um anel aromático, podendo formar fenólicos simples até estruturas mais complexas. Esse grupo compreende os flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e polifenóis (SOUZA, 2013).

A concentração e o tipo de compostos fenólicos variam segundo os diferentes alimentos, os fatores genéticos e ambientais, as condições de processamento e armazenamento (NACZK; SHAHIDI, 2006).

Estudos epidemiológicos apontam que uma dieta significativa em compostos fenólicos está relacionada à redução do colesterol total e aumento das proteínas de alta densidade –

HDL (*high density lipoprotein*), benefícios no tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes e inibição do crescimento de células tumorais (FANG; YANG; WU, 2002; HERNANDES et al., 2014; NERI-NUMA et al., 2013; TANG et al., 2014).

São muitos os fatores que afetam a extração dos compostos fenólicos, como a natureza química, método empregado, tamanho das partículas da amostra, tempo e condições de armazenamento e presença de substâncias interferentes (NACZK; SHAHIDI, 2004). Fator também de interferência na extração dos compostos fenólicos é a polaridade dos solventes, sendo muito difícil atingir um método para extração de todos os fenóis. Tem sido eficientes para a extração dos compostos fenólicos solventes como o metanol, etanol, propanol, acetona, acetato de etila e suas combinações com diferentes proporções de água (ANTOLOVICH et al., 2000).

Os antioxidantes são compostos químicos com capacidade de reagir com os radicais livres, limitando os efeitos adversos desses compostos sobre o corpo (DAMIANI et al, 2012). São substâncias com capacidade de retardar a velocidade de oxidação por meio de mecanismos que inativam os radicais livres e/ou a complexação com metais. Dentre estes mecanismos de ação é possível citar a alteração da produção de radicais, eliminação de precursores de radicais, quelação de metais e elevação dos níveis de antioxidantes endógenos (PIMENTEL; FRANCKI; BOIAGO, 2005).

O organismo humano apresenta a capacidade de produzir certos antioxidantes endógenos, no entanto a maioria deles provém do alimento ingerido (BORGUINI; TORRES, 2009). Muitas frutas da flora brasileira apresentam significantes quantidades de carotenoides, vitaminas e flavonoides, tornando-as potentes antioxidantes. Considerando a interferência de agentes químicos e aspectos físicos na composição das frutas, muitos estudos revelam a influência das condições de processamento e armazenamento na estabilidade e concentração destes compostos antioxidantes (PANTELIDIS et al., 2007; JARDINI; MARCINI, 2007).

A comunidade científica tem apresentado interesse por antioxidantes naturais presentes em frutas e hortaliças, vista a indicação de alguns estudos que vem a sugerir associação entre a frequente ingestão desses alimentos e a baixa incidência de doenças degenerativas, como o câncer, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata (OLIVEIRA et al., 2011).

A capacidade antioxidante em algumas frutas como a laranja, maçã, abacaxi e uva foi atribuída principalmente aos compostos fenólicos presentes em quantidades significativas, além das vitaminas, a exemplo da laranja, na qual a vitamina C efetua um importante papel antioxidante (GARDNER et al., 2000).

Os antioxidantes atuam, além das funções protetoras no organismo, como conservadores em alimentos. São definidos pela FDA (*US Food and Drug Administration*) como moléculas capazes de conservar os alimentos retardando processos como a deterioração, rancidez e a descoloração causada pela oxidação. A peroxidação lipídica é uma importante reação deteriorativa dos alimentos durante o processamento e armazenamento e está diretamente ligada às alterações de cor sabor e odor dos produtos. Portanto, os antioxidantes de acordo com seu modo de ação neutralizam a cadeia de radicais livres na oxidação lipídica, doando hidrogênios dos grupos fenólicos hidroxilas formando eles mesmos radicais livres estabilizados por ressonância que não iniciam ou propagam oxidações futuras (KAUR; KAPOOR, 2001 apud MAYER, 2015).

Dos antioxidantes sintéticos, os mais comumente utilizados são BHA (butil hidroxianisol), BHT (butil hidroxitolueno) e TBHQ (*tert* butil hidroxiquinona), os quais são aplicados em óleos e alimentos gordurosos com a finalidade de prevenir a deterioração oxidativa. Contudo, a partir do início dos anos 80, cresceu significativamente, o interesse em encontrar antioxidantes naturais para empregar em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico, com o objetivo de substituir antioxidantes sintéticos, os quais, devido ao seu potencial de toxicidade, têm sido restringidos (BORA et al., 2005).

Para exercerem ação positiva na conservação dos alimentos, os antioxidantes necessitam ser adicionados durante a fabricação ou nos produtos acabados. Individualmente, nenhum antioxidante oferta proteção contra a deterioração em todas as matrizes alimentares, dessa forma a escolha de um antioxidante apropriado é definida pela compatibilidade entre o efeito do composto escolhido e o produto que se deseja proteger (KAUR; KAPOOR, 2001).

A capacidade antioxidante dos compostos presentes nos alimentos de origem vegetal depende da sua estrutura e da sua concentração. Fatores genéticos e condições ambientais, natureza da planta e do estágio de maturação, influenciam de modo amplo a quantidade destas moléculas em vegetais. Os métodos para avaliação da capacidade antioxidante são dependentes diretamente dos substratos analisados e dos solventes empregados, assim como do binômio tempo-temperatura. Dos solventes orgânicos, o metanol tem sido apontado como o mais efetivo para extração dos compostos fenólicos, embora tóxico e de difícil remoção (MOURE et al., 2001).

Com a finalidade de determinar a atividade antioxidante total de extratos biológicos, vários métodos analíticos têm sido apontados com o objetivo de avaliar a capacidade antioxidante total das amostras. A determinação da atividade antioxidante dos alimentos indica previamente o potencial antioxidante do alimento antes de ser consumido, além disso, é

importante para avaliar a proteção contra a oxidação e a deterioração do alimento, reações que podem levar à redução da sua qualidade e do seu valor nutricional (LIMA, 2008).

O DPPH é um método químico, aplicado para determinar a capacidade antioxidante de um composto em sequestrar radicais livres, ele é apontado como um método rápido, prático e com boa estabilidade, sendo um dos mais utilizados (SUCUPIRA et al., 2012). Um esquema geral da reação do ensaio de DPPH encontra-se ilustrado na Figura 5.

O DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) é um radical de nitrogênio orgânico, estável, de cor violeta, que possui absorção na faixa de 515-520 nm. Na presença de um doador de hidrogênio ou elétron a intensidade de absorção diminui e a solução com o radical perde cor, tornando-se amarela, de acordo com o número de elétrons capturados, ou seja, quando o elétron desemparelhado do átomo de nitrogênio no DPPH recebe um átomo de hidrogênio proveniente de compostos antioxidantes, ocorre a mudança de cor (PRADO, 2009).

Figura 5 - Esquema geral da reação do ensaio de DPPH. A solução do radical DPPH, de coloração roxa, é reduzida por antioxidantes contidos no extrato vegetal, modificando a coloração da solução de roxo para amarelo.



Fonte: Pires et al. (2017) - Adaptada

3.5 ANTIMICROBIANOS

Antimicrobianos são compostos naturais ou sintéticos com capacidade de inibir o crescimento ou causar a morte de fungos ou bactérias (LIMA, 2015). Os antimicrobianos podem agir de quatro formas diferentes sobre os micro-organismos: inibição da síntese da parede celular; alteração da permeabilidade da membrana celular ou do transporte ativo através da membrana celular; inibição da síntese de proteínas e de ácidos nucleicos (KATZUNG, 1995).

Os estudos apontam que agentes antimicrobianos naturais podem oferecer vantagens para o processamento de alimentos, uma vez que aumentam a sua vida útil e a segurança,

além de permitirem que novos produtos com melhor qualidade e propriedades nutricionais sejam introduzidos no mercado (MACHADO; BORGES; BRUNO, 2011).

Dessa forma, tem crescido o desenvolvimento de pesquisas acerca da aplicação de plantas com propriedades farmacológicas para o emprego no desenvolvimento de novos fármacos ou produtos para indústrias do segmento alimentício. Inúmeras plantas como as da família Myrtaceae vem apresentando expressiva atividade antimicrobiana frente a diferentes micro-organismos (SIMONETTI et al., 2016).

Quanto a relação entre doenças, alimentos e micro-organismos, para Simonetti et al. (2016), dentre os agentes etiológicos identificados nos surtos de doenças transmitidas por alimentos, estão: *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus aureus*.

O micro-organismo *Escherichia coli* é um bacilo Gram-negativo não esporulado, que habita normalmente o intestino da maioria dos animais, inclusive seres humanos (POMBO et al., 2018). Alimentos (de origem vegetal e/ou animal) que não tenham sido alvo de processamento e tiveram algum tipo de contaminação fecal, podem veicular *E. coli*. Os alimentos crus, especialmente os de origem animal, a exemplo do leite não pasteurizado, são frequentemente contaminados com *E. coli* (ALVES, 2012).

O gênero *Salmonella* pertence à família Enterobacteriaceae e compreende bacilos Gram-negativos não produtores de esporos (NUNES, 2006). Os produtos agrícolas não processados, como hortaliças e frutas, e os alimentos de origem animal, como as carnes cruas, o leite e os ovos são veículos frequentes de salmonelas (BRASIL, 2011).

Staphylococcus aureus é uma bactéria esférica, do grupo dos cocos Gram-positivos, comumente encontrada na pele e na cavidade nasal da população. Em determinadas circunstâncias pode provocar de simples até as mais graves infecções, sendo considerada a mais virulenta do seu gênero (SANTOS et al., 2007; LIMA et al., 2015).

3.6 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

A espectroscopia é uma técnica experimental que se embasa na utilização da luz para estudar a composição, a estrutura e as propriedades da matéria (CLARO, 2017). Em termos genéricos, espectroscopia pode ser definida como a interação de qualquer tipo de radiação eletromagnética com a matéria (OLIVEIRA, 2001).

Quando radiação eletromagnética incide sobre a matéria (ou uma molécula química qualquer), pode ocorrer uma transição entre estados energéticos. De acordo com o valor de energia da radiação eletromagnética, as transições entre os estados ocorrem

diferenciadamente, e é possível dividi-las em vários tipos, dos quais as principais são as transições eletrônicas, vibracionais e rotacionais (OLIVEIRA, 2001).

De modo normal, as transições eletrônicas são situadas na região do ultravioleta ou visível, as vibracionais na região do infravermelho e as rotacionais na região de micro-ondas e, em casos particulares, também na região do infravermelho longínquo (LUZ, 2003).

A Tabela 1 apresenta um resumo das regiões do espectro e dos tipos de transições de energia observadas. Muitas dessas regiões, incluindo a do infravermelho, ofertam informações fundamentais sobre as estruturas das moléculas orgânicas (PAVIA et al., 2010).

Tabela 1 - Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético

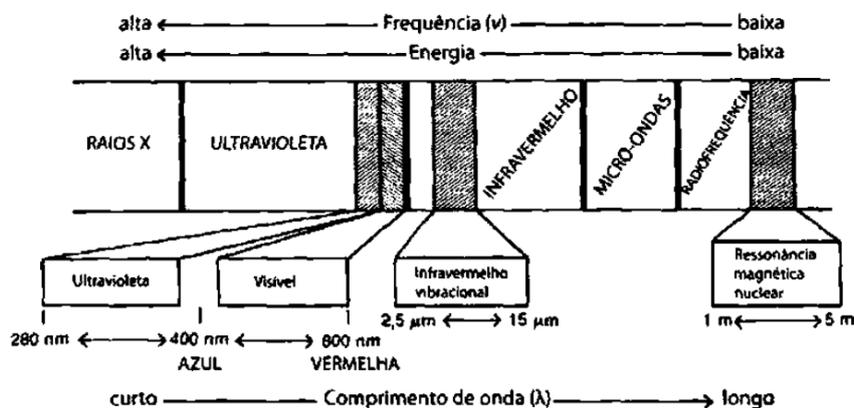
Região do Espectro	Transições de Energia
Raios X	Quebra de ligações
Ultravioleta / visível	Eletrônica
Infravermelha	Vibracional
Micro-ondas	Rotacional
Radiofrequências	<i>Spin</i> nuclear (ressonância magnética nuclear) <i>Spin</i> eletrônico (ressonância de <i>spin</i> eletrônico)

Fonte: Pavia et al. (2010)

Nas transições eletrônicas, ocorre a passagem de um elétron de um estado de menor energia para um estado de maior energia, através da absorção da radiação, mas não há praticamente mudança da posição dos núcleos da molécula. Porém, nos demais tipos de transição ocorrem uma mudança da posição relativa dos átomos na molécula, devido ao efeito da radiação eletromagnética (OLIVEIRA, 2001).

Quase todos os compostos que tenham ligações covalentes, orgânicos ou inorgânicos, absorvem várias frequências de radiação eletromagnética na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Essa região envolve comprimentos de onda maiores do que aqueles associados à luz visível, porém menores do que aqueles associados a micro-ondas. Na química, tem interesse a região vibracional do infravermelho, que inclui radiação com comprimentos de ondas entre 2,5 μm e 25 μm . Em termos de número de onda, o infravermelho vibracional vai de 4000 a 400 cm^{-1} . Essa faixa corresponde a comprimentos de onda de 2,5 a 25 μm . A Figura 6 explicita a relação da região do infravermelho com outras contidas no espectro eletromagnético (PAVIA et al., 2010).

Figura 6 - Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético



Fonte: Pavia et al. (2010)

Da mesma forma que ocorre em outros tipos de absorção de energia, as moléculas, quando absorvem radiação no infravermelho, são excitadas para atingir um estado de maior energia. A absorção de radiação no infravermelho é, como outros processos de absorção, um processo quantizado. Uma molécula absorve apenas frequências (energias) selecionadas de radiação do infravermelho (PAVIA et al., 2010).

Para que ocorra absorção da radiação infravermelha é necessário que haja variação do momento de dipolo elétrico da molécula como consequência de seu movimento vibracional ou rotacional (LUZ, 2003).

De modo mais esclarecedor, no processo de absorção são absorvidas as frequências de radiação no infravermelho que equivalem às frequências vibracionais naturais da molécula em questão, e a energia absorvida serve para aumentar a amplitude dos movimentos vibracionais das ligações na molécula. No entanto, nem todas as ligações em uma molécula são capazes de absorver energia no infravermelho, ainda que a frequência da radiação seja exatamente igual à do movimento vibracional. Apenas as ligações que têm um momento de dipolo que muda como uma função do tempo são capazes de absorver radiação no infravermelho. Ligações simétricas, como as do H_2 , ou Cl_2 , não absorvem radiação no infravermelho (PAVIA et al., 2010)

O espectro infravermelho de um composto químico é considerado uma de suas propriedades físico-químicas mais características e, por isso, a espectroscopia na região do infravermelho tem extensa aplicação na identificação dos compostos (LUZ, 2003).

Pavia et al. (2010) descreve de modo elucidativo o uso do espectro no infravermelho ao remeter que como cada tipo de ligação tem sua própria frequência natural de vibração, e

como dois tipos idênticos de ligações em dois diferentes compostos estão em dois ambientes levemente diferentes, os padrões de absorção no infravermelho, ou espectro infravermelho, em duas moléculas de estruturas diferentes nunca são exatamente idênticos. Dessa forma, o espectro infravermelho pode servir para moléculas da mesma forma que impressões digitais servem para seres humanos. Quando se comparam os espectros infravermelhos de duas substâncias que se acredita serem idênticas, pode-se descobrir se elas são, de fato, idênticas. Se os espectros infravermelhos coincidirem pico a pico (absorção a absorção), na maioria das vezes as duas substâncias serão idênticas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, F. Q.; MOTA, B. C. F.; ROYO, V. A.; LAURENTIZ, R. S.; MENEZES, E. V. Atividade antimicrobiana *in vitro* das folhas de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) contra micro-organismos da mucosa oral. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 45, n. 3, p.149-153, 2016.

ALVES, A. R. F. **Doenças alimentares de origem bacteriana**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, 2012.

ANDRADE, D. R. M.; HELM, C. V.; MAZZA, C. A.; MAZZA, M. C. M. Avaliação da composição química do araçá em duas localidades do sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.; ROBARDS, K.; RYAN, D. Sample Preparation in the determination of Phenolic Compounds in Fruits. **The Analyst**, v. 125, p. 989-1009, 2000.

AROUCHA, E. M. M.; GOIS, V. A.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, M. C. A.; SOUZA, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.5, n.2, p. 01 - 04, 2010.

BEZERRA, J. E. F. et al. Araçá. In: VIEIRA, R. F. et al. (Eds.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p. 41-62.

BEZERRA, J. E. F. et al. *Psidium* ssp. Araçá. In: VIEIRA, Roberto Fontes; CAMILLO, J.; CORADIN, L. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade; 44). p. 294 – 314.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BITTENCOURT, G. M. **Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de araçá (*Psidium grandifolium* Mart. ex DC.) obtidos por líquido pressurizado**

(PLE) e por fluido supercrítico (SFE). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

BOFFETTA, P., COUTO, E., WICHMANN, J., FERRARI, P., TRICHOPOULOS, D., BUENO-DE-MESQUITA, H. B. Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC). **Journal of the National Cancer Institute**, v. 102, n. 8, p. 529–537, 2010.

BORA, K.; MIGUEL, O. G.; ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, A. O. T. Determinação da concentração de polifenóis e do potencial antioxidante das diferentes frações do extrato de folhas de *Dicksonia sellowiana*, (Presl.) Hook, Dicksoniaceae. **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 32–37, 2005.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas-SP, v.29, n.2, p.333- 339, 2009.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, Madison, v. 25, n. 4, p.313-325, 2009.

BRAGA, M. F. B. M. **Composição química e avaliação da atividade antifúngica de extratos de *Psidium guajava* L. (goiabeira) e *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (araçá de veado) sobre espécies de *Candida***. 2016. Tese (Doutorado em Etnobiologia e Conservação da Natureza) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Crato, 2016.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J.P.; MACEDO, J.F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual técnico de diagnóstico laboratorial de *Salmonella* spp.**: diagnóstico laboratorial do gênero *Salmonella*. Fundação Oswaldo Cruz. Laboratório de Referência Nacional de Enteroinfecções Bacterianas, Instituto Adolfo Lutz. Brasília- DF, 2011.

CALDEIRA, S. D. et al. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* Sw.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do Estado do Mato Grosso do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 145-154, 2004.

CAMPOS, L. Z. O. **Etnobotânica do gênero *Psidium* L. (Myrtaceae) no Cerrado brasileiro**. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2010.

CARDOSO, S. C.; SOARES, A. C. F.; BRITO, A. S.; CARVALHO, L. A.; PEIXOTO, C. C.; PEREIRA, M. E. C.; GOES, E. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 269-274, 2006

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, P. C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant Activity and Total Phenolics of Edible Mushroom Extracts. **Food Chemistry**, v. 81, p. 249-255, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª Edição rev. e amp., Lavras-MG, Editora da UFLA, 2005, 785 p.

CLARO, P.R. Espectroscopia. **Revista de Ciência Elementar**, v. 5, n. 4, 2017.

CRIZEL, R.; LEMKE, E.; ZANDONA, G.; ARANHA, B.; CHAVES, F. Potencial funcional de polpas de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) e de butia (*Butia odorata*). 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa. **Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa – Congrega**, URCAMP, 2017.

CUNHA, D. C. **Avaliação de fitoquímicos e das atividades antioxidante celular e antiproliferativa do suco de araçá-una (*Psidium eugeniaefolia*) e araçá morango (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Biociências Aplicadas à Saúde) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.

DAMIANI, C., SILVA, F. A. DA, ASQUIERI, E. R., LAGE, M. E., VILAS BOAS, E. V. Antioxidant potential of *Psidium guinnensis* Sw. jam during storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 90-98, 2012.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E.V.B.; ASQUIERI, E.R.; LAGE, M.E.; OLIVEIRA, R.A.; SILVA, F.A.; PINTO, D.M.; RODRIGUES, L.J.; SILVA, E.P.; PAULA, N.R.F. 2011. Characterization of fruits from the savanna: Araça (*Psidium guinnensis* Sw.) and Marolo (*Annona crassiflora* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n.3, p. 723-729, 2011.

DEMATTE, M. E. R. P. Ornamental use of Brazilian Myrtaceae. **Acta Horticulturae**, The Hague, NL, n. 452, p. 143-179, 1997.

DUNG, N. T., KIM, J. M.; KANG, S. C. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oil and the Ethanol Extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perrybuds. **Food and Chemical Toxicology**, v. 111, p. 648-653, 2008.

FANG, Y.; YANG, S.; WU, G. Free radicals, antioxidants and nutrition. **Nutrition**, v. 18, n.10, p. 872-878, 2002.

FERREIRA, O. O.; CRUZ, J. N.; FRANCO, C. J. P.; SILVA, S. G.; COSTA, W. A. ; OLIVEIRA, M. S. ; ANDRADE, E. H. A. First Report on Yield and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from *Myrcia eximia* DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon. **Molecules**, v. 25, n. 4, 2020.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. **Araza (*Eugenia stipitata*) cultivo y utilizacion** (Manual Tecnico). Ministerio de Cooperacion Tecnica del Reino de Los Paises Bajos, Tratado de Cooperacion Amazonica , Secretaria Pro-Tempore , Venezuela, 1999.

FETTER, M. R.; VIZZOTTO M.; CORBELINI. D. D.; GONZALEZ T. N. Propriedades funcionais de araçá-amarelo, araçá- vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e araçá-pera (*P. acutangulum* D.C.) cultivados em Pelotas/RS. **Brazilian Journal of Food Technology**, n. 15, p. 92-95, 2010.

FRANZON, R. Frutíferas Nativas do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2º ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL. **Documentos** 124 , Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.251-264, 2004.

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUSA-SILVA , J. C. **Araçás do gênero *Psidium***: principais espécies, ocorrências, descrição e usos. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados (Documentos 266), 2009.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; McPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The Relative Contributions of Vitamin C, Carotenoids and Phenolics to the Antioxidant Potential of Fruit Juices. **Food Chemistry**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GIARETTA, A.; PEIXOTO, A. L. Myrtaceae da restinga no norte do Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 37, n. 1, 2015.

GORDON, A.; JUNGFER, E.; SILVA, B.A.S.; MAIA, G.S.; MARX, F. Phenolic Constituents and Antioxidant Capacity of Four Underutilized Fruits from the Amazon Region. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.14, p.7688–7699, 2011.

GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.4, p.509-530, 2006.

HAAS, L. I. R. **Caracterização físico-química, fitoquímica, atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e efeitos antiproliferativos de extratos dos frutos do araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.)**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2011.

HAMACEK, F. R.; MOREIRA, A. V. B.; MARTINO, H. S. D.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Valor nutricional, caracterização física e físico-química de jenipapo (*Genipa americana* L.) do cerrado de Minas Gerais. **Alimentos e Nutrição = Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara v. 24, n. 1, p.73 – 77, 2013.

HERNANDES, L. C.; AISSA, A. F.; ALMEIDA, M. R.; DARIN, J. D. C.; RODRIGUES, E.; BATISTA, B. L.; JUNIOR, F. B.; MERCADANTE, A. Z.; BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. In vivo assessment of the cytotoxic, genotoxic and antigenotoxic potential of maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) fruit. **Food Research International**, v. 62, p. 121-127, 2014.

JARDINI, F. A.; MANCINI FILHO, J. Avaliação da Atividade Antioxidante em Diferentes Extratos da Polpa e Sementes de Romã (*Punica granatum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n.1, 2007.

JESUS, M. C. F. **Levantamento das espécies de restinga utilizadas nas comunidades de Pontal do Ipiranga e Degredo, Linhares, ES**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012.

JOLY, A. B. **Botânica: Introdução a Taxonomia Vegetal** 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in Fruits and Vegetables – The Millennium’s Health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p.703-725, 2001.

KATZUNG, B. G. **Farmacologia básica e clínica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

LANDRUM, L. R.; KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: An illustrated synoptic and identification keys. **Brittonia**, v. 49, n. 4, p. 508-536, 1997.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, camb.)**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIMA, F. C. G. **Análise da ação do meropenem e Polimixina E com a IgG humana frente isolados de *Pseudomonas aeruginosa* provenientes de infecções relacionadas à Assistência à Saúde**. 2015. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

LIMA, M. F. P. et al. *Staphylococcus aureus* e as infecções hospitalares – revisão de literatura. **Revista UNINGÁ Review**, v.21, n.1, p.32-39, 2015.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2006.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil**. Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2002.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas Ornamentais no Brasil**. 3º ed. Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2001.

LOURENÇO, A. R. L.; BARBOSA, M. R. V. Myrtaceae em restingas no limite norte de distribuição de Mata Atlântica, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.63, n.02, p.373- 393, 2012.

LUZ, E. R. **Predição de propriedades de gasolinas usando espectroscopia FTIR e regressão por mínimos quadrados parciais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Química) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MACHADO, T. F.; BORGES, M. F.; BRUNO, L. M. Aplicação de antimicrobianos naturais na conservação de alimentos. **Documentos** 145, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2011.

MANICA, I. **Frutas Nativas, Silvestres e Exóticas**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura Tropical 6: Goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1520–1526, 2012.

MAYER, R. **Caracterização físico química das sementes de araçá e potencial antioxidante do óleo das sementes em óleo de girassol induzido à oxidação**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

MEDINA, L. A.; HAAS, L. I. R.; CHAVES, F. C.; SALVADOR, M.; ZAMBIAZI, R. C.; SILVA, W. P.; NORA, L.; ROMBALDI, C. V. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v.128, n.4, p.916-922, 2011.

MELO, D. W. **Propriedades físico-químicas e características histoquímicas do araçá vermelho (*Psidium cattayanum* Sabine)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2019.

MORAIS – BRAGA, M.F.B. et al. *Psidium brownianum* Mart. ex DC.: composição fenólica e inibição de virulência fúngica. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FARMACOGNOSIA. V

SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Resumo.**
Juazeiro – BA: Complexo Multieventos da UNIVASF, 2015.

MORAIS-BRAGA, M. F. B. et al., *Psidium guajava* L. and *Psidium brownianum* Mart. ex. DC. potentiate the effect of antibiotics against Gram-positive and Gram-negative bacteria. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 8, p. 683-687, 2016.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMINGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMINGUEZ, H.; NUNEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural Antioxidants from Residual Sources. **Food Chemistry**, v.72, p.145-171, 2001.

MYERS, N. ;MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G. FONSECA G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Reino Unido, v.403, p.853- 858, 2000.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in Cereals, Fruits and Vegetables: Occurrence, Extraction and Analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p.1523-1542, 2006.

NACHTIGAL, J.C. **Propagação de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) através de estacas semilenhosas.** Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1994.

NERI-NUMA, I. A.; CARVALHO-SILVA, L. B.; MORALES, J. P.; MALTA, L. G.; MURAMOTO, M. T.; FERREIRA, J. E. M.; CARVALHO, J. E.; RUIZ, A. L. G.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Evaluations of the antioxidant, proliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh – Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 70-76, 2013.

NORA, C. D. **Caracterização, atividade antioxidante in vivo e efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de araçá vermelho e guabiju.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

NUNES, F. F. V. **Limite mínimo de detecção de métodos de análise de *Salmonella* spp. para alimentos: uma contribuição metodológica.** Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

OLIVEIRA, A. G. **Diversidade de Myrtaceae das restingas de Conceição da Barra e São Mateus, Espírito Santo, Brasil.** 2013. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, L. F. C. O. **Espectroscopia Molecular.** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, N° 4, 2001.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, G. R. Antioxidant Capacity, Phenol, Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries, Blackberries, Red Currants, Gooseberries and Cornelian Cherries. **Food Chemistry**, v. 102, p.777-783, 2007.

PATEL, S. Exotic tropical plant *Psidium cattleianum*: a review on prospects and threats. **Reviews in Environmental Science and Bio/technology**, v.11, n.3, p.243–248, 2012.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M. ; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à espectroscopia.** 4. ed. Editora: CENGAGE, 2010.

PIMENTEL, C. V. M. L.; FRANCKI, K. M.; BOIAGO, A. P. **Alimentos Funcionais-** Introdução às Principais Substâncias Bioativas em Alimentos. 1. ed. Editora Metha, 2005.

PIRES, L.L.; VELOSO, V.R.S.; NAVES, R.V.; FERREIRA, G.A. Moscas-das-frutas associadas aos frutos de araçá, *Psidium guineense* S.W. e *Psidium australe* Camb. nos Cerrados do Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA, **Anais...**Belém: Embrapa/SBF, 2002.

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, São Paulo, 2017.

PIZZO, M. A. Padrão de deposição de sementes e sobrevivência de sementes e plântulas de duas espécies de Myrtaceae na Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, p.3, p.371-377, 2003.

POMBO, J. C. P.; RIBEIRO, E. R.; PINTO, R. L.; SILVA, B. J. M. Efeito antimicrobiano e sinérgico de óleos essenciais sobre bactérias contaminantes de alimentos. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 108-117, 2018.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.67, n.5, p.289-297, 1997.

POSSA, J. **Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de araçás (*Psidium Cattleianum* Sabine) morfotipo amarelo e vermelho cultivados no Rio Grande do Sul**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Nutrição) – Faculdade de medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

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

ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutos do cerrado. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 25 – 29, 2007.

SAMPAIO, R. S. et al. Antinociceptive activity of the *Psidium brownianum* Mart ex DC. leaf essential oil in mice. **Food and Chemical Toxicology**, v. 135, 2020.

SANTOS, A. L., et al. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar . **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007.

SANTOS, C.; GALAVERNA, R.S.; ANGOLINI, C.F.F.; NUNES, V.V.A.; ALMEIDA, L.F.R.; RUIZ, A.L.T.G.; CARVALHO, J.E.; DUARTE, R.M.T.; DUARTE, M.C.T.; EBERLIN, M.N. Antioxidative, Antiproliferative and Antimicrobial Activities of Phenolic Compounds from Three *Myrcia* Species. **Molecules**, 23(5), 986, 2018.

SANTOS, E. H. F.; NETO, A. F.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 19, 2016.

SANTOS, G. L.; GEMMER, R. E.; OLIVEIRA, E. C. Análise de açúcares totais, redutores e não redutores em refrigerantes pelo Método titulométrico de Eynon-Lane. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 8, n. 4, p. 186-197, 2016.

SANTOS, M.S.; PETKOWICZ, C.L.O.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; CARNEIRO, E.B.B. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 5, p. 617-621, 2007.

SEVERO, J. MADRUGA LIMA, C. S.; COELHO, M. T.; ROSSI RUFATTO, A.; ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A. Atividade Antioxidante e Fitoquímicos em Frutos de *Physalis* (*Physalis peruviana* L) Durante o Amadurecimento e o Armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n.1, p.77-82, 2010.

SILVA-FILHO, J. F. **Florística e fitossociologia da área de Proteção ambiental do Inhamum do município de Caxias e comparação com outras áreas do estado do Maranhão, Brasil**. Monografia de Graduação - Universidade Estadual do Maranhão, Caxias-MA, 2006.

SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; MALUF, A. M.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess. - Myrtaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.2, p.213-221, 2003.

SILVA, J. E. B.; NETO, J. D. ; GOMES, J. P.; MACIEL, J. L. ; SILVA, M. M. ; LACERDA, R. D. Avaliação do °Brix e pH de frutos da goiabeira em função de lâminas de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.1, p.43-52, Campina Grande, 2008.

SILVA, J. M. C.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.124-131, 2005.

SIMÕES, J. P. O. Caracterização físico-química de bananas destinadas ao mercado externo. **Revista Verde**, Pombal - PB, v 9. , n. 4, p. 220 - 223, 2014.

SILVA, J.; SILVA, E. S.; SILVA, P. S. L. Determinação da qualidade e do teor de sólidos solúveis nas diferentes partes do fruto da pinheira (*Annonasquamosa*). **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 562 – 564, 2002.

SIMONETTI, E. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos de *Eugenia anomala* e *Psidium salutare* (Myrtaceae) frente à *Escherichia coli* e *Listeria monocytogene*. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Campinas, v.18, n.1, p.9-18, 2016.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) –Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga – BA, 2009.

SOARES-SILVA, L. H. **A família Myrtaceae – subtribos: Myrciinae e Eugeniinae na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil**. 2000. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

SOARES-SILVA, L.H.; PROENÇA, C.E.B. A new species of *Psidium* L. (Myrtaceae) from southern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 158, p. 51-54, 2008.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.E.B. *Siphoneugena delicata* (Myrtaceae), a new species from the Montane Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Novon: A Journal of Botanical Nomenclature**, v.16, n. 4, p. 530-532, 2006.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>. Acesso em: 07 jul. 2019.

SOUZA, C. E. S. et al. Anti-Trypanosoma, anti-Leishmania and cytotoxic activities of natural products from *Psidium brownianum* Mart. ex DC. and *Psidium guajava* var. Pomifera analysed by LC–MS. **Acta Tropica**, v.176, p. 380-384, 2017.

SOUZA, V. R. **Compostos bioativos e o processamento de pequenas frutas vermelhas cultivadas em clima subtropical**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

STADNIK, A.; OLIVEIRA, M. I. U. ; ROQUE, N. Myrtaceae na Serra Geral de Licínio de Almeida, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.69, n.2, 2018.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde**, v. 14, n.4, p.263-269, 2012.

TANG, L.; LEE, A. H.; SU, D.; BINNS, C. W. Fruit and vegetable consumption associated with reduced risk of epithelial ovarian cancer in southern Chinese women. **Gynecologic Oncology**, v. 132, n. 1, p. 241-247, 2014.

TEIXEIRA, A. M. **Estudo fitoquímico de genótipos de araçá (*Psidium cattleianum*) em seis safras (2008 a 2013)**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

VANIN, C. R. **Araçá amarelo: atividade antioxidante, composição nutricional e aplicação em barra de cereais**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

VIANA, E. DE S., JESUS, J. L. DE, REIS, R. C., FONSECA, M. D., SACRAMENTO, C. K. DO. Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá - boi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012.

VIEIRA, R. F., AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

WILLE, G. M.F.C., MACEDO, R. E., MASSON, M. L., STERTZ, S. C., NETO, R. C., LIMA, J. M. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1360-1366, 2004.

ZAICOVSKI, C. B. **Caracterização de Frutas Nativas da Região Sul da América do Sul Quanto à Presença de Compostos Bioativos, da Atividade Antioxidante e da Atividade Antiproliferativa Frente à Células Tumerais**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2008.

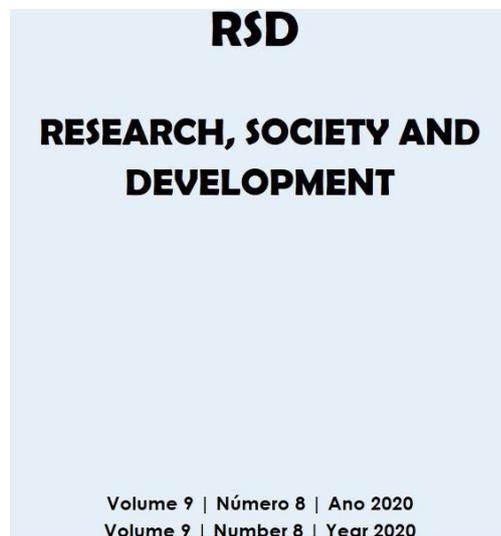
CAPÍTULO I

Avaliação das características físico-químicas e análise de espectroscopia de infravermelho da polpa do araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (Araçá-de-veado).

Cordeiro CJD, Machado MIR, Santos BC, Lima IES, Caldas FRL & Silva JH.

Parte desse capítulo foi submetida e aceita no periódico Research, Society and Development.

(Comprovante de aceito no ANEXO B)



Avaliação das características físico-químicas e análise de espectroscopia de infravermelho da polpa do araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (Araçá-de-veado).

Evaluation of physico-chemical characteristics and analysis of infrared spectroscopy of the pulp of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (Araçá-de-veado).

Resumo

O araçazeiro é uma frutadeira nativa do Brasil, pertencente à família Myrtaceae, podendo ser encontrada desde o Estado do Rio Grande do Sul, passando por Minas Gerais, até a região Nordeste. São muitas espécies de araçá, mas dependendo da região existem diferentes interesses em realizar estudos quanto a sua caracterização, ressaltando que essa fruta possui excelentes características físico-químicas, grande potencial econômico e podem ser consideradas imprescindíveis na regeneração de áreas degradadas. Essas características dos frutos tornam o araçazeiro uma nova e promissora opção de cultivo, trazendo benefícios aos consumidores e tornando-se uma alternativa para a exploração sustentada para os pequenos produtores rurais. O conhecimento das propriedades físico-químicas de frutos nativos como o araçá é de extrema importância, uma vez que há um recente interesse para o aproveitamento industrial das bagas devido ao sabor exótico e a boa aceitação pelos consumidores. Considerando a ausência de informações na literatura relativa aos parâmetros físico-químicos de frutos de araçá existente na Floresta do Araripe - CE, objetivou-se determinar as características físico-químicas (SS, pH, AT, SS/AT, açúcares redutores e não-redutores), teor de vitamina C e realizar análise de infravermelho da polpa dessa espécie de araçá. Dos resultados obtidos foi possível verificar que devido seu baixo grau de doçura, a planta não possui grande aceitação para consumo *in natura*, no entanto, apresenta potencial para industrialização, e alguns dos fatores que contribuem é o baixo pH e as elevadas concentrações de acidez. A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., mostra-se uma fonte rica em vitamina C, e a análise da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier permitiu identificar os grupos funcionais presentes na amostra em estudo, como grupos alquila, alqueno e carbonila, possibilitando melhor conhecimento de características da espécie.

Palavras-chave: Araçá; Características físico-químicas; Ácido ascórbico; Espectroscopia de infravermelho.

Abstract

The araçazeiro is a fruit tree native to Brazil, belonging to the Myrtaceae family, and can be found from the state of Rio Grande do Sul, through Minas Gerais, to the Northeast region. There are many species of araçá, but depending on the region, there are different interests in carrying out studies about its characterization, pointing out that this fruit has excellent physical-chemical characteristics, great economic potential and can be considered indispensable in the regeneration of degraded areas. These fruit characteristics make the araçazeiro a new and promising option for cultivation, bringing benefits to consumers and becoming an alternative for sustainable exploitation for small rural producers. Knowledge of the physical and chemical properties of native fruits such as araçá is of extreme importance, since there is a recent interest in the industrial use of the berries due to the exotic flavor and good acceptance by consumers. Considering the lack of information in the literature regarding the physicochemical parameters of araçá fruits existing in the Araripe Forest - CE, the objective was to determine the physicochemical characteristics (SS, pH, AT, SS/AT, reducing and non-reducing sugars), vitamin C content and to perform an infrared analysis of the pulp of this species of araçá. From the results obtained it was possible to verify that due to its low degree of sweetness, the plant does not have great acceptance for in natura consumption, however, it presents potential for industrialization, and some of the factors that contribute are the low pH and high concentrations of acidity. The species *Psidium brownianum* Mart. ex DC., is a source rich in vitamin C, and the analysis of Fourier transform infrared spectroscopy allowed the identification of the functional groups present in the sample under study, such as alkyl, alkene and carbonyl groups, allowing a better knowledge of the species characteristics.

Keywords: Araçá; Physical-chemical characteristics; Ascorbic acid; Infrared spectroscopy.

1. Introdução

O Brasil é um país que possui considerável biodiversidade no qual se encontram diversas frutas de grande potencial econômico, sabores diferenciados e marcantes (Santos et al., 2017). No estado do Ceará, mais precisamente na Floresta Nacional do Araripe, espécie de araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC., desempenha uma importância considerável na alimentação da fauna local e a caracterização das propriedades físico-químicas desses frutos nativos é importante, pois seu aproveitamento atende à demanda industrial que prioriza

características sensoriais como o sabor exótico, excelente potencial antioxidante e boa aceitação pelos consumidores (Silva et al., 2016).

O araçazeiro é uma planta frutífera, conhecida por muitas denominações entre elas: araçá, araçá-do-campo, araçá-do-mato e araçá amarelo. Essa planta trata-se de uma espécie arbórea de pequeno porte, tipo arbusto, caracteriza-se por apresentar folhas pequenas e avermelhadas quando jovens, é uma fruta pequena, tem como característica ser do tipo baga, arredondada (Silva et al., 2016). Tem o seu sabor lembrando um pouco o da goiaba, embora seja um pouco mais ácido e de perfume mais acentuado. Assim como a goiaba, sua polpa é macia e cheia de sementes sendo, porém, a maioria de suas variedades comuns, menos carnudas e de menor valor econômico (Silva et al., 2016).

Pode ser utilizado no preparo de sorvetes e refrescos, e também em um doce muito parecido com a goiabada, denominado araçazada (Wille et al., 2004). Das mais de 100 espécies de *Psidium* conhecidas, Franzon et al. (2009) relataram, além da goiabeira (*P. guajava*), os araçazeiros como uma das mais interessantes do ponto de vista comercial, principalmente o *P. cattleyanum* e o *P. guineenses*, por apresentarem fruta com sabor exótico, amplamente aceitável pelos consumidores.

Manica (2000) como citado em Damiani et al. (2012), afirmaram que o araçá é composto por água, sais minerais, ácido málico, açúcares, celulose e gordura, no entanto, a composição química pode variar de acordo com as chuvas, altitude, clima e solo característicos das regiões onde a fruta é colhida (Caldeira et al., 2004; Bezerra et al., 2006). Segundo Medina et al. (2011), devido à capacidade de adaptação que a espécie possui em relação às condições de estresse, o araçá é considerado como um fruto rico em metabólitos secundários, possuindo, portanto, propriedades funcionais interessantes. Na Figura 1 é possível verificar a coloração e formato dos frutos encontrados na Floresta do Araripe, Ceará.

Figura 1. Frutos de araçá (*Psidium brownianum* Mart. ex DC.)



Fonte: Braga (2016)

Embora sejam registrados diversos aproveitamentos oferecidos pelos araçazeiros, eles ainda não possuem expressão econômica no contexto da fruticultura nacional. Dado o grande potencial de exploração econômica que o araçá oferece, é fundamental o desenvolvimento de tecnologias de produção e de novos processos tecnológicos de aproveitamento industrial da polpa, assim como a utilização de estratégias que possibilitem uma maior difusão; tornando-o mais conhecido do público consumidor (Bezerra et al., 2018).

Outras espécies de araçá, *P. myrsinoides* e *P. pohlianum*, são úteis para recuperação de áreas degradadas, apresentando também potencial para o paisagismo, os frutos servem de alimentação para a fauna e também são utilizados pelo homem, para consumo *in natura* e na forma de iguarias regionais como doces e geleias (Franzon et al., 2009).

O beneficiamento do fruto, por meio da fabricação de geleias, compotas, doces, farinhas e outros produtos alimentícios, poderia agregar valor econômico ao mesmo, fazendo com que ele se torne uma alternativa interessante como fonte de renda aos produtores, além de difundi-lo em diversas regiões do país e do mundo (Damiani et al., 2012)

Embora essa fruta seja tradicionalmente apreciada por seus atributos sensoriais e propriedades funcionais, o araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC., ainda é pouco caracterizado cientificamente e faltam informações técnico-científicas sobre o mesmo, porém, Braga (2016) relata existência de ocorrência na Floresta Nacional do Araripe – Ceará, muitas vezes pode ser encontrado em áreas em regeneração, cujas características encontradas mencionam arbustos ou árvores, atingindo de 0,5 – 8 m, planta com flores trimeras, tetrâmeras ou pentâmeras e ovários biloculares, geralmente possuindo 12 sementes, com

ocorrências confirmadas no Nordeste e Sudeste do Brasil, sendo ainda a espécie nativa e endêmica do país (Sobral et al., 2015; Stadnik et al., 2018; Oliveira, 2013).

Dessa forma, visto a ausência de informações na literatura relativa aos parâmetros físico-químicos de frutos de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. existente na Floresta do Araripe - CE, objetivou-se determinar, nesse estudo, as características físico-químicas (SS, pH, AT, SS/AT, açúcares redutores e não-redutores), teor de vitamina C e realizar análise de infravermelho da polpa dessa espécie de araçá.

2. Metodologia

A metodologia do trabalho é baseada na pesquisa descritiva, cujo acompanhamento do processo de produção e obtenção de produtos leva a pesquisa laboratorial, avaliando o resultado de uma série de procedimentos padronizados para obtenção de produtos (Pereira et al., 2018)

2.1 Local de Coleta

Ramos de *Psidium brownianum* com medida de aproximadamente 20 cm foram coletados para preparação das exsiccatas. A coleta ocorreu no final do mês de janeiro, durante o período da manhã, ano de 2019, na Floresta Nacional do Araripe – Crato (Ceará) (latitude: 07 ° 17.336' S e longitude: 39 ° 32.291' O, 934 m de altitude). Após preparadas, as exsiccatas foram incorporadas ao Herbário Caririense Dárdano de Andrade Lima da Universidade Regional do Cariri sob o número 13. 910, sendo a espécie identificada como *Psidium brownianum* Mart. ex DC. Os frutos para preparação das polpas foram coletados na Fazenda Barreiro Grande, município do Crato, Chapada do Araripe, estado do Ceará, Nordeste do Brasil.

O material para análise foi coletado somente após autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, com número 67205 (ANEXO A).

2.2 Material Botânico

As coletas dos frutos para preparação das polpas ocorreram durante os meses de maio e junho, no período da manhã, do ano de 2019, em estado de maturação. As amostras foram transportadas até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do

Cariri e armazenadas em congelamento até o momento do processamento das polpas.

Para a obtenção das polpas, selecionaram-se os frutos em estágio de maturação, retirando aqueles deteriorados, em seguida, foram lavados e despulpados. O material, depois de preparado, foi embalado em sacos plásticos e congelado até o momento das análises.

2.3 pH

Realizado através de determinação em potenciômetro Digimed – DM-20, com a amostra à temperatura de 20 °C, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.4 Sólidos Solúveis (SS)

Determinado mediante leitura direta em refratômetro de bancada, marca Analytikjena, sendo os resultados corrigidos para a temperatura de 20 °C, através de tabela de correção, e expressos em °Brix. Foi determinado de acordo com o método oficial do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (Brasil, 1986).

2.5 Acidez Titulável (AT)

Método volumétrico, através de titulação com NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, sendo os resultados expressos em % de ácido cítrico, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.6 Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)

Para a determinação da relação de SS/AT, foram utilizados os resultados obtidos para os teores de sólidos solúveis (°Brix) e acidez titulável (% de ácido cítrico) da amostra.

2.7 Açúcares Redutores e Não Redutores (Açúcares totais)

Determinados conforme método descrito no Instituto Adolf Lutz (2008). Para a determinação dos açúcares redutores, utilizou-se a amostra contendo açúcares redutores como

agente titulante, e o aparecimento de precipitado vermelho na solução de Fehling A e B (10 mL) adicionada de água (40 mL) como indicador do ponto de viragem. Na determinação dos açúcares totais, a inversão da sacarose pela hidrólise ácida e que, após aquecimento em banho-maria, é neutralizada com hidróxido de sódio 30% até mudança de pH. Após esse processo, a quantificação dos açúcares totais foi feita como a análise descrita para açúcares redutores.

2.8 Determinação do Conteúdo de Ácido Ascórbico

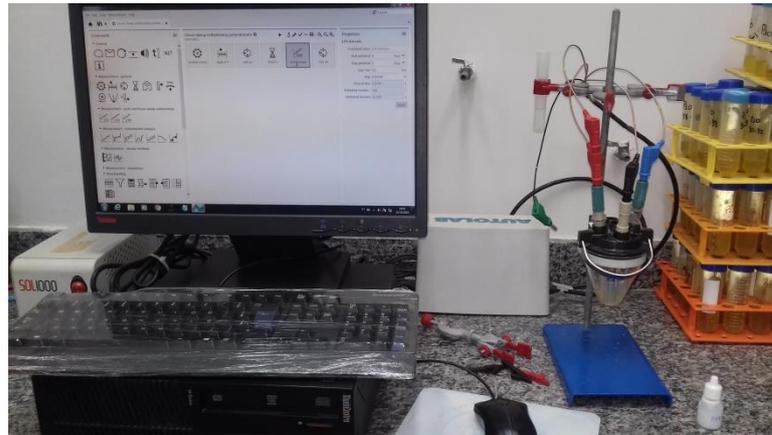
A análise do teor de ácido ascórbico foi realizada por técnica eletroquímica utilizando o Potenciostato / Galvanostato da marca Metrohn Autolab modelo PGSTAT 101. Este foi determinado pela técnica de voltametria linear e partindo-se de um potencial inicial 0 v e final 1v, com taxa de velocidade de 0,1v/s.

A voltametria baseia-se na medida da corrente em uma célula eletroquímica sob condições de completa polarização de concentração, na qual a velocidade de oxidação ou redução do analito é limitada pela velocidade de transferência de massa do analito para a superfície do eletrodo. Na voltametria de varredura linear, o potencial no eletrodo de trabalho pode ser aumentado ou diminuído a uma velocidade típica de 2 a 5 mV s⁻¹. Então, a corrente, que geralmente está na faixa de microampères, é registrada para fornecer um voltamograma, que é um gráfico da corrente em função do potencial aplicado (Skoog et al., 2006).

2.8.1 Célula Eletroquímica Utilizada nos Experimentos

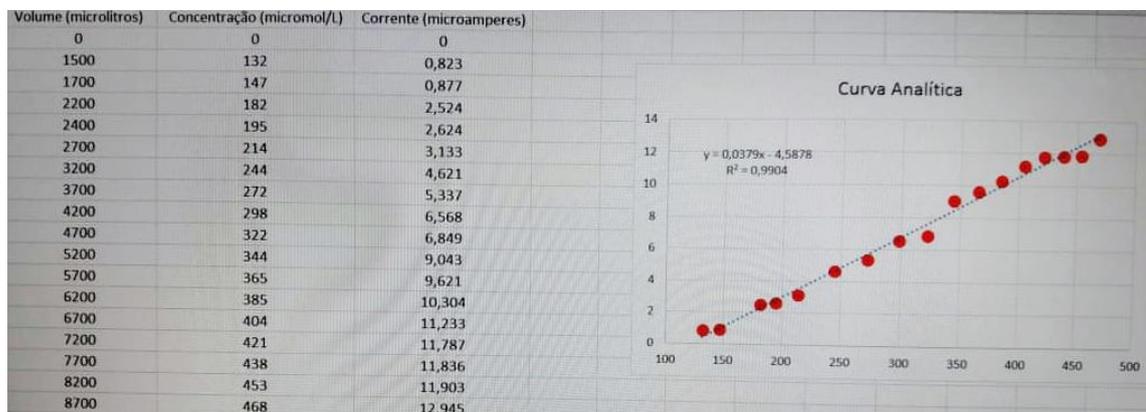
Os experimentos eletroquímicos foram realizados em célula de vidro contendo três eletrodos: eletrodo de trabalho composto pelo eletrodo de platina, eletrodo de referência Ag/AgCl/KCl 3 mol L⁻¹, contra eletrodo composto pelo eletrodo de platina e como eletrólito foi utilizado uma solução de cloreto de potássio (KCl) 0,1 N. Os eletrodos foram imersos em uma cubeta, localizada em um suporte de célula, conforme mostrado na Figura 2. A célula está conectada a um potenciostato.

As leituras de Voltametria foram realizadas em um Potenciostato integrado ao programa NOVA 2.0, conectado à célula eletroquímica citada acima.

Figura 2. Potenciostato / Galvanostato

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma curva de calibração do ácido ascórbico foi feita pelo mesmo método com a equação de reta $y = 0,0379x - 4,5878$, conforme expressa a Figura 3 com valores de concentração utilizados.

Figura 3. Curva analítica do ácido ascórbico

Fonte: Dados da pesquisa.

2.8.2 Determinação de Ácido Ascórbico na Amostra

Percolou-se 15 mL de água deionizada através de 7,5163 g de polpa. Foram adicionadas sucessivas alíquotas de 100 μ L da amostra em 10 mL do eletrólito, contido na célula eletroquímica. Cada adição de 100 μ L da amostra foi seguida da leitura de um voltamograma. A experiência foi realizada a temperatura ambiente.

Foi feita a relação entre a concentração obtida e a massa pesada. Da coleta da fruta até a análise do teor de ácido ascórbico houve um período de quatro meses aproximadamente. As

frutas permaneceram em congelamento durante esse período, e a polpa foi preparada no momento da análise.

2.9 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

Para a análise da amostra foi utilizado um espectrômetro de absorção infravermelho por transformada de Fourier FT-IR VERTEX 70 V, da marca Bruker à vácuo. Uma fonte de Global é utilizado para região do infravermelho médio (MIR) munido de detectores pitoelétricos DLaTGS para captação de sinais emitidos da amostra. Este equipamento possui uma fonte de laser HeNe com 633 nm de comprimento de onda que permite a calibração do caminho ótico do feixe infravermelho junto aos espelhos do espectrômetro. Este espectrômetro opera com resolução de 2 cm^{-1} e divisor de feixe (beam splitter) Wide-range composto por silício que permite sua utilização para medidas na região do médio. A utilização do vácuo nestes experimentos é importante para melhoria da sensibilidade do detector.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização Físico – Química de Polpa de Araçá

O conhecimento das propriedades físico-químicas de frutos nativos como o araçá é de extrema importância, uma vez que há um recente interesse para o aproveitamento industrial. As características físico-químicas da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. encontram-se disponíveis na Tabela 1. Os valores apresentados na tabela são valores médios das análises de caracterização da polpa realizadas em triplicata, conforme a metodologia descrita acima.

Tabela 1 - Caracterização físico-química de polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

Características	Valores médios
Sólidos Solúveis (°Brix)	12,0
pH	3,0
Acidez titulável (% ácido cítrico)	1,89
Relação SS/AT	5,8
Açúcares redutores (%)	12,99
Açúcares não redutores (%)	6,80

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 1, é possível observar que o teor médio de sólidos solúveis da amostra de araçá analisada foi de 12 °Brix, valor que se assemelha aos resultados obtidos por Crizel et al. (2017) de 12,6 °Brix para a espécie *Psidium cattleianum*. No trabalho de Melo (2019) o teor encontrado para os sólidos solúveis totais foi de 11,20 °Brix para o araçá vermelho (*Psidium cattayanum* Sabine). Enquanto Damiani (2009) obteve valores inferiores (10,7 °Brix) aos do presente estudo para a polpa de *Psidium guineensis* Sw.

A determinação dos teores de sólidos solúveis dos frutos é muito importante, pois a concentração desses teores está relacionada com o amadurecimento e com a qualidade dos frutos (Souza et al., 2020). Geralmente, o teor de sólidos solúveis aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (Prado, 2009).

Na agroindústria a qualidade do produto final apresenta relação com o teor de sólidos solúveis totais, visto que produtos com concentração elevada implicam em menor adição de açúcar para obtenção do produto final (Araújo et al., 2017).

Além disso, o teor de sólidos solúveis totais, que é um indicador do grau de doçura das frutas, representa um atributo de interesse para produtos comercializados *in natura*, uma vez que o mercado consumidor tem preferência por frutos doces (Canuto et al., 2010).

Em relação ao pH, o valor encontrado (3,0) foi próximo aos alcançados por Crizel et al. (2017) de 3,4 ao analisar polpa de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*). Soares (2009), também obteve valores (2,71) próximos ao do presente estudo, para o araçá- boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). Ainda corroborando com os resultados obtidos neste estudo, Melo (2019) alcançou o valor de 3,37 para o araçá vermelho. Franco (1999) apontou a presença de retinol, tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico, açúcares, proteínas, lípidos, cálcio, fósforo, ferro e 37,8 kcal em 100 g de fruto. Antes disso, Andrade, Aragão e Ferreira (1993) determinaram a umidade de 85-86 %, pH de 3,0 e 11 °Brix, além de 5,05 % de açúcares.

Nesse estudo, constatou-se que o valor do pH ácido verificado representa um dado benéfico a polpa, uma vez que de acordo com Benevides et al. (2008), o pH baixo contribui no sentido de garantir a conservação da polpa sem necessidade de tratamento térmico muito elevado, para não colocar em risco a sua qualidade. Além disso, para Santos, Coelho e Carreiro (2008), o baixo valor de pH apresentado pela maioria das polpas de frutas pode representar um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas.

A acidez titulável encontrada (1,89 % de ácido cítrico) para polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresenta semelhança com os valores encontrados (1,87 % de ácido cítrico) por Andrade, Aragão e Ferreira (1993) para a espécie de araçá (*Psidium acutangulum* D.C.). Valores também próximos ao do presente estudo foram obtidos por

Souza et al. (2018) para a polpa de araçá - boi (*Eugenia stipitata* Mac Vaugh) coletado na cidade de Rio Branco do estado de Mato Grosso, com acidez em ácido cítrico de 1,83 % e 1,88 %.

A acidez indica a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos, da mesma maneira que o pH, dado que frutos com elevado teor de acidez e pH muito baixo não são normalmente consumidos em sua forma *in natura*, quando a acidez é muito elevada, existe redução na sensação de doçura (Soares, 2009). Para o Instituto Adolfo Lutz (2008) a determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício.

A relação SS/AT para o araçá em estudo foi de 5,8, valor que se aproxima do teor encontrado por Crizel et al. (2017), que foi de 5,3 quando estudado o araçá amarelo (*Psidium cattleianum*). Apesar do elevado teor de sólidos solúveis, a relação SS/AT é baixa (5,8), devido ao alto valor de acidez titulável. Como esta relação é um indicativo do grau de doçura do fruto, os dados mostram que o araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC., não é tão recomendado para consumo *in natura*.

A razão entre sólidos solúveis totais e acidez titulável fornece um indicativo do sabor da fruta, visto que relaciona a quantidade de açúcares, isto é doçura e ácidos presentes. Quanto maior for esta razão, mais doces serão as frutas e maior aceitação pelos consumidores (Prado, 2009; Maciel et al., 2010). Esta relação tem tendência a aumentar durante a maturação, em virtude do aumento nos teores de açúcares e à diminuição dos ácidos (Machado, 2014; Prado, 2009).

É importante salientar que essa relação é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativo que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Ela fornece uma ideia do equilíbrio entre esses dois componentes (Lima et al., 2015), levando a melhores informações sobre o grau doçura de um fruto e, conseqüentemente, indicação do seu consumo, como apresentado acima.

O valor obtido para açúcares redutores (12,99 %) foi maior que os encontrados por Damiani (2009). Pomer e colaboradores (2013) obtiveram teores de açúcares solúveis totais variando de 7,81 % a 12,59 % em araçazeiros.

Fatores como pré e pós-colheita como índices pluviométricos, altitude, clima, solo das regiões de colheita, origem do material genético, época de produção e o estágio de maturação do fruto, condições de armazenamento, região de cultivo e variedade, influenciam a composição físico-química dos frutos (Crizel et al., 2017; Prado, 2009).

Ainda não foram encontrados trabalhos com determinação de parâmetros físico-químicos (Sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação SS/AT, açúcares redutores e açúcares não redutores) para a espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., sendo este o pioneiro a realizar estudos nesse quesito.

3.2 Teor de Ácido Ascórbico

Neste estudo, foi encontrado, para a polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. o valor de 109,3 mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra, sendo superior ao obtido por Teixeira (2015) para os frutos de araçazeiro (*P. cattleianum* Sabine) de coloração vermelha (genótipos AR9, AR19 e AR29) e amarela (genótipos AR27, AR46 e AR72). Andrade, Aragão e Ferreira (1993) obtiveram em frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.) em estágio de amadurecimento comercial o valor de 389,34 mg em 100g de polpa integral. Valores maiores também foram encontrados por Andrade et al. (2002) para frutos de araçá.

De acordo com as análises é possível concluir que a espécie em estudo é uma fonte rica em vitamina C, porém em comparação com a acerola, esta última se apresenta com teor bem mais elevado de ácido ascórbico (Andrade et al., 2002).

A vitamina C exerce importantes efeitos no organismo, sendo considerada excelente antioxidante, capaz de sequestrar os radicais livres com grande eficiência; atuando ainda na formação de colágeno, absorção de ferro, síntese de alguns neurotransmissores e na resposta imunológica. Industrialmente, o ácido ascórbico é utilizado como aditivo na função antioxidante, estabilizante de sabor e cor (Nogueira, 2011).

É importante também ressaltar a possibilidade de que o teor de ácido ascórbico na espécie em estudo seja ainda maior que o encontrado na análise realizada, uma vez que da coleta da fruta até o momento do teste houve um período de quatro meses aproximadamente, assim, perdas dessa vitamina, pode ter ocorrido.

De acordo com Nogueira (2011) o ácido ascórbico pode ser facilmente oxidado e degradado, de acordo com fatores como pH, temperatura, luz e presença de enzimas, oxigênio ou catalisadores metálicos. Existe, inclusive, recomendação para que produtos oriundos de frutas, como sucos, sejam consumidos assim que prontos devido à instabilidade dessa vitamina.

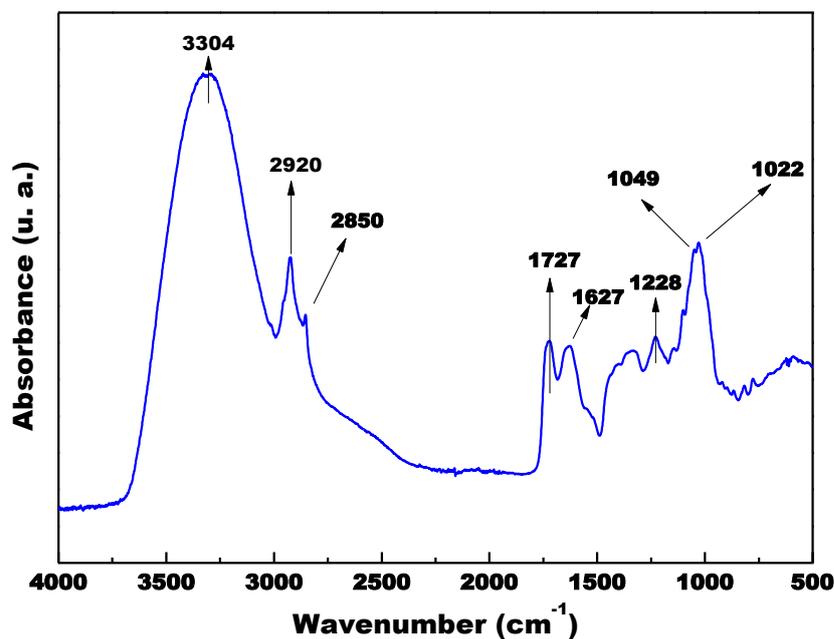
Corroborando ainda, Correia et al. (2008) salienta que o teor de vitaminas dos alimentos varia, dependendo da espécie, do estágio de maturação na época da colheita, de variações genéticas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem, do processamento e do tipo de preparação .

Este foi o primeiro trabalho a realizar determinação do teor de ácido ascórbico na espécie de araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

3.3 Infravermelho

A Figura 4 mostra o espectro do infravermelho do araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC. coletado na Floresta Nacional do Araripe, Ceará.

Figura 4. Espectros FTIR da polpa do araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC.



Fonte: Dados da pesquisa.

A banda associada a 2920 cm^{-1} corresponde ao estiramento das ligações C-H de grupos alquila e a banda 1627 cm^{-1} corresponde a um alqueno (Miranda et al., 2009).

No espectro da substância observa-se a banda de absorção em torno de 1727 cm^{-1} , o que conforme Silverstein e Webster (1998) indica estiramento da carbonila alusivo à deformação axial de C = O. Observa-se também um sinal de forte absorção em 3304 cm^{-1} alusivo à deformação axial de OH em ligações intermoleculares (McMurry, 2005).

As bandas de absorção correspondentes às carboxilas livres estão entre 1618 cm^{-1} a 1629 cm^{-1} (Monsoor; Kalapathy; Proctor, 2001).

O resultado da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier foi importante para identificar os grupos funcionais presentes na amostra em estudo, possibilitando melhor conhecimento de características da espécie.

4. Conclusão

A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresenta valores de parâmetros físico-químico conforme dispõe a literatura. As comparações da caracterização físico-química foram realizadas utilizando outras espécies de araçá, uma vez que esse estudo se apresenta como pioneiro na determinação de teores de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação SS/AT, açúcares redutores e açúcares não redutores para a espécie em estudo.

Os frutos de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. possuem características físico-químicas que possibilita a industrialização devido a baixa acidez, e a relação SS/AT demonstra que para processamento não exigem acidificação.

Também utilizado como alternativa para áreas degradadas, o araçazeiro é uma alternativa para cultivo sustentável e de grande valor econômico para beneficiamento.

A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., mostra-se uma fonte rica em vitamina C, dessa forma a ingestão da fruta se faz importante, dadas as potencialidades que a vitamina dispõe, o que pode contribuir para manutenção de um organismo mais saudável.

Dessa forma, a caracterização de parâmetros para controle de qualidade (pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais), assim como de compostos com interesse funcional de polpa de araçá, permite - o valorizar como alimento funcional e oferece opção de atividade sustentável para a população residente na Chapada do Araripe – CE.

A análise da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier foi importante para identificar os grupos funcionais presentes na amostra em estudo, como grupos alquila, alqueno e carbonila, possibilitando melhor conhecimento de características da espécie.

Referências

Andrade, JS, Aragão, CG & Ferreira, SAN. (1993). Caracterização física e química dos frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). *Acta Amazônica*, 23(2-3), 213-217.

Andrade, RSG, Diniz, MCT, Neves, EA & Nóbrega, JA. (2002). Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. *Eclética Química*, 27, 393-401.

Araújo, KTA, Silva, RM, Silva, RC, Figueirêdo, RMF & Queiroz, AJM. (2017). Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 7(2), 110 – 115.

Benevides, SD, Ramos, AM, Stringheta, PC & Castro, VC. (2008). Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 571-578.

Bezerra, JEF et al. (2006). Araçá. In: Vieira, RF et al. (Eds.). *Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 41-62.

Bezerra, JEF et al. (2018). *Psidium* ssp. Araçá. In: Vieira, RF, Camillo, J & Coradin, L. (Ed.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste*. Brasília, DF: MMA, (Série Biodiversidade; 44), 294 – 314.

Braga, MFBM. (2016). *Composição química e avaliação da atividade antifúngica de extratos de Psidium guajava L. (goiabeira) e Psidium brownianum Mart. ex DC. (araçá de veado) sobre espécies de Candida* (Tese de doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

Brasil. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. (1986). Portaria nº 76, de 27 de novembro 1986. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 1986. Seção I, p.18152-18173.

Caldeira, SD et al. (2004). Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* Sw.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do Estado do Mato Grosso do Sul. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)*, 22 (1), 145-154.

Canuto, GAB, Xavier, AAO, Neves, LC & Benassi, MT. (2010). Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4).

Correia, LFM, Faraoni, AS & Pinheiro-Sant'Ana, HM. (2008). Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alimentos e Nutrição*, 19(1), 83-95.

Crizel, R, Lemke, E, Zandoná, G, Aranha, B & Chaves, F. (2017). Potencial funcional de polpas de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) e de butia (*Butia odorata*). *Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa– Congrega Urcamp*, 2252-2264.

Damiani, C.(2009). *Caracterização e agregação de valor aos frutos do cerrado: Araçá (Psidium guineenses Sw.) e Marolo (Annona crassiflora Mart.)* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

Damiani, C, Silva, FA, Asquieri, ER, Lage, ME & Vilas Boas, EV. (2012). Antioxidant potential of *Psidium guineensis* Sw. jam during storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42 (1), 90-98.

Franco, G. (1999). *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. São Paulo: Atheneu.

Franzon, RC, Campos, LZO, Proença, CEB & Sousa-Silva, JC. (2009). *Araçás do gênero Psidium: principais espécies, ocorrências, descrição e usos*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Documentos 266).

Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tinglea. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Lima, TLS, Cavalcante, CL, Sousa, DG, Silva, PHA & Sobrinho, LGA. (2015). Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10 (2), 49 - 55.

Machado, MIR. (2014). *Compostos bioativos em pêssego (Prunus persica L.), pessegada e em pêssego em calda* (Tese de doutorado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Maciel, MIS, Mélo, E, Lima, V, Souza, KA & Silva, W. (2010). Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(4), 865-869.

McMurry, J. (2005). *Química Orgânica* (Vol. 1 e 2). Brasil: Thomson. ISBN: 9788522104697.

Medina, LA, Haas, LIR, Chaves, FC, Salvador, M, Zambiasi, RC, Silva, WP, Nora, L & Rombaldi, CV. (2011). Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. *Food Chemistry*, 128(4), 916-922.

Melo, DW. (2019). *Propriedades físico-químicas e características histoquímicas do araçá vermelho (Psidium catteyanum Sabine)* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Miranda, R, Bustos-Martinez, D, Blanco, CS, Villarreal, MHG & Cantú, MER. (2009). Pyrolysis of sweet orange (*Citrus sinensis*) dry peel. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 86, 245.

Monsoor, MA, Kalapathy, U & Proctor, A. (2001). Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 74(2), 233-238.

Nogueira, FS. (2011). *Teores de ácido L-ascórbico em frutas e sua estabilidade em sucos* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. 2011.

Oliveira, AG. (2013). *Diversidade de Myrtaceae das restingas de Conceição da Barra e São Mateus, Espírito Santo, Brasil* (Dissertação de mestrado). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Pereira, AS et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 19 maio 2020. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pomer, CV, Oliveira, OF & Santos, CAF. (2013). *Goiaba Recursos Genéticos Melhoramento*. Mossoró: EDUFERSA.

Prado, A.(2009). *Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais*. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

Santos, CAA, Coelho, AFS & Carreiro, SC. (2008). Avaliação microbiológica de polpas de frutas congeladas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4), 913-915.

Santos, VA, Ramos, JD, Tostes, NV, Silva, FOR & Almeida, LGF. (2017). Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVAugh) em Lavras – MG. *Enciclopédia Biosfera*, 14 (26), 167 – 180.

Silva, QJ, Figueiredo, FJ & Lima, VLAG. (2016). Características físicas e químicas de Cirigueiras cultivadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco. *Revista Ceres*, 63(3), 285 – 290.

Silverstein, RM & Webster, FX. (1998). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. New York: Wiley.

Skoog, DA et al. (2006). *Fundamentos de Química Analítica*. São Paulo: Thomson.

Soares, EC. (2009). *Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (Eugenia stipitata Mc Vaugh) em leito de espuma* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, Brasil.

Sobral, M, Proença, C, Souza, M, Mazine, F & Lucas, E. (2015). Myrtaceae in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Acesso em: 07 julho 2019. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>.

Souza, ICC, Carvalho, ACB, Neto, JMDS, Fernandes, JPC, Junior, JDR, Araújo, FMMC & Melo, RLF. (2020). Caracterização físico-química dos frutos tropicais do Nordeste brasileiro. *Research, Society and Development*, 9(6), 1- 14.

Souza, RS, Silva, SS, Loss, RA, Souza, RS & Guedes, SF. (2018). Avaliação físico-química do fruto araçá - boi (*Eugenia stipitata mac vaugh*) cultivado na mesorregião do sudoeste mato-grossense. *Revista Destaques Acadêmicos*, 10 (3), 157-169.

Stadnik, A, Oliveira, MIU & Roque, N. (2018). Myrtaceae na Serra Geral de Licínio de Almeida, Bahia, Brasil. *Rodriguésia*, 69(2).

Teixeira, AM. (2015). *Estudo fitoquímico de genótipos de araçá (Psidium cattleianum) em seis safras (2008 a 2013)* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Wille, GMFC, Macedo, RE, Masson, ML, Stertz, SC, Neto, RC & Lima, JM. (2004). Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(6), 1360-1366.

CAPÍTULO II

Avaliação do potencial antioxidante e da atividade antibacteriana do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

Cordeiro CJD, Caldas FRL, Machado MIR, Santos AJ, Oliveira TMBF & Silva JH.

Publicado no periódico Research, Society and Development

DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4514>

(Comprovante de publicação no ANEXO C)



Cordeiro CJD, Caldas FRL, Machado MIR, Santos AJ, Oliveira TMBF & Silva JH (2020). Evaluation of the antioxidant potential and antibacterial activity of the pulp extract of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-21, e649974514.

Avaliação do potencial antioxidante e da atividade antibacteriana do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

Evaluation of the antioxidant potential and antibacterial activity of the pulp extract of *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

Resumo

Espécies do gênero *Psidium* tem se apresentado eficiente quanto a características de interesses nutricionais, como riqueza em vitaminas e em substâncias antioxidantes. Além disso, atividade antibacteriana, tem sido evidenciada por extratos de espécies do gênero *Psidium*. Dessa forma, o presente estudo tem a finalidade avaliar o potencial antioxidante e a atividade antibacteriana do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.. Os compostos fenólicos totais foram quantificados utilizando o reagente de Folin – Ciocalteau. O potencial antioxidante do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foi determinado pelo método fotolorimétrico *in vitro* por sequestro do radical livre estável DPPH. Para avaliar a capacidade antibacteriana do extrato, fez uso do método de microdiluição em caldo. Os compostos fenólicos totais encontrados no extrato representam o valor de 1211 mg GAE/100 g da amostra. O extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou alto potencial antioxidante, provavelmente devido ao seu elevado teor de compostos fenólicos. A espécie também evidenciou atividade inibitória contra todas as cepas bacterianas testadas. À vista disso é possível inferir que a polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., mostra-se uma fonte rica em compostos fenólicos toais e potencial antioxidante, sendo assim sua ingestão se faz importante. Quanto à atividade antibacteriana mais estudos são necessários envolvendo possíveis associações desse extrato com outras substâncias, como forma de potencializar seu uso.

Palavras-chave: Araçá; Compostos fenólicos; Atividade inibitória; Cepas bacterianas.

Abstract

Species of the genus *Psidium* have come out to be efficient in terms of characteristics of nutritional interests, such as richness in vitamins and antioxidants. In addition, antibacterial activity has been evidenced by extracts from species of the genus *Psidium*. Thus, the present study aims to evaluate the antioxidant potential and antibacterial activity of *Psidium brownianum* Mart pulp extract. ex DC .. The total phenolic compounds were quantified by using the Folin - Ciocalteu reagent. The antioxidant potential of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. was determined by the photocolometric method *in vitro* by sequestering the stable free radical DPPH. To evaluate the antibacterial capacity of the extract, it was used the broth microdilution method. The total phenolic compounds found in the extract represent the value of 1211 mg GAE / 100 g of the sample. The extract of *Psidium brownianum* Mart. ex DC. Presented a high antioxidant potential, probably due to its high content of phenolic compounds. The species also evidenced inhibitory activity against all tested bacterial strains. According to this, it is possible to infer that the pulp of *Psidium brownianum* Mart. ex DC., comes out to be a rich source of total phenolic compounds and antioxidant potential, so ingesting it is important. As for antibacterial activity, further studies are needed involving possible associations of this extract with other substances, as a way to enhance its use.

Keywords: Araçá; Phenolic compounds; Inhibitory activity; Bacterial strains.

1. Introdução

Espécies do gênero *Psidium* tem evidenciado importante potencial com características de interesses nutricionais, a exemplo da riqueza em vitaminas e em substâncias antioxidantes (Franzon, Campos, Proença, & Sousa-Silva, 2009), além do seu emprego para exploração não somente pelo aproveitamento alimentar, com consumo de frutos *in natura* e na fabricação de doces, sucos e geleias, mas também para a utilização de espécies na medicina (Campos, 2010) e possibilidades de uso na recuperação de áreas degradadas (Brandão, Laca-Buendía, & Macedo, 2002).

Dentre as espécies desse gênero, *Psidium brownianum* Mart. ex DC., também conhecido como araçá-de-veado, tem mostrado propriedades importantes como atividade antiparasitária contra as linhagens parasitárias *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis* e

L. infantum (Souza et al., 2017), evidências farmacológicas no tratamento da dor (Sampaio et al., 2020), e seu uso etnobotânico foi verificado para fins alimentares (fruta) e medicinais (brotos), por exemplo, para o tratamento da gripe (Jesus, 2012).

Psidium brownianum Mart. ex DC. é designado como sendo, arbustos ou árvores, atingindo de 0,5 – 8 m. A planta apresenta flores trímeras, tetrâmeras ou pentâmeras e ovários biloculares, além de possuir geralmente 12 sementes, com ocorrências confirmadas no Nordeste (Alagoas, Bahia, Pernambuco) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro), é ainda nativa e endêmica do Brasil (Sobral, Proença, Souza, Mazine, & Lucas, 2015; Oliveira, 2013; Stadnik, Oliveira, & Roque, 2018), muitas vezes pode ser encontrada em áreas em regeneração. Tem registro de ocorrência também na Floresta Nacional do Araripe – Ceará (Braga, 2016).

Segundo estudos de Morais-Braga et al. (2015), *Psidium brownianum*, é rico em compostos fenólicos. Os benefícios gerados a saúde, concedidos aos alimentos que são ricos em compostos fenólicos, maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, e outros antioxidantes naturais, têm tornado grande a procura por novas espécies que possuam, além dessa propriedade, uma atividade biológica complementar relevante, como proteção a doenças crônicas ou degenerativas (Teixeira, 2015).

Ainda, extratos de espécies do gênero *Psidium* tem evidenciado atividade antibacteriana contra diversos micro-organismos, como *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis* (Alvarenga, Mota, Royo, Laurentiz, & Menezes, 2016), *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* (Bittencourt, 2018; Melo, 2019) e *Escherichia coli* (Melo, 2019).

Diversas pesquisas ainda são necessárias para verificar o potencial da espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., dado que o número de trabalhos efetuados com a planta ainda é escasso, e em sua maioria demonstram que ela localiza-se nesta região. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial antioxidante e a atividade antibacteriana do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC..

2. Metodologia

O presente estudo faz uso de uma metodologia que pode ser caracterizada como uma pesquisa laboratorial e de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018).

2.1 Local de coleta

Para preparação das exsicatas, ramos de *Psidium brownianum* medindo aproximadamente 20 cm foram coletados na Floresta Nacional do Araripe – Crato (Ceará) (latitude: 07°17.336' S e longitude: 39°32.291' O, 934 m de altitude). As amostras dos frutos para preparação das polpas foram coletadas na Fazenda Barreiro Grande, município do Crato, Chapada do Araripe, estado do Ceará, Nordeste do Brasil. A Floresta Nacional do Araripe tem uma área de aproximadamente 39.000 ha, de ecossistema caatinga e localização nos municípios de Barbalha, Crato, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri, pertencentes à região semiárida do Ceará (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará [IPECE], 2017).

Todo material somente foi coletado após autorização prévia do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, com número 67205 (ANEXO A).

2.2 Material botânico

Exsicatas foram produzidas e incorporadas no Herbário Caririense Dárdano de Andrade Lima da Universidade Regional do Cariri sob o número 13. 910, onde a espécie foi identificada como *Psidium brownianum* Mart. ex DC.. A coleta dos ramos para preparação das exsicatas foi realizada no final do mês de janeiro de 2019, durante o período da manhã. Os frutos para preparação das polpas foram coletados durante os meses de maio e junho do mesmo ano, também no turno matutino, em estado de maturação, observado visualmente através da coloração. As amostras dos frutos foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Cariri e armazenados em congelamento até o momento do processamento das polpas.

Para a obtenção das polpas, selecionaram-se os frutos em estado de maturação, retirando aqueles que se apresentavam deteriorados, em seguida, lavados e despulpados manualmente. Após, o material foi embalado em sacos plásticos e congelado até o momento das análises.

2.3 Preparação do extrato

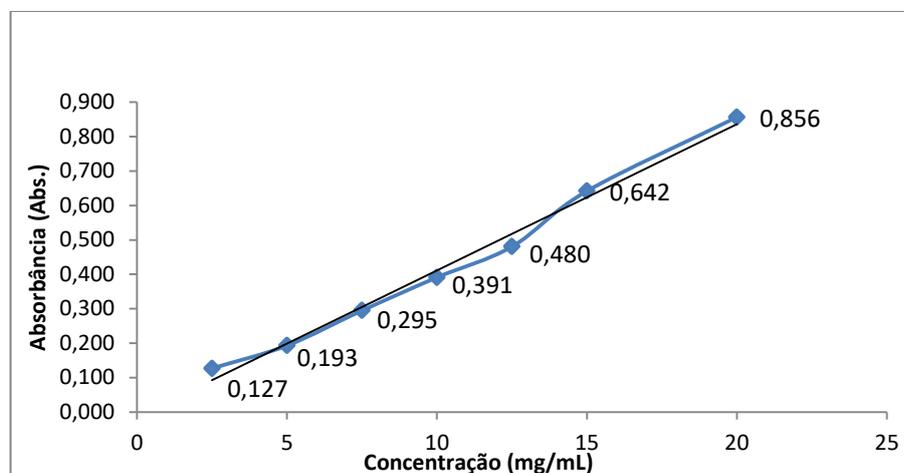
O extrato de polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foi obtido utilizando álcool etílico P.A. (95 %). Para a preparação do extrato foram utilizados 10 g de polpa da fruta e 20 mL do solvente. A mistura foi homogeneizada durante 1 hora usando frasco Erlenmeyer em

banho ultrassônico (Ultrasonic Cleaner modelo PS – 20) a uma frequência de 40 KHz e temperatura de 40 °C. O sobrenadante foi utilizado nas análises.

2.4 Fenóis totais

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foi utilizado o reagente de Folin - Ciocalteu conforme método de Slinkard e Singleton (1977) com modificações, usando o ácido gálico como composto fenólico padrão, nas concentrações de 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; e 20 µg/mL, para construir uma curva de calibração (Figura 1). Foram preparadas soluções em etanol (1,0 mg/mL e 5,0 mg/mL) do extrato da amostra. Para o ensaio, foram colocados em eppendorfs de 1,5 mL, 100 µL de volume de solução do extrato da amostra (Concentração final da amostra 100,0 µg/mL), 820 µL de água destilada e 20 µL do reagente de Folin – Ciocalteu e agitados durante 1 min. Em seguida foi adicionado 60 µL de uma solução de carbonato de sódio a 15 %. Após a adição do carbonato de sódio, os tubos foram agitados por 30 segundos, permanecendo, em seguida, a mistura em repouso por 2 horas, protegida da luz. Terminado o período de reação, 200 µL da mistura foi transferida para placas de 96 poços e a absorbância foi medida a 760 nm. Todas as determinações foram realizadas em triplicata. A equação da curva de calibração do padrão ácido gálico foi: $y = 0,0425x - 0,0138$, com o coeficiente de correlação de $R^2 = 0,9904$, onde x é a concentração de ácido gálico e y é a absorbância a 760 nm. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (GAE) por 100 g da amostra.

Figura 1. Curva de Calibração do Ácido Gálico



Fonte: Dados da Pesquisa.

2.5 Potencial antioxidante pelo método do radical DPPH

O potencial antioxidante do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foi determinado pelo método fotolorimétrico *in vitro* por sequestro do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazila) (Mensor et al., 2001).

Em eppendorfs de 1,5 mL adicionaram-se 450 µL da solução de DPPH em 50 µL de soluções do extrato nas concentrações de 5; 1; 0,5 e 0,1 µg/mL. A mistura ficou sob agitação em aparelho ultrassônico durante 30 minutos, protegida da luz. Em seguida 200 µL foram transferidos para placa de 96 poços e a absorbância foi detectada em espectrofotômetro Elisa UV-Vis a 517 nm. Todas as determinações foram realizadas em triplicata. A solução de DPPH possui uma coloração roxa intensa, o potencial antioxidante de uma amostra pode ser visualizado pelo progressivo descoloramento da solução de DPPH, após o tempo de reação ao abrigo da luz. Como branco utilizou-se álcool etílico P.A. (95 %). Como controle negativo utilizou-se a mistura de 450 µL da solução de DPPH com 50 µL de álcool etílico e como controle positivo utilizou-se o ácido ascórbico nas concentrações de 1; 2; 3 e 4 µg/mL (50 µL) com 450 µL da solução de DPPH.

A amostra do presente estudo teve sua CE_{50} determinada, ou seja, a concentração do antioxidante necessária para reduzir em 50 % o radical DPPH inicial da reação. Os resultados da CE_{50} , definida como Concentração Efetiva, foram expressos em µg/mL. A CE_{50} representa uma das maneiras muito utilizada para expressar o potencial antioxidante de uma amostra usando o método do DPPH.

2.6 Atividade antibacteriana

2.6.1 Preparo das cepas bacterianas

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas quatro cepas ambientais, sendo duas de *Escherichia coli* e duas de *Klebsiella pneumoniae*. Estas cepas foram isoladas uma de cada espécie, de amostras de água da Lagoa das Timbaúbas e do Rio Salgado, localizados na cidade de Juazeiro do Norte - CE. Além dessas, foi feito uso também das cepas padrão de *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhi* ATCC 14028 e *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. As linhagens padrão (ATCC) foram obtidas do Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Cariri.

As linhagens bacterianas foram cultivadas em placas contendo Brain Heart Infusion (BHI) ágar e incubadas por um período de 18 - 24 horas a 35 °C. Transcorrido esse período,

procedeu-se à padronização do inóculo, no qual uma fração das colônias foram suspensas em solução salina estéril, a fim de obter uma suspensão com turvação correspondente ao padrão 0,5 da escala McFarland, equivalente a uma concentração de aproximadamente 1×10^8 unidades formadoras de colônia por mL (UFC/mL). Em seguida essa suspensão foi diluída até 1×10^6 UFC/mL em caldo BHI a 10 %, e volumes de 100 μ L foram então homogeneizados em placa de microdiluição com 96 poços, acrescido de diferentes concentrações do extrato, resultando num inóculo final de 1×10^5 UFC/mL.

2.6.2 Preparo das amostras

A solução de extrato etanólico (álcool etílico P.A. (95 %)) de polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. foi preparada de forma a obter uma concentração correspondendo a 4096 μ g/mL, esta se apresentava quatro vezes mais concentrada em relação ao valor desejado para o primeiro poço (1024 μ g/mL), uma vez que a junção da solução com o caldo Brain Heart Infusion (BHI) a 10 % resulta no decaimento de 50 % da concentração inicial, e o acréscimo do inóculo bacteriano implica no declínio de 50 % dessa concentração anterior.

A droga antimicrobiana utilizada como controle positivo foi o meropenem, o qual é recomendado para tratar infecções, inclusive por *Klebsiella pneumoniae* (Wu, Huang, Jia, Liu, & Wan, 2020). O meropenem tem um espectro de atividade alargado, com indicação no tratamento da maior parte das infecções provocadas por bactérias gram-positivas e gram-negativas (Sousa, Oliveira, Lima, Gurgel, & Farias, 2016). A droga foi testada, frente à forma planctônica, nas concentrações de 1024 a 1 μ g/mL.

2.6.3 Avaliação antibacteriana e determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM)

A avaliação da atividade antibacteriana do extrato de polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. e da droga selecionada foi realizada conforme indicado pela norma M7-A6 com modificações, fornecida pelo Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI/NCCLS (NCCLS, 2003).

As placas de microdiluição inicialmente tiveram seus 96 poços preenchidos por 100 μ L do caldo BHI a 10 %. Após esse procedimento, os poços relativos a primeira coluna receberam 100 μ L da solução do extrato. Por meio de uma micropipeta monocanal, foram feitas diluições seriadas a partir da concentração inicial. Tais diluições resultaram no decaimento sucessivo de 50 % da concentração em relação ao poço anterior. Os testes foram realizados em triplicata. Como controle positivo do teste foi utilizado 100 μ L de BHI a 10 %

acrescido de 100 μ L do inóculo bacteriano. E como controle negativo foi utilizado 100 μ L de BHI adicionado de 100 μ L do extrato.

As placas foram incubadas a 35 ± 2 °C durante 24 horas (Javadpour et al., 1996). Por meio de interpretação visual, a leitura e determinação da concentração inibitória mínima (CIM) deram-se considerando a menor concentração do produto em teste capaz de inibir o crescimento do micro-organismo. A concentração inibitória mínima (CIM) foi definida como a menor concentração onde não houve crescimento bacteriano. Como revelador, foi adicionado em cada poço, 25 μ L de resazurina sódica preparada em água destilada estéril na concentração de 0,01 %, por um período de uma hora em temperatura ambiente

A resazurina facilita examinar a presença do crescimento microbiano, podendo ser detectado por meio da interpretação visual, visto que a cor vermelha indica crescimento bacteriano e a cor azul inibição do crescimento (Figura 2). Dessa forma foi determinada a menor concentração do extrato capaz de inibir o crescimento bacteriano.

Figura 2. Poços de placa de microdiluição com revelador resazurina



Fonte: Dados da pesquisa.

3. Resultados e Discussão

3.1 Compostos fenólicos totais e potencial antioxidante

No presente estudo, verificou-se que o teor de compostos fenólicos totais encontrados no extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (Tabela 1), foi maior que os obtidos por

Teixeira (2015) para os frutos de araçazeiro (*P. cattleianum* Sabine) de coloração vermelha (genótipos AR9, AR19 e AR29) e amarela (genótipos AR27, AR46 e AR72), o qual verificou um teor total de compostos fenólicos variando de 606,67 (AR9) a 689,67 mg GAE.100 g⁻¹ fruto (AR29). Cunha (2014) também obteve valores inferiores ao desse estudo para o extrato de araçá-morango (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*), cujo teor encontrado foi de 463,75 ± 23,68 mg GAE /100 g de amostra. Os resultados alcançados por Melo (2019) para frutos de araçá vermelho, também foram menores que o desse trabalho.

O conteúdo desses compostos em alimentos pode variar conforme fatores como genética da planta, forma de cultivo, composição do solo, maturidade do fruto, entre outros (Faller & Fialho, 2009).

Tabela 1. Teor de fenóis totais e potencial antioxidante do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC.

Fenóis totais (mg GAE/100 g da amostra)	CE ₅₀ (µg/mL) DPPH
1211	7,769 ± 1,14

Fonte: Dados da pesquisa. CE₅₀: Concentração efetiva

De acordo com classificação apontada por Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008) para o conteúdo fenólico, é possível afirmar que o araçá em estudo possui quantidades elevadas de compostos fenólicos totais, sendo assim, sua ingestão contribui para manutenção de um organismo saudável, e, portanto, é importante estimular a população a conhecer melhor e consumir essa fruta ou produtos obtidos a partir dela.

A Tabela 1 também apresenta o potencial antioxidante do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., determinado pelo ensaio DPPH. O ensaio utilizando DPPH avalia a capacidade sequestrante de radicais livres da amostra analisada (Sobral- Souza et al., 2014). Quando uma solução de DPPH é misturada a um substrato que age como um doador de hidrogênio, uma forma não radicalar estável do DPPH é obtida com uma simultânea mudança de coloração do violeta para o amarelo (Szabo et al., 2007 como citado em Caldas, 2011).

Os resultados foram expressos em CE₅₀ (µg/mL) que corresponde à quantidade de extrato necessário para reduzir o radical DPPH em 50 %, portanto quanto menor o valor da CE₅₀ melhor é a capacidade antioxidante do extrato (Possa, 2016).

Na análise dos resultados, é possível inferir que o extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou potencial antioxidante maior quando comparado com outras espécies de araçá. Em estudos de Possa (2016), para o extrato de araçá amarelo e araçá vermelho foi obtido CE_{50} de 393,60 e 363,24 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Valores de EC_{50} (51,01 $\mu\text{g/mL}$ e 56,98 $\mu\text{g/mL}$) das amostras de óleo das sementes de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e amarelo (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*) (Mayer, 2015), também revelaram menor potencial antioxidante do que o desse estudo. Ressaltando que, teoricamente, quando o EC_{50} mais se aproxima de zero, melhor o desempenho como antioxidante da amostra analisada (Mayer, 2015). Dessa forma o extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou um potencial antioxidante bastante eficaz.

A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC. também expressou maior potencial antioxidante do que frutas como caju e goiaba (Vieira, Sousa, Mancini-Filho, & Lima, 2011), que são popularmente mais conhecidas e consumidas na região do Cariri.

O alto potencial antioxidante do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. pode ser atribuído ao seu elevado teor de compostos fenólicos. De acordo com Silva, Muniz, Nunomura, Nunomura e Zilse (2013), a presença de compostos fenólicos é considerada responsável pela atividade antioxidante e estatisticamente os valores da CE_{50} estão relacionados com substâncias fenólicas totais presentes nas amostras. Em trabalho de Caldas (2018), os resultados obtidos mostraram que quanto maior o teor de fenólicos totais, menor é a CE_{50} nos ensaios de DPPH e ABTS, ou seja, maior é a capacidade sequestradora de radicais.

Diversos estudos relatam a correlação entre a presença de compostos fenólicos e a atividade antioxidante dos extratos (Santos & Caldas, 2019; Canuto, Xavier, Neves, & Benassi, 2010; Fetter, Vizzotto, Corbelini, & Gonzalez, 2010; Sobral-Souza et al., 2014; Vanin, 2015; Moraes, Ferreira, Souza, & Moreira, 2020).

A capacidade antioxidante dos compostos fenólicos está associada à presença de seus grupamentos hidroxila, esses são capazes de doar íons H^+ para os radicais livres (Melo, 2019), o hidrogênio da hidroxila se combina ao radical livre presente no organismo ou no alimento e inativa-o (Mayer, 2015). Os compostos fenólicos também atuam quelando metais de transição, como o Fe^{2+} e o Cu^+ , e interrompendo a reação de propagação dos radicais livres na oxidação lipídica (Sucupira, Silva, Pereira, & Costa, 2012).

A determinação de compostos fenólicos totais de frutos se faz importante, uma vez que a presença desses compostos revela informações a cerca da capacidade antioxidante desses alimentos, como apresentado em estudos citados nesse trabalho, assim sua determinação se torna importante dado os benefícios proporcionados à saúde.

3.2 Atividade antibacteriana

Extratos de plantas estão incluídos entre os antimicrobianos naturais mais estudados (Melo, 2019). Em trabalho de Alvarenga e colaboradores (2016), extrato bruto hidroalcoólico da folha de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) foi capaz de inibir o crescimento de *Streptococcus mutans* e *Streptococcus oralis*. Extratos de *Psidium grandifolium* Mart. ex DC. apresentaram atividade contra cepas de *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus* (Bittencourt, 2018).

Para avaliar a capacidade *in vitro* antimicrobiana de um extrato, variados métodos de laboratório podem ser usados. Nesse estudo foi optado pelo método de microdiluição em caldo dado a sua boa reprodutibilidade (Balouiri, Sadiki, & Ibsouda, 2016).

Os resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. estão expressos na Tabela 2. A CIM é a menor concentração do agente antimicrobiano que inibe completamente o crescimento visível do micro-organismo testado (Balouiri et al., 2016).

Tabela 2. Atividade antibacteriana expressa como CIM ($\mu\text{g/mL}$) do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. e da droga meropenem (Controle positivo)

Micro-organismos	CIM ($\mu\text{g/mL}$) Extrato – Amostra	CIM ($\mu\text{g/mL}$) Meropenem – Controle positivo
Ec PT	512	< 1
Ec RS	512	< 1
Kb PT	256	< 1
Kb RS	256	< 1
Ec ATCC 25922	512	8
St ATCC 14028	128	< 1
Sa ATCC 6538	128	< 1

Fonte: Dados da pesquisa. *Escherichia coli* da Lagoa do Parque das Timbaúbas (Ec PT), *Escherichia coli* do Rio Salgado (Ec RS), *Klebsiella pneumoniae* da Lagoa do Parque das Timbaúbas (Kb PT), *Klebsiella pneumoniae* do Rio Salgado (Kb RS), *Escherichia coli* ATCC 25922 (Ec ATCC 25922), *Salmonella typhi* ATCC 14028 (St ATCC 14028), *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (Sa ATCC 6538). Controle positivo: meropenem.

Os valores da CIM expressam que o extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., demonstrou atividade antibacteriana significativa principalmente contra *Salmonella typhi* ATCC 14028, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Klebsiella pneumoniae*.

Corroborando com a afirmação, critérios estabelecidos por Holetz, Pessini, Sanches e Cortez (2002), asseguram que o extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou atividade inibitória contra todas as cepas testadas, e ainda, essa atividade se expressa como moderada contra maioria das cepas bacterianas. Para o autor e colaboradores, extratos de plantas com CIM menores que 100 µg/mL, apresentam uma boa atividade antimicrobiana; entre 100 e 500 µg/mL apresentam moderada atividade, enquanto que entre 500 e 1000 µg/mL ela é expressa como fraca, sendo que acima de 1000 µg/mL, extrato é considerado inativo.

Em trabalho de Morais-Braga e colaboradores (2016), extrato de *P. brownianum* apresentou atividade inibitória contra *Staphylococcus aureus*, com valor de CIM maior que os nossos resultados de 512 µg/mL. Ainda no mesmo estudo, a espécie apresentou ação sinérgica significativa em combinação com antibióticos contra todas as bactérias testadas.

Em estudo de Melo (2019) extrato de araçá vermelho (*Psidium cattelanum* Sabine), também apresentou atividade inibitória frente às cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Bacillus cereus* (ATCC 11778).

Os polifenóis, encontrados em folhas e frutos nativos, podem ter relação direta com a atividade antimicrobiana presente no araçá (Pereira et al., 2017). Os compostos fenólicos podem reagir com a membrana celular e inativar enzimas essenciais e / ou enzimas que formam complexos com íons metálicos, limitando sua disponibilidade ao metabolismo microbiano (Medina et al., 2011).

Braga (2016) apontou que os compostos fenólicos presentes em extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., foram influentes no potencial antifúngico observado. Para a autora, os extratos avaliados só começaram a mostrar alguma atividade antifúngica quando a concentração de compostos fenólicos no extrato aumentou gradualmente.

Dessa forma a atividade antibacteriana do extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC., pode ter alguma relação com os compostos fenólicos totais presentes no extrato, uma vez que o teor desses fenóis totais se mostrou bem elevado na amostra.

Não foi observada distinção da inibição do crescimento microbiano pelo extrato de araçá em relação às cepas Gram (+) e Gram (-), mesmo a literatura reportando que as bactérias Gram (-) sejam mais resistentes às substâncias antibióticas de origem vegetal do que

as bactérias Gram (+), devido, teoricamente, à maior complexidade da parede celular (Bittencourt, 2018).

O meropenem foi utilizado como controle positivo e apresentou efeito inibitório contra todas as cepas testadas. O meropenem é um agente antimicrobiano ativo e eficaz, utilizado como importante recurso terapêutico para o tratamento de infecções graves. É grande o número de trabalhos publicados relatando a atividade antibacteriana e a eficácia clínica deste antibiótico (Mendez, 2007).

Os resultados da CIM do meropenem, o qual foi utilizado como controle positivo, estão expressos na tabela 2. O controle positivo minimiza possíveis erros técnicos, usado para saber se o teste está funcionando, se a cepa está viável ou não.

4. Considerações Finais

A espécie *Psidium brownianum* Mart. ex DC., mostra-se uma fonte rica em compostos fenólicos totais e potencial antioxidante, sendo assim sua ingestão se faz importante, uma vez que dada as suas potencialidades, pode contribuir para manutenção de um organismo saudável, e, portanto, é importante estimular a população a conhecer melhor e consumir essa fruta ou produtos obtidos a partir dela.

Foi possível perceber também uma relação entre o teor de compostos fenólicos totais e o potencial antioxidante. Essa característica se mostra importante, uma vez que quanto maior o teor de compostos fenólicos na fruta, maior a capacidade antioxidante e, portanto, maior a proteção para o organismo quando frutas como essas são ingeridas.

Os resultados deste trabalho revelam ainda que o extrato de *Psidium brownianum* Mart. ex DC. apresentou efeito inibitório contra todos os micro-organismos testados, porém seu grande potencial para aplicação farmacológica e alimentícia ainda não podem ser confirmadas nesse estudo, dado que sua atividade antimicrobiana se expressa como moderada frente as cepas bacterianas. Dessa forma como sugestões de trabalhos futuros, mais estudos são necessários envolvendo possíveis associações desse extrato com outras substâncias, como forma de potencializar seu uso. E ainda, quanto ao potencial antioxidante, outras técnicas de avaliação são interessantes que sejam aplicadas nos testes.

Referências

Alvarenga, FQ, Mota, BCF, Royo, VA, Laurentiz, RS & Menezes, EV. (2016). Atividade antimicrobiana in vitro das folhas de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) contra micro-organismos da mucosa oral. *Revista de Odontologia da UNESP*, 45(3), 149-153.

Balouiri, M, Sadiki, M & Ibsouda, SK. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79.

Bittencourt, GM. (2018). *Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de araçá (Psidium grandifolium Mart. ex DC.) obtidos por líquido pressurizado (PLE) e por fluido supercrítico (SFE)* (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil.

Braga, MFBM. (2016). *Composição química e avaliação da atividade antifúngica de extratos de Psidium guajava L. (goiabeira) e Psidium brownianum Mart. ex DC. (araçá de veado) sobre espécies de Candida* (Tese de doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

Brandão, M, Laca-Buendía, JP & Macedo, JF. (2002). *Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: EPAMIG.

Caldas, FRL. (2011). *Avaliação das atividades antimicrobiana e antioxidante de óleos essenciais de folhas e inflorescências de Ocimum gratissimum L. (Lamiaceae)* (Dissertação de mestrado). Universidade Regional do Cariri, Crato, CE, Brasil.

Caldas, FRL. (2018). *Composição química e avaliação das atividades antimicrobiana e anti-inflamatória de polens apícolas coletados no litoral sul da Bahia* (Tese de doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Campos, LZO. (2010). *Etnobotânica do gênero Psidium L. (Myrtaceae) no Cerrado brasileiro* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Canuto, GAB, Xavier, AAO, Neves, LC & Benassi, MT. (2010). Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4).

Cunha, DC. (2014). *Avaliação de fitoquímicos e das atividades antioxidante celular e antiproliferativa do suco de araçá-una (Psidium eugeniaefolia) e araçá morango (Psidium cattleianum var. lucidum)* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil.

Faller, ALK & Fialho, E. (2009). Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 43(2), 211-218.

Fetter, MR, Vizzotto, M, Corbelini, DD & Gonzalez, TN. (2010). Propriedades funcionais de araçá-amarelo, araçá- vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e araçá-pera (*P. acutangulum* D.C.) cultivados em Pelotas/RS. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15, 92-95.

Franzon, RC, Campos, LZO, Proença, CEB & Sousa-Silva, JC. (2009). *Araçás do gênero Psidium: principais espécies, ocorrências, descrição e usos*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Documentos 266).

Holetz, FB, Pessini, GL, Sanches, NR & Cortez, DA. (2002). Screening of some plants used in the Brazilian folk medicine for the treatment of infectious diseases. *Memórias Instituto Oswaldo Cruz*, 97(7), 1027-1031.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE. (2017). Anuário Estatístico do Ceará. Acesso em: 30 agosto 2019. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2017/territorio/index.htm>.

Javadpour, MM, Juban, MM, Lo, WC, Bishop, SM, Alberty, JB, Cowell, SM, Becker, CL & McLaughlin, ML. (1996). New antimicrobial peptides with low mammalian cell toxicity. *Journal of Medicinal Chemistry*, 39(16), 3107-3113.

Jesus, MCF. (2012). *Levantamento das espécies de restinga utilizadas nas comunidades de Pontal do Ipiranga e Degredo, Linhares, ES* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, Brasil.

Mayer, R. (2015). *Caracterização físico química das sementes de araçá e potencial antioxidante do óleo das sementes em óleo de girassol induzido à oxidação* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

Medina, LA, Haas, LIR, Chaves, FC, Salvador, M, Zambiasi, RC, Silva, WP, Nora, L & Rombaldi, CV. (2011). Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. *Food Chemistry*, 128(4), 916-922.

Melo, DW. (2019). *Propriedades físico-químicas e características histoquímicas do araçá vermelho (Psidium catteyanum Sabine)* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Mendez, ASL. (2007). *Estudo de estabilidade do antibiótico meropenem* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Mensor, LL, Menezes, FS, Leitão, GG, Reis, AS, dos Santos, TC, Coube, CS & Leitão, SG. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2), 127-130.

Moraes, TV, Ferreira, JPG, Souza, MRA & Moreira, RFA. (2020). Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos do chá do caule da *Pereskia aculeata* Miller fresco e armazenado sob congelamento. *Research, Society and Development*, 9(5), 1-10.

Morais-Braga, MFB, Machado, AJT, Carneiro, JNP, Santos, ATL, Sales, DL, Freitas, MA ... Coutinho, HDM. (2015). *Psidium brownianum* Mart. ex DC.: composição fenólica e inibição de virulência fúngica. In *X Simpósio Brasileiro de Farmacognosia. V Simpósio de Plantas Mediciniais do Vale do São Francisco*, Juazeiro, BA, Brasil.

Morais-Braga, MFB, Sales, DL, Silva, FS, Chaves, TP, Bitu, VCN, Avilez, WMT, Ribeiro-Filho, J & Coutinho, HDM. (2016). *Psidium guajava* L. and *Psidium brownianum* Mart. ex. DC. potentiate the effect of antibiotics against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *European Journal of Integrative Medicine*, 8, 683-687.

National Committee for Clinical Laboratory Standards - NCCLS. (2003). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard - Sixth Edition. NCCLS document M7-A6. NCCLS, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania - USA.

Oliveira, AG. (2013). *Diversidade de Myrtaceae das restingas de Conceição da Barra e São Mateus, Espírito Santo, Brasil* (Dissertação de mestrado). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Pereira, AS et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 19 maio 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pereira, ES, Ribeiro, JA, Raphaelli, CO, Camargo, TM, Araújo, VF, Franzon, R & Vizzotto, M. (2017). Compostos bioativos e potencial antioxidante de genótipos de araçá avaliados em dois ciclos produtivos. *Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp*, 982-993.

Possa, J. (2016). *Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de araçás (Psidium Cattleianum Sabine) morfotipo amarelo e vermelho cultivados no Rio Grande do Sul* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Sampaio, RS et al. (2020). Antinociceptive activity of the *Psidium brownianum* Mart ex DC. leaf essential oil in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 135.

Santos, AJ & Caldas, FRL. (2019). Avaliação do Potencial Antioxidante de Geoprópolis Coletadas na Região de Canavieiras da Bahia. In *IV Seminário de Iniciação Científica– IFCE*, Juazeiro do Norte, CE, Brasil.

Silva, ECC, Muniz, MP, Nunomura, RCS, Nunomura, SM & Zilse, GAC. (2013). Constituintes Fenólicos e Atividade Antioxidante da Geoprópolis de Duas Espécies de Abelhas Sem Ferrão Amazônicas. *Química Nova*, 36(5), 628-633.

Slinkard, K, & Singleton, VL. (1977). Total phenol analyzes: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49-55.

Sobral, M, Proença, C, Souza, M, Mazine, F & Lucas, E. (2015). Myrtaceae in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Acesso em: 07 julho 2019. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>.

Sobral-Souza, CE, Leite, NF, Cunha, FAB, Pinho, AI, Costa, JGM & Coutinho, HDM. (2014). Avaliação da atividade antioxidante e citoprotetora dos extratos de *Eugenia uniflora* Lineau e *Psidium sobleleanum* Proença & Landrum contra metais pesados. *Revista Ciencias de la Salud*, 12(3), 401-409.

Sousa, DCP, Oliveira, AL, Lima, HSM, Gurgel, TL & Farias, AA. (2016). Estudo da utilização do meropenem no hospital universitário Alcides Carneiro - HUAC. In *Anais do Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde*, Campina Grande, PB, Brasil, 1.

Souza, CES, Silva, ARP, Gomez, MCV, Rolóm, M, Coronel, C, Costa, JGM, Sousa, AK, Rolim, LA, Souza, FHS & Coutinho, HDM. (2017). Anti-Trypanosoma, anti-Leishmania and cytotoxic activities of natural products from *Psidium brownianum* Mart. ex DC. and *Psidium guajava* var. *Pomifera* analysed by LC-MS. *Acta Tropica*, 176, 380-384.

Stadnik, A, Oliveira, MIU & Roque, N. (2018). Myrtaceae na Serra Geral de Licínio de Almeida, Bahia, Brasil. *Rodriguésia*, 69(2).

Sucupira, NR, Silva, AB, Pereira, G & Costa, JN. (2012). Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. *UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde*, 14(4), 263-269.

Teixeira, AM. (2015). *Estudo fitoquímico de genótipos de araçá (Psidium cattleianum) em seis safras (2008 a 2013)* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Vanin, CR. (2015). *Araçá amarelo: atividade antioxidante, composição nutricional e aplicação em barra de cereais* (Dissertação de mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil.

Vasco, C, Ruales, J & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816-823.

Vieira, LM, Sousa, MSB, Mancini-Filho, J & Lima, A. (2011). Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 888-897.

Wu, D, Huang, XT, Jia, C, Liu, J & Wan, Q. (2020). Clinical Manifestation, Distribution, and Drug Resistance of Pathogens Among Abdominal Solid Organ Transplant Recipients With *Klebsiella pneumoniae* Infections. *Transplantation Proceedings*, 52(1), 289-294.

PERSPECTIVAS

Uma vez que o número de trabalhos efetuados com a espécie de araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC. ainda é escasso, porém sua atividade tem se mostrado eficiente em testes realizados com variadas finalidades, é possível inferir que a espécie apresenta ainda grande potencial a ser explorado.

Dessa forma, como perspectivas de trabalhos futuros, consideramos importante a realização de outras análises de caracterização como determinação dos teores de carboidratos, proteínas, lipídios e fibras, que visam oferecer maiores informações nutricionais dessa espécie de araçá.

Quanto à atividade antimicrobiana, mais estudos são necessários envolvendo possíveis associações do extrato dessa planta com outras substâncias, como forma de potencializar seu uso. E ainda, em relação ao potencial antioxidante, outras técnicas de avaliação são interessantes que sejam aplicadas nos testes.

ANEXOS

ANEXO A – Autorização SISBIO



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 67205-4	Data da Emissão: 19/06/2020 20:27:02	Data da Revalidação*: 01/12/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cícera Josevânia Daniel Cordeiro	CPF: 018.206.823-40
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, POTENCIAL ANTIOXIDANTE, ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA DE POLPA DE ARAÇÁ (Psidium brownianum Mart. ex DC.)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI URCA	CNPJ: 06.740.864/0001-26

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Realização de coleta de ramos florados e/ou frutificados para identificação da espécie	02/2019	03/2019
2	Análise dos dados	05/2019	07/2019
3	Coleta de frutos	02/2019	04/2019
4	Organização dos resultados	08/2019	10/2019
5	Organização dos resultados do potencial antioxidante, atividade antimicrobiana e espectroscopia	01/2020	06/2020
6	Defesa do trabalho	07/2020	07/2020
7	Realização de testes de espectroscopia e encapsulamento	01/2020	04/2020

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	João Herminio da Silva	Pesquisador	113.950.953-53	Brasileira
2	Francisco Rodrigo de Lemos Caldas	Pesquisador	615.556.813-87	Brasileira
3	Thiago Miele Brito Ferreira Oliveira	Pesquisador	007.972.984-36	Brasileira
4	Maria Inês Rodrigues Machado	Pesquisador	711.189.420-00	Brasileira



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 67205-1	Data da Emissão: 09/01/2019 14:54:35	Data da Revalidação*: 09/01/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cícera Josevânia Daniel Cordeiro	CPF: 018.206.823-40
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI URCA	CNPJ: 06.740.864/0001-26



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 67205-2	Data da Emissão: 09/01/2020 07:53:52	Data da Revalidação*: 09/01/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cícera Josevânia Daniel Cordeiro	CPF: 018.206.823-40
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, POTENCIAL ANTIOXIDANTE, ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA DE POLPA DE ARAÇÁ (<i>Psidium brownianum</i> Mart. ex DC.)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI URCA	CNPJ: 06.740.864/0001-26

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Defesa do trabalho	07/2020	07/2020
2	Organização dos resultados do potencial antioxidante, atividade antimicrobiana e espectroscopia	01/2020	06/2020
3	Realização de testes de espectroscopia e encapsulamento	01/2020	04/2020
4	Realização de coleta de ramos florados e/ou frutificados para identificação da espécie	02/2019	03/2019
5	Análise dos dados	05/2019	07/2019
6	Coleta de frutos	02/2019	04/2019
7	Organização dos resultados	08/2019	10/2019

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	João Heminio da Silva	Pesquisador	113.950.953-53	Brasileira

ANEXO B – Comprovante de Aceito

[RSD] Carta de aceite Caixa de entrada x

Editores rsd.articles@gmail.com por thrymr.unifei.edu.br

para Maria, mim, Beatriz, Isadora, Francisco, João ▾

Saudações!

Temos a honra de informar que o trabalho intitulado "Avaliação das características físicas e físico-químicas de araçá *Psidium brownianum* Mart. ex DC. (Araçá-de-veado)." foi aceito para publicação na Revista Research, Society and Development - ISSN 2525-3409.

O trabalho é de autoria de:

Cícera Josevânia Daniel Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0146-6385>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: josevaniacordeiro2016@gmail.com

Maria Inês Rodrigues Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8016-6999>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: ines.machado@ufca.edu.br

Beatriz Cordeiro dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6052-2519>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: byasantos0204@gmail.com

Isadora Édua as Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3968-5639>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: isadoraedua99@gmail.com

Francisco Rodrigo de Lemos Caldas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5376-849X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: rodrigolemosifce@gmail.com

João Herminio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9518-3206>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: herminio@fisica.ufc.br

A publicação ocorrerá em uma das edições do Volume 9 da Revista. Publicaremos o artigo em no máximo 30 dias. Lembramos que qualquer

ANEXO C – Comprovante de Publicação

[RSD] Artigo publicado Caixa de entrada x



Research, Society and Development <rsd.articles@gmail.com>
para Cco:mim ▾

Saudações acadêmicas!

Seu artigo foi publicado no Volume 09, Número 07, do ano de 2020, da Revista Research, Society and Development ISSN 2525-3409, e encontra-se disponível em

<https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/issue/view/64/showToc>

Estamos em campanha para aumentar nossa participação no Publons. É importante que os autores e avaliadores endossem a revista. Para endossar a revista utilize o link a seguir:

<https://publons.com/journal/243454/research-society-and-development>

O sucesso da Research, Society and Development depende de você. Lembre sempre de citar e referenciar os artigos já publicados na revista relacionados de alguma forma ao assunto do seu trabalho. As citações contribuem para que a revista continue crescendo nas métricas científicas.

Mais uma vez agradecemos por sua contribuição.

Equipe Research, Society and Development - ISSN 2525-3409
WhatsApp +55 11 98679-6000

[RSD] Carta de aceite Caixa de entrada x



Editores rsd.articles@gmail.com por_thrymr.unifei.edu.br

para mim, Francisco, Maria, Alef, Thiago, João ▾

Saudações!

Temos a honra de informar que o trabalho intitulado "Avaliação do potencial antioxidante e da atividade antibacteriana do extrato da polpa de *Psidium brownianum* Mart. ex DC." foi aceito para publicação na Revista Research, Society and Development - ISSN 2525-3409.

O trabalho é de autoria de:

Cícera Josevânia Daniel Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0146-6385>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: josevaniacordeiro2016@gmail.com

Francisco Rodrigo de Lemos Caldas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5376-849X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: rodrigo.lemos@ifce.edu.br

Maria Inês Rodrigues Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8016-6999>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: ines.machado@ufca.edu.br

Alef Jakson Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7144-2592>

Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: alef3507@gmail.com

Thiago Mielle Brito Ferreira Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1858-8549>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: thiago.mielle@ufca.edu.br

João Hermínio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9518-3206>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: herminio.silva@ufca.edu.br

A publicação ocorrerá em uma das edições do Volume 9 da Revista. Publicaremos o artigo em no máximo 20 dias. Lembramos que qualquer alteração no artigo após a publicação custará R\$100,00 reais.

Dr. Ricardo Shitsuka

Editor