



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DO FRUTO DA MACAMBIRA (*Bromelia laciniosa* Mart. ex  
Schult. & Schult.f.).**

ENNYA CRISTINA PEREIRA DOS SANTOS DUARTE

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO DA MACAMBIRA (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Área: Nutrição e Saúde

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN/UFPI).

Colaborador: MSc. Marcos Antonio da Mota Araújo (FMS-Te/PI)

Teresina (PI), 2017

**Universidade Federal do Piauí**  
**Serviço de Processamento Técnico**  
**Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde**

D812c Duarte, Ennya Cristina Pereira dos Santos.  
Caracterização físico-química, compostos bioativos e atividade antioxidante do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.) / Ennya Cristina Pereira dos Santos Duarte. -- 2017.  
67 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2017.  
“Orientadora: Profa Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo.”  
Bibliografia

1. *Bromelia laciniosa*. 2. Características físicas. 3. Composição centesimal. I. Título. II. Teresina – Universidade Federal do Piauí.

CDD 612.3

ENNYA CRISTINA PEREIRA DOS SANTOS DUARTE

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO DA MACAMBIRA (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

**Banca Examinadora**

---

**Presidente:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/ PPGAN/UFPI-  
Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roseane Fett (DTAL/UFSC)

**1º Examinador**

---

Prof. Dr. Robson Alves da Silva (IFPI/PPGAN-UFPI)

**2º Examinador**

Teresina (PI), 2017

Às minhas três mães (Eva, Lucy Lady e Antonia) por terem me incentivado desde criança a buscar o conhecimento, sempre acreditando que eu poderia alcançá-lo e a meu esposo Raphael que se uniu a elas me proporcionando apoio incondicional durante essa busca.

*DEDICO*

*Com sabedoria se constrói a casa,  
e com discernimento se consolida. Pelo conhecimento  
os seus cômodos se enchem  
do que é precioso e agradável.*

*Provérbios 24:3-4*

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu amado DEUS que permitiu que eu realizasse os meus objetivos até aqui, que me presenteou com cada dia e cuidou para que no momento certo eu ingressa-se no Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, providenciado tudo conforme o desejo do meu coração.

À toda minha família, por me incentivarem e vibrarem a cada conquista minha. Agradeço em especial ao meu esposo Raphael Silveira Duarte que abraçou os meus objetivos

Às minhas filhas de quatro patas que me fizeram companhia durante longas tardes e noites de estudo que entraram pela madrugada, mesmo sem ter consciência me ajudavam dia após dia nessa minha jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Dra<sup>a</sup> Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo, por ter me acolhido como sua orientanda, ainda na iniciação científica durante a graduação, fato esse que foi de grande importância para que definisse quais passos eu gostaria de dar após formada. E por mais uma vez me acolher como sua orientanda no mestrado, me proporcionando grande aprendizado. Mais uma vez obrigada, a senhora tem a minha infinita admiração!

Ao Estatístico Marcos Antonio da Mota Araújo, pela disponibilidade, paciência e gentileza com que realizou a análise estatística dos dados desta pesquisa.

À todos que fazem parte do Labrombioq/Lasa que sempre foram solícitos e amigos em tudo que necessitei durante o período em que estive nestes laboratórios, em especial a Amanda Castro Serpa Brandão, Gleyson Moura dos Santos e Leonardo Negrão, por sempre estarem dispostos a me ouvir e me ajudar.

Aos colegas da turma do PPGAN (2015/2017) por todo o companheirismo e amizade.

À professora Msc. Martha Siqueira de Marques Melo, que sempre me incentivou e torceu por mim, e com a qual também pude aprender muito, tendo oportunidade de ser aluna na graduação, orientanda de TCC e colega de aula na Pós-graduação em Alimentos e Nutrição-PPGAN da Universidade Federal do Piauí, sendo a última uma experiência inesquecível!!!!.

À professora Dra<sup>a</sup> Gardene Maria de Sousa (Departamento de Biologia/UFPI) pela sua ajuda na identificação do material botânico (*Bromelia laciniosa*).

Aos funcionários do Departamento de Nutrição, em especial Carolina, Thiago, Gerciane, Sr. Osvaldo e Sr. Gilson, e Dona Maíza pela paciência, assistência e amizade que sempre me foi dada.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós- Graduação em Alimentos e Nutrição que desde a graduação e agora no mestrado, por muitos anos considerei minha segunda casa.

Aos amigos que acompanharam todas as minhas tentativas de ingressar no mestrado, em especial Rosana Rodrigues, Ana Helaise, Tatiana Leite, Teresinha Veloso e Maria da Cruz, o apoio de vocês em todas aquelas vezes em que vi meu sonho frustrado foi essencial. Enfim eu consegui!!!!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES,  
pela concessão da bolsa de estudos para a realização da pesquisa.

## RESUMO

DUARTE, E.C.P.S. **Caracterização Físico-Química, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante do Fruto da Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.).** 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

A macambira (*Bromelia laciniosa*) é uma bromélia da família Bromeliaceae, encontrada nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Devido à escassez de pesquisas a respeito do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*), objetivou-se avaliar o potencial de utilização desse fruto na alimentação humana, com a finalidade de caracterizá-lo quanto aos aspectos físico-químicos e conhecer o teor nutritivo e funcional. Foram realizadas análises para determinação de peso médio, comprimento, diâmetro e rendimento da polpa, pH, acidez total titulável, Sólidos Solúveis Totais (°Brix), composição centesimal, fibras alimentares, compostos bioativos (fenólicos totais, carotenóides totais, flavonóides totais, vitamina C), atividade antioxidante *in vitro*, além do valor energético total. Os dados foram submetidos à análise de variância, Teste de Tukey, Teste *t de Student*, e correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância. As médias referentes ao comprimento e diâmetro do fruto da macambira foram de 46,0 mm e 33,9 mm, respectivamente, o peso médio foi de 27,6 g e rendimento de polpa de 27,3 %. O pH da casca foi de 4,17, da polpa foi de 4,03, e de 5,97 para a semente. A acidez total no fruto da macambira foi de 1,67 e 1,1 g. 100 g de ac. cítrico para casca e polpa, respectivamente. A acidez total da semente foi expressa em ácido cítrico (0,18 g ac. cítrico.100 g). O teor de sólidos solúveis da polpa foi de 13,6, e a relação sólidos solúveis/ acidez total foi de 12,3. Em relação à composição centesimal do fruto foram obtidos os seguintes teores : umidade – casca (80,8%), polpa (88,2%) e semente (47,0%); Cinzas- casca (3,34%), polpa (1,5%) e semente (1,2%) proteínas- casca (<0,5 g/100g<sup>-1</sup>), polpa (<0,5 g/100g<sup>-1</sup>) e semente (0,6%); lipídios- casca (<0,5 g/100g<sup>-1</sup>), polpa (<0,5 g/100g<sup>-1</sup>) e (0,8%) semente; carboidratos casca (15,3%), polpa (9,7%) e semente (50,2%). Na casca e polpa da macambira foram verificados teores de fibras alimentares totais de 65,42% e 25,4%, respectivamente. O Valor Energético Total foi de 43,2 em kcal para a casca, 65,7 kcal para a polpa e de 211,2 kcal semente. O fruto apresentou teores de fenólicos para casca (258,7 mg. eq. ac.gálico/100 g), polpa (155,3 mg. eq. ac.gálico/100 g) e semente (93,5 mg. eq. ac.gálico/100 g), flavonóides na casca (183,8 mg. EQ/100 g), polpa (55,9 mg. EQ/100 g) e semente (20,2 mg. EQ/100 g), carotenóides na casca (835,9 mg.eq.ao betacaroteno/100 g), polpa (59,1 mg.eq.ao betacaroteno/100 g) e semente (56,3 mg.eq.ao betacaroteno/100 g) e vitamina C na casca (67,7 mg.eq.ac. L-ascórbico/100 g) e polpa (38,2 mg.eq.ac. L-ascórbico/100 g) . Referente à atividade antioxidante a casca apresentou 1.222,6 mg eq.ao trolox /100 g, a polpa 975,5 mg eq.ao trolox /100 g e a semente 590,4 mg eq.ao trolox /100 g. Assim concluiu-se que o fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*) é um alimento nutritivo, com baixo valor calórico, fonte de fibras alimentares, além de apresentar atividade antioxidante, e possuir teores de compostos bioativos como os fenólicos totais, flavonóides e carotenóides totais na polpa , casca e semente, e ainda sua casca e polpa serem fontes de vitamina C.

Palavras-chaves: *Bromelia laciniosa*; Características físicas; Composição Centesimal; Compostos bioativos; Antioxidante.

## ABSTRACT

DUARTE, E.C.P.S. **Physical-Chemical Characterization, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Macambira Fruit (*Bromelia laciniosa* Mart. Ex Schult. & Schult.f.)**.2017. MSc Dissertation- Graduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI.

Mamcambira (*Bromelia laciniosa* Mart. Ex Schult. & Schult.f.) Is a bromeliad of the Bromeliaceae family, found in the states of Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe and Bahia. Due to the lack of research on the fruit of the macambira (*Bromelia laciniosa*), the objective of this study was to evaluate the potential of the use of this fruit in human nutrition, with the purpose of characterizing it as regards the physical and chemical aspects and knowing the nutritive and functional content. Analyzes were performed for determination of mean weight, length, diameter and pulp yield, pH, total titratable acidity, total soluble solids (°Brix), centesimal composition, dietary fibers, bioactive compounds Total phenolics, total carotenoids, total flavonoids, vitamin C), antioxidant activity in vitro, as well as the total energy value . Data were submitted to analysis of variance, Tukey test, Student t test, and Pearson correlation, at the 5% level of significance. The average length and diameter of the macambira fruit were 46.0 mm and 33.9 mm, respectively, mean weight was 27.6 g and pulp yield was 27.3%. The pH of the peel was 4.17, the pulp was 4.03, and the pH was 5.97 for the seed. The total acidity in the macambira fruit was 1.67 and 1.1 g. 100 g ac. Citrus fruits for bark and pulp, respectively. The total acidity of the seed was expressed as citric acid (0.18 g citric acid, 100 g). The soluble solids content of the pulp was 13.6, and the soluble solids / total acidity ratio was 12.3. In relation to the centesimal composition of the fruit the following contents were obtained: moisture - bark (80.8%) pulp (88.2%) and seed (47.0%); (<0.5 g / 100g<sup>-1</sup>) pulp (<0.5 g / 100g<sup>-1</sup>) was observed in the control group ) And seed (0.6%); Lipid-shell (<0.5 g / 100g<sup>-1</sup>), pulp (<0.5 g / 100g<sup>-1</sup>) and (0.8%) seed; Carbohydrates peel (15.3%), pulp (9.7%) and seed (50.2%). In the bark and pulp of the macambira, total fiber contents of 65.42% and 25.4%, respectively, were verified. The Total Energy Value was 43.2 in kcal for the bark, 65.7 kcal for the pulp and 211.2 kcal for the seed. The fruit presented phenolic contents for bark (258.7 mg, gallic acid / 100 g), pulp (155.3 mg, gallic acid / 100 g) and seed (93.5 mg eq. (20.8 mg EQ / 100 g), carotenoids bark (183.8 mg EQ / 100 g), pulp (55.9 mg EQ / 100 g) and seed (20.2 mg EQ / 100 g) (835.9 mg.eq.to betacarotene / 100 g), pulp (59.1 mg.eq.to betacarotene / 100 g) and seed (56.3 mg.eq.to betacarotene / 100 g) and vitamin C peel (67.7 mg.eq.ac.L-ascorbic acid / 100 g) and pulp (38.2 mg.eq.ac.L-ascorbic acid / 100 g). Regarding the antioxidant activity the bark presented 1,222.6 mg eq. to trolox / 100 g, the pulp 975.5 mg eq. to trolox / 100 g and the seed 590.4 mg eq. to trolox / 100 g.It was concluded that the fruit of the macromere (*Bromelia laciniosa*) is a nutritious food with a low caloric value, a source of dietary fiber, besides having antioxidant activity, and having bioactive compounds contents such as total phenolics, flavonoids and total carotenoids. Pulp, peel and seed , and their husk and pulp are sources of vitamin C.

Keywords: *Bromelia laciniosa*; Physical characteristics; Centesimal composition; Bioactive compounds; Antioxidant.

## LISTA DE TABELAS

01. Características físicas de frutos da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ) .....	39
02. Potencial hidrogeniônico (pH) da casca, polpa e semente do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	41
03. Acidez total titulável da casca, polpa e semente do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	43
04. Teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e Relação de Sólidos Solúveis Totais/ Acidez Total Titulável na polpa do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	44
05. Composição Centesimal da polpa, casca e semente do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	47
06- Teor de Fibras Alimentares Totais (Solúveis e Insolúveis) na casca e na polpa do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	49
07- Compostos bioativos e atividade antioxidante no fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	51
08- Correlação de Pearson entre atividade antioxidante e os compostos bioativos do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	54

## LISTA DE FIGURAS

01. Macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	16
02. Planta com frutificações.....	16
03. Fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	16
04. Fruto com detalhes das sementes.....	16
05. Grupo funcional Fenol.....	22
06. Estrutura química dos flavonoides.....	24
07. Estruturas químicas de alguns carotenoides.....	25
08. Estrutura química do ácido Ascórbico.....	26
09. Cacho de frutos da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	30

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REFERENCIALTEÓRICO.....	15
2.1 Bromeliaceas.....	15
2.2 Macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.) .....	15
2.3 Características físicas e fisico-químicas em frutos.....	18
2.4 Fibras Alimentares .....	20
2.5 Compostos Bioativos.....	21
2.5.1 Fenólicos Totais .....	21
2.5.2 Flavonóides Totais .....	23
2.5.3 Carotenóides Totais .....	24
2.5.4 Vitamina C.....	26
2.6 Atividade Antioxidante .....	27
3 OBJETIVOS.....	29
1.1 Geral:.....	29
1.2 Específicos: .....	29
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 Aspectos botânicos e preparo do material botânico.....	30
4.2 Local e período do estudo .....	31
4.3 Características físicas do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	31
4.3.1 Peso médio, comprimento (diâmetro maior) e largura.....	31
4.3.2 Rendimento da polpa. ....	31
4.3.3 pH.....	32
4.4. Caracterização físico-química .....	31
4.4.1 Acidez total titulável.....	32
4.4.2 Sólidos Solúveis Totais (°Brix).....	32
4.4.3 Composição Centesimal.....	32
4.4.3.1 Umidade .....	32
4.4.3.2 Cinzas .....	33
4.4.3. 3 Proteínas .....	33
4.4.3.4 Lipídeos.....	34
4.4.3.5 Carboidratos.....	34
4.4.3.6 Valor energético total (VET) .....	34
4.4.4 Fibras Alimentares .....	35
4.4.5 Compostos Bioativos.....	35
4.4.5.1 Obtenção dos extratos para análise de compostos fenólicos e atividade antioxidante.....	35
4.4.5.2 Fenólicos totais .....	35

4.4.5.3 Flavonóides .....	36
4.4.5.4 Carotenóides .....	36
4.4.5.5 Ácido Ascórbico (Vitamina C) .....	36
4.5. Atividade Antioxidante in vitro .....	37
4.5.1. Método DPPH (2,2-Difenil-1-picrildrazil) .....	37
4.6 Análises Estatísticas .....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 Características físicas do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	39
5.2 Características físico-químicas da polpa, semente e casca do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ) .....	42
5.2.1 Composição Centesimal da casca, polpa e sementes do fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> ).....	44
5.2.2 Fibras Alimentares.....	48
5.2.3 Compostos Bioativos.....	50
6 Atividade antioxidante.....	53
7 Conclusões .....	56
8 Sugestões.....	57
REFERÊNCIAS .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A família Bromeliaceae está geograficamente distribuída do sul dos Estados Unidos até a Argentina central e Chile (SMITH e DOWNS, 1974). No Brasil existem 44 gêneros pertencentes a essa família (FORZZA et al., 2014). A macambira (*Bromélia* sp.), que pertence ao gênero *Bromélias*, é uma planta da família das Bromeliaceas, registrada como *Bromélia laciniosa* Mart. ex Schult. (DUTRA et al. 2010).

Essa planta está presente nas áreas secas do Nordeste, desde a Bahia até o Piauí, e tem como características raízes finas, caule de forma cilíndrica, folhas distribuídas em torno do caule, rizomas e raízes muito ramificados, suas folhas fornecem fibras e os rizomas contêm grandes reservas de água, além de serem boas fontes de amido. Frequentemente a macambira (*Bromélia laciniosa* Mart. ex Schult) vive associada ao xiquexique (*Pilosocereus polygonus*) e costuma ser aproveitada na alimentação dos animais e do homem, durante os períodos de estiagens (BESSA, 1982).

A macambira é uma espécie endêmica e de ampla distribuição na Caatinga, apresenta flores vistosas o que atraem vários visitantes florais e os seus frutos são dispersos por mamíferos de pequeno a médio porte (*sensu* ROOSMALEN, 1985). A planta possui tamanho variado (ANGELIN et al., 2007) e seu fruto é uma baga trilocular que quando maduros, apresentam cor amarela, e possuem eixos principais e secundários roxos ou cor de vinho, suas semente são arredondadas, pequenas, duras, e apresentam coloração castanha (ANGELIN et al., 2007; DUTRA et al., 2010).

Farias et al., (2011) ressalta que a macambira é uma espécie que pouco se tem referências, e que apesar de ser vista como uma das alternativas de fonte de alimento para a população da região Nordeste, ainda é escassa na literatura relatos de estudos para o seu aproveitamento como alternativa alimentar na indústria de alimentos, tornando-a subaproveitada na sua região de origem.

Manetti et al., (2009) cita que apesar da família Bromeliaceae apresentar bastante representatividade de espécies no Brasil, ainda é pouco estudada química e farmacologicamente. Porém nos poucos estudos realizados, alguns compostos foram isolados e identificados, incluindo flavonoides e derivados do ácido cinâmico, dentre outros.

Os poucos estudos existentes com *Bromelia laciniosa* estão relacionados à suas folhas, raízes e rizomas, a maioria voltados para a alimentação de animais. Os frutos da macambira ainda são poucos explorados, havendo relatos na literatura apenas descritivos e que mencionam um possível consumo pelos animais. Oliveira-Junior et al., (2014) realizaram o primeiro estudo fitoquímico da *Bromelia laciniosa*, e conseguiram isolar de suas folhas um flavonóide que foi encontrado pela primeira vez na família de bromeliáceas.

Na *Bromelia antiacantha*, (planta que possui fruto amarelo e comestíveis) popularmente conhecida como banana-do-mato (REITZ,1983) ou caraguatá, gravatá, carauatá, croatá, e é uma bromeliácea nativa da região sul e sudeste do Brasil (LORENZI e MATOS, 2002; VALLÉS, FURTADO e CANTERA, 2007), pertencente ao gênero Bromélia L. ( ao qual também pertence a *Bromélia laciniosa*), já foram realizados estudos verificando nos seus frutos a presença de compostos bioativos como flavonoides, taninos, cumarinas , saponinas (FABRI e COSTA, 2012; MANETTI et al. , 2010), compostos fenólicos e uma pequena atividade antioxidante (SANTOS et al.,2009).

Os compostos bioativos presentes em vegetais (carotenóides, fitoesteróis, terpenos, compostos fenólicos) compreendem uma grande variedade de classes de compostos químicos com diferentes propriedades físico-químicas. Eles são importantes, pois interferem em alvos fisiológicos específicos, modulando a defesa antioxidante, defesa a processos inflamatórios e mutagênicos (OLIVEIRA e BASTOS, 2011) tendo um papel essencial no auxílio a prevenção de doenças.

É importante que sejam realizadas pesquisas a respeito de todos os aspectos do fruto da macambira, como suas características físicas, físico-químicas, composição centesimal e compostos bioativos presentes, visto já terem sido relatados em outras espécies da família das Bromeliaceas, além de se conhecer os aspectos toxicológicos do fruto.

Devido à escassez de pesquisas a respeito do fruto da macambira (*Bromélia laciniosa*) na literatura consultada, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de utilização desse fruto na alimentação humana, com a finalidade de caracterizá-lo físicoquimicamente para obter o teor nutritivo e funcional.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Bromeliaceas

A família Bromeliaceae, tradicionalmente dividida nas subfamílias Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae, possui 58 gêneros e 3.352 espécies (MOREIRA, WANDERLEY E CRUZ-BARROS, 2006; LUTHER, 2012) e está distribuída do sul dos Estados Unidos até a Argentina central e Chile (SMITH e DOWNS 1974). O Brasil detém cerca de 40% do total de espécies da família conhecidas, sendo que dos 44 gêneros encontrados em território nacional, 20 são endêmicos (FORZZA et al., 2014).

No nordeste a família das Bromeliaceas encontram-se distribuídas em 30 gêneros com 431 espécies, e no estado do Piauí podem ser encontrados 10 gêneros e 20 espécies, dentre os quais está a *Bromélia L.* e suas espécies como a *Bromelia arenaria*, *Bromelia estevessi*, *Bromelia karatas* e *Bromelia laciniosa* (FORZZA et al., 2014).

Segundo Manetti et al., (2009) algumas espécies são utilizadas na medicina tradicional para tratar enfermidades respiratórias, sendo atribuídas a elas também propriedades anti-helmínticas, antidiarréicas e antidiabéticas. A diversidade de metabólitos e as atividades biológicas observadas em Bromeliaceae justificariam o interesse no estudo de espécies desta família, apresentando boas perspectivas de estudo, com interessante potencial químico e farmacológico a ser descoberto. Vários compostos como os diglicerídeos cinâmicos (51c-h), diterpenoides filocladanos (26, 27), derivados S-derivados (62-64) do álcool sinapílico, alguns flavonoides, cuja ocorrência na natureza ainda é bastante restrita, evidenciam que muitas substâncias com estruturas diferenciadas poderiam surgir se mais espécies desta família fossem estudadas.

### 2.2 Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.)

A macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.) é uma bromélia da família Bromeliaceae sendo facilmente encontrada nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (LIMA, 1996). É uma planta que cresce debaixo de outras árvores ou nas clareiras, têm raízes

finas, caule de forma cilíndrica e folhas (constituídas de duas partes distintas: base dilatada e limbo) distribuídas em torno do caule e é aproveitada na alimentação dos animais ou até mesmo do homem, durante os longos períodos de seca (ANGELIN et al., 2007).

É uma espécie terrestre, tendo por características, porte herbáceo, com folhas dispostas em rosetas, cujo centro adquire coloração rósea durante a floração. Em um estudo realizado no interior de Pernambuco constatou-se que nesse local sua floração ocorre anualmente entre novembro e janeiro e a frutificação é entre janeiro e março, sendo encontrada em geral em densas aglomerações. Apresentando inflorescência ereta, paniculada, rósea, medindo 27,77 cm, com escapo floral fibroso e carnosos e um número de flores/inflorescência de 54 flores e a taxa de formação de frutos sob condições naturais de 82,61%. Os frutos são do tipo baga angulosa, amarelos quando maduros, que exalam um odor intenso e agridoce e apresentam em média cerca de 35 sementes (SANTO; MACIEL e SIQUEIRA FILHO, 2012).



**Figura 1-** Macambira (*Bromelia laciniosa*)

Fonte: Google Imagens, 2017.



**Figura 2-** Planta com frutificações

Fonte: Arquivo Pessoal.Teresina-PI, 2017.



**Figura 3-** Fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*)

Fonte: Arquivo Pessoal. Teresina-PI, 2017



**Figura 4-** Fruto com detalhes das sementes.

Fonte: Arquivo Pessoal. Teresina-PI, 2017

Segundo Angelim (2007) esta espécie mostra-se estar bem adaptada às condições adversas como falta de água, pouca concentração de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes no solo.

A macambira merece atenção pelo seu conteúdo de carboidratos totais (26,6%) o qual permanece disponível durante as prolongadas secas, valendo-se de grande importância para famílias das regiões onde essa planta é encontrada, como um complemento alimentar, fornecendo calorias (118.92 kcal/100g), as quais superam o valor clórico da batata doce cozida (CHAVES et al. 2015)

Segundo Bessa (1982) a macambira é rica em amido (63,10%) e aproveitada na alimentação dos animais e do homem, durante as longas estiagens. As folhas e o pseudocaule de *Bromelia laciniosa*, costumam ser queimados, para serem utilizados na alimentação de bovinos, caprinos e suínos, sendo ainda (em tempo de austera seca) também utilizada na fabricação de farinha (LIMA, 1996), essa farinha (massa) que é extraída da base das folhas é utilizada na fabricação de um tipo de pão (ANGELIN et al. 2007), sendo dessa forma inserida na alimentação humana.

Devido o alto teor de amido e por ter um teor protéico próximo das farinhas de milho e arroz e ainda relevante teor de cálcio (6,12 gramas por 100 g de farinha macambira), sua farinha é altamente recomendável para a alimentação humana (VAINSENER, 2010). Chaves et al., (2015) consideram que a macambira possui potencial para o uso na indústria alimentar.

Farias et al., (2011) obtiveram uma farinha do miolo e brácteas da macambira, que utilizaram para a elaboração de biscoitos. A farinha das brácteas e do miolo da macambira mostra-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos. As farinhas apresentaram teor de umidade variando de 10,60 à 10,63, teor de cinzas de 14,68% (miolo) e 1,87 % (brácteas). Conteúdo proteico do miolo (7,51%) e das brácteas (3,14%) e em relação aos lipídios, as farinhas apresentaram baixo teor, com 0,78(brácteas) e 1,75%(miolo). O teor de carboidratos por diferença das farinhas estudadas foi de 83,58% para a farinha das brácteas e de 66,31% para a farinha do miolo da macambira. Os biscoitos elaborados com as farinhas da macambira apresentaram umidade de 9,36%, teor de cinzas de 1,95% O teor de proteínas, lipídios e carboidratos é respectivamente de 22%, 7,97% e 58,72.

O decocto das raízes da macambira é empregado na medicina popular para o tratamento de hepatites, desequilíbrios do trato gastrointestinal e como diurético

(AGRA et al., 2007). E de acordo com Albuquerque et al., (2007) também é usado no tratamento de cólicas infantis, febre, icterícia e caspa. Agra et al., (2007) cita que as suas folhas na forma de pó e adicionadas aos alimentos são usadas como tônico e/ou fontes de proteínas.

Lima-Saraiva et al., (2014) também realizaram estudos com a macambira, onde avaliaram em ratos a atividade antinociceptiva, bem como a toxicidade aguda do extrato etanólico das folhas da *Bromelia laciniosa*, e encontraram que a folha da macambira é uma fonte de compostos fenólicos e exibe propriedades antinociceptivas periférica e pelo menos em parte de mecanismos centrais, que podem ser envolvidas no efeito antinociceptivo. Mais estudos em curso lançarão mais luz sobre os mecanismos de ação subjacentes aos efeitos observados nesta investigação. Os resultados obtidos demonstram que a folha da planta não é tóxica nas doses em que foram utilizadas nesse estudo.

Oliveira-Junior et al., (2014) realizaram estudo fitoquímico nas folhas da *Bromelia laciniosa* onde isolaram e caracterizaram quimicamente um flavonóide descrito pela primeira vez na família Bromeliaceae. Os autores desse estudo ressaltam que até agora os estudos fitoquímicos em *B. laciniosa* tem sido completamente ausente na literatura atual, e a identificação dos flavonóides na família Bromeliaceae permite realce da importância destes compostos como potenciais agentes farmacológicos e também a considerá-los como potenciais marcadores quimiotaxonômicos. Ainda assim, Chaves et al. (2015) também referem em estudo que a *Bromelia laciniosa* é uma fonte de flavonoides.

### **2.3 Características físicas e físico-químicas em frutos.**

A caracterização física de frutos de espécies nativas é importante para que sejam estabelecidos critérios de seleção como cor, tamanho, espessura, etc, já que apresentam desuniformidades nos aspectos vegetativo e reprodutivos. Além disso, o conhecimento das características físicas de frutos é importante para que se possa saber a diversidade de tamanho e massa em cada espécie, fato que contribui para a viabilização e a confecção de embalagens para armazenamento e comercialização desses frutos (ROCHA et al, 2013; BORGES et al., 2010)

Além da importância de se estudar características como cor, tamanho, e espessura e massa é importante que se determine o rendimento da polpa, característica essa, que de acordo com Chitarra e Chitarra (2005) é considerada um importante parâmetro de qualidade para a indústria de alimentos, especialmente os alimentos concentrados, purês, doces em massa, néctares etc.. Segundo Carvalho e Muller (2005) o baixo rendimento da polpa de um fruto não o torna inviável para ser utilizado como fruta fresca ou para o seu aproveitamento na indústria de alimentos.

Há de se considerar também que o peso de polpa e casca de frutos podem ser considerados como atributo físico de maior importância para a exploração econômica, especialmente no que refere-se ao seu processamento (NASCIMENTO; CARDOZO e COCOZZA, 2014). Atualmente o aproveitamento de partes (cascas, sementes) de frutos que outrora eram descartados tem sido alvo de vários estudos (FIORAVANTE et al, 2016; NOVAES et al., 2015; UCHÔA THOMAZ et al., 2014; SILVA e SILVA, 2012; CARVALHO et al. , 2012),

Além das características físicas, Chitarra e Chitarra (2005), consideram os parâmetros físico-químicos como pH, os sólidos solúveis (SS), e acidez total (AT) importantes para a avaliação da qualidade dos frutos, podendo essas características serem influenciadas por fatores como época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita, dentre outros. Ainda em relação ao teor de sólidos solúveis totais, esta característica juntamente com o teor acidez é um indicador de sabor e do ponto de maturação dos frutos (KRUMREICH et al, 2015).

A acidez é resultante dos ácidos orgânicos, sendo os ácidos cítrico e málico, os principais ácidos orgânicos presentes em frutas. Esses ácidos orgânicos influenciam além do sabor, na cor, odor e na qualidade das frutas (LIMA et al, 2013, MAIA et al, 2009).

Os sólidos solúveis são compostos por açúcares, numa proporção que correspondem aproximadamente a 85%, e por ácidos orgânicos e outros componentes numa menor proporção, os açúcares conferem doçura enquanto os ácidos orgânicos, acidez (MAIA et al, 2009; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Ressalta-se ainda que relação entre o teor de açúcares e de ácidos costuma aumentar à medida que o grau de maturação aumenta ocorrendo à redução dos teores de ácido com consecutivo aumento nos tores de açúcar (KRUMREICH et al,

2015). E por meio da determinação dessa relação, pode-se obter o estágio de maturação das frutas (LIMA et al., 2013).

Segundo Maia et al., (2009), as frutas de modo geral, apresentam na sua composição centesimal a predominância de umidade, sendo a água responsável por mais de 70% da composição das frutas. Além disso, apresentam um baixo teor de lipídios, geralmente inferior a 1%, e os carboidratos são os componentes que mais influenciam no valor calórico total, sendo os açúcares mais abundantes em frutas maduras.

## **2.4 Fibras Alimentares**

De acordo com a *American Association of Cereal Chemists (AACC)*, fibras são partes das plantas ou carboidratos análogos resistentes à digestão e absorção no intestino delgado de humanos, contudo são fermentados parcial ou completamente no intestino grosso. Estão incluídos neste grupo: polissacarídeos, oligossacarídeos, substâncias ligadas às fibras, como a lignina (MENEZES et al., 2013). E de acordo com as suas características físico-químicas, as fibras promovem efeitos locais e sistêmicos no organismo humano (BUTTRISS e STOKES, 2008).

A fibra alimentar total (FAT) costuma ser classificada de acordo com a sua solubilidade em água em duas frações: fibra alimentar solúvel (FAS) e fibra alimentar insolúvel (FAI), a fibra alimentar também pode ser classificada de acordo com a sua estrutura, e segundo essa classificação, subdividem-se em duas categorias: polissacarídeos não amiláceos e polissacarídeo amiláceos (MENDES, 2011).

Em relação à sua solubilidade, de acordo com Wong e Jenkins (2007), as fibras solúveis formam géis viscosos ao dissolverem-se em água e são fermentadas no intestino grosso. São solúveis as pectinas, as gomas, a inulina e algumas hemiceluloses. As fibras insolúveis são assim denominadas por não apresentarem a propriedade de se dissolverem na água, não formarem géis, e apresentam fermentação limitada. Lignina, hemicelulose e algumas celulosas estão compreendidas nesta classificação. Na maioria dos alimentos que possuem fibras, a proporção de fibras solúveis deve ser de um terço para dois terços de fibras insolúveis.

## 2.5 Compostos Bioativos

Além de nutrientes essenciais, os alimentos fornecem também compostos bioativos (CBA's), eles auxiliam na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT) (GONÇALVES, 2008). Esses compostos podem ser encontrados em alimentos de origem animal (ácidos graxos da família ômega 3, ácidos graxos conjugados), vegetal (carotenoídeos, fitoesteróis, terpenos, compostos fenólicos) ou microorganismos (OLIVEIRA e BASTOS, 2011).

Neves (2012), ressalta que, estudos em várias partes do mundo, têm procurado caracterizar os vários produtos naturais, na busca de identificar e quantificar os componentes bioativos presentes nos vegetais, para que se possa utilizá-los na alimentação humana e reduzir o risco de surgimento de doenças.

Segundo Melo et al., (2008) devido sua ação antioxidante, as frutas podem ser apontadas como boas fontes de antioxidantes naturais e podem ser mais efetivas e econômicas do que o uso de suplementos dietéticos na proteção do organismo contra os danos oxidativos, e sugerindo o estímulo do seu consumo.

Esse efeito protetor dos frutos tem sido atribuído, em grande parte, a propriedades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como atividades antioxidante, antiinflamatória e hipocolesterolêmica, oriunda de nutrientes como as vitaminas C, A e E, e de compostos fenólicos como os flavonóides (GONÇALVES, 2008).

Os CBA's mais encontrados nos vegetais, frutas e hortaliças são as substâncias fenólicas, podendo ser encontradas na forma livre ou ligadas a açúcares e proteínas, possuindo várias funções como: crescimento da planta, propriedades sensoriais, processos germinativos da semente, defesa contra pragas e danos oxidativos (LIU, 2007).

### 2.5.1 Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos são antioxidantes abundante em nossa dieta e são constituintes generalizados de frutas , legumes, cereais, azeite, leguminosas secas , chocolate e bebidas , tais como café, chá e vinho. Mas sabe-se que os efeitos

saudáveis de polifenóis dependem tanto da sua ingestão quanto da sua biodisponibilidade para o organismo (D' ARCHIVIO et al., 2007).

Suas propriedades biológicas relacionam-se com a sua atividade antioxidante, a qual é dependente da sua estrutura química, podendo ser determinada pela ação da molécula como agente redutor (velocidade de inativação do radical livre, reatividade com outros antioxidantes e potencial de quelação de metais) (MAMEDE;PASTORE, 2004)

Quimicamente os compostos fenólicos são substâncias que possuem uma, ou mais, hidroxilas ligadas a um anel benzênico (Figura 05). Quando possuem apenas um anel aromático ligado a um ou mais grupamentos hidroxílicos são denominados fenóis, e polifenóis quando os compostos fenólicos possuem múltiplos anéis fenólicos em sua estrutura (WATERHOUSE, 2002).

Os compostos fenólicos são formados no metabolismo secundário dos vegetais (LIU, 2007), e por muito tempo foram considerados antinutrientes, devido a alguns efeitos adversos no metabolismo humano, causados em sua maior parte pelos taninos. Mas nos últimos anos, o conhecimento das propriedades antioxidantes dos fenólicos despertou um novo interesse em relação aos possíveis efeitos benéficos à saúde (HUBER;RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). O potencial antioxidante dos compostos fenólicos, é pelo fato de possuírem propriedades de redução, que neutralizam os radicais livres e quelam o oxigênio triplete e singlete ou decompõem peróxidos (LAKO et al., 2007; ANDARWULAN et al., 2012; POTRICKOS et al., 2013).

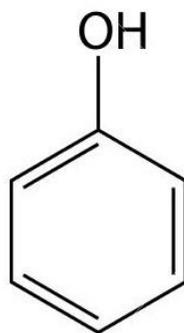


Figura 05. Grupo funcional Fenol.

Fonte: Google Imagens, 2017.

Segundo D' Archivio *et al.*, (2007) estudos sugerem que os fenólicos possam atuar não somente por mecanismo antioxidantes, podendo atuar por outros

mecanismos como a modulação da atividade de diferentes enzimas como telomerase, lipoxigenase e cicloxigenase, interações com receptores e vias de transdução de sinais, regulação do ciclo celular, dentre outras.

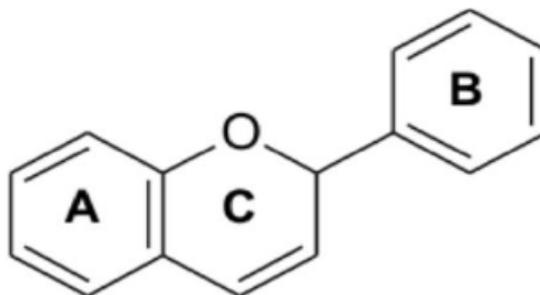
As principais fontes de polifenóis são as frutas, as quais apresentam composição variada desses compostos tanto qualitativamente como quantitativamente em razão da influência de fatores como intrínsecos como o cultivar, a variedade, o estágio de maturação, e extrínsecos como as condições climáticas e edáficas (MELO et al, 2008).

De acordo com Everette et al., (2010), os compostos fenólicos nas plantas relacionam-se, principalmente, com a proteção, conferindo alta resistência a microorganismos e pragas. Sendo considerados os antioxidantes mais abundantes na maioria dos vegetais.

### **2.5.2 Flavonóides Totais**

Os flavonóides são metabólitos secundários sintetizados pelas plantas e pertencem ao grupo dos compostos fenólicos, sua estrutura (Figura 06) baseia-se no núcleo que consiste de dois anéis fenólicos A e B e um anel C, que pode ser um pirano heterocíclico, como no caso de flavanóis (catequinas) e antocianidinas, ou pirona, como nos flavonóis, flavonas, isoflavonas e flavanonas, que possuem um grupo carbonila na posição C-4 do anel C, compreendendo as principais classes dos flavonóides. Sua atividade biológica e a de seus metabólitos dependem da sua estrutura química e dos vários substituintes da molécula, uma vez que a estrutura básica pode sofrer uma série de modificações, tais como, glicosilação, esterificação, amidação, hidroxilação, entre outras alterações que irão modular a polaridade, toxicidade e direcionamento intracelular destes compostos (HUBER e RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Os flavonoides têm sido alvo de muita pesquisa nos últimos anos, devido às suas inúmeras propriedades biológicas e medicinais, como por exemplo: atividade antioxidante, atividade vascular, atividade citotóxica e anti tumoral (NIJVELDT *et al.*, 2001). Porém o estudo dos flavonoides torna-se complexo devido à heterogeneidade das diferentes estruturas moleculares assim como a pouca informação existente sobre a sua biodisponibilidade (FLAMBO, 2013)



**Figura 06.** Estrutura química do Flavonóides.

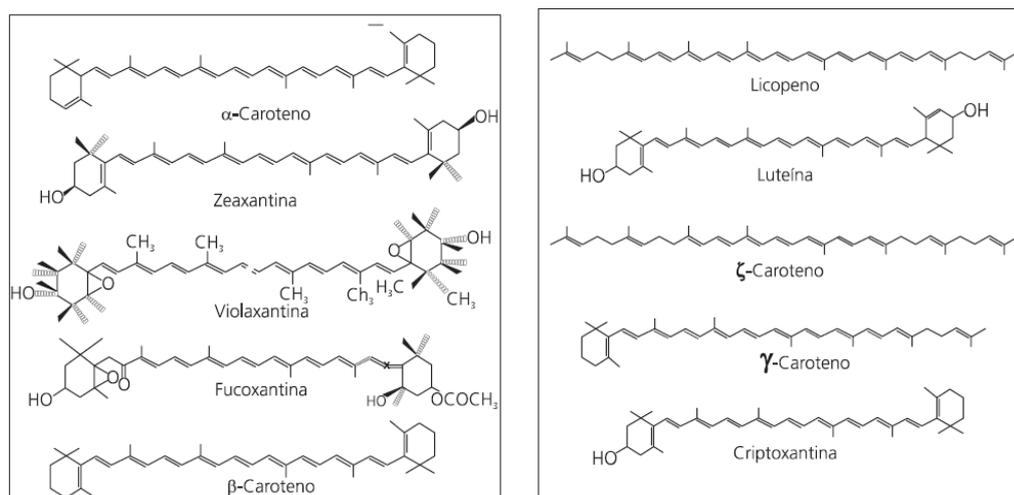
Fonte: Angelo;Jorge (2007).

Segundo Rodrigues e Muzinato (2012) dietas ricas com flavonoides estão relacionadas com redução no risco do desenvolvimento de doenças cerebrovasculares, sendo a ação terapêutica atribuída a alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória destes compostos. Eles apresentam-se como moléculas promissoras na prevenção ou redução da agressão tecidual no acidente vascular encefálico isquêmico mas ainda necessita de mais pesquisas clínicas comprovar a segurança e a eficácia no uso dos flavonóides como terapia neuroprotetora para redução do infarto.

Flambo (2013) cita que o consumo de frutas, legumes e bebidas como chá, contendo flavonoides é recomendado, apesar de ainda não se ter recomendações sobre a ingestão diária de flavonoides.

### 2.5.3 Carotenóides Totais

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pelas cores de amarelo a laranja ou vermelho de muitas frutas, hortaliças, gema de ovo, crustáceos cozidos e alguns peixes. São também substâncias bioativas, com efeitos benéficos à saúde, e alguns deles apresentam atividade pró-vitamínica A. Nos alimentos são tetraterpenóides C40 formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenóides C5, exceto na posição central, onde a junção ocorre no sentido cauda-cauda, invertendo assim a ordem e resultando numa molécula simétrica. Os grupos metila centrais estão separados por seis carbonos, ao passo que os demais, por cinco (Figura 07) (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA ;AMAYA-FARFAN, 2008).



**Figura 07.** Estruturas químicas de alguns carotenoides.

Fonte: Ambrósio et al, (2006).

Porto (2014) cita que os tecidos de plantas comestíveis contêm uma ampla variedade de carotenoides. Tendo como exemplos o licopeno nos tomates,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno nas cenouras, luteína e zeaxantina no milho, capsantina nas pimentas vermelhas, bixina no urucum e  $\beta$ -caroteno batata doce. Coloca ainda que abóbora, pimentão vermelho e amarelo, inhame, cará, azeitona roxa, repolho roxo, folhas verde-escuras, alface, aipo, maçã, damasco, manga, ameixa, frutas vermelhas, melancia, laranja, tangerina, nectarina e mamão constituem outras fontes vegetais de carotenóides.

O Brasil dispõe de uma enorme variedade de frutas e hortaliças, as quais são fontes de carotenoides. E eles têm sido muito utilizados pela indústria farmacêutica e de alimentos, que buscam principalmente substituir os corantes sintéticos por naturais devido ao maior apelo do produto natural (RIOS, ANTUNES e BIANCHI, 2009).

Para Andarwulan *et al.*, (2012) carotenóides presentes nos vegetais por sua vez possuem funções antioxidantes, prevenindo deficiências de vitamina A. quando consumido com lipídios, e aumentando assim sua biodisponibilidade. Segundo Uenojo, Maróstica Jr. e Pastore (2007), os carotenoides possuem um papel fundamental na saúde humana. Mais recentemente, efeitos benéficos contra cânceres, doenças de coração e degeneração muscular foram reconhecidos e

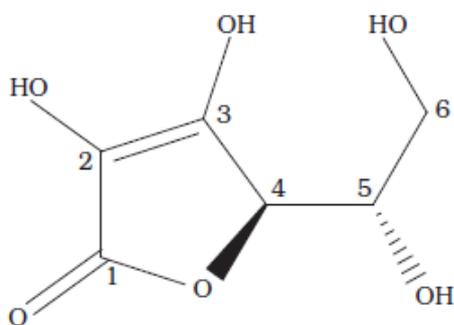
estimularam intensas investigações sobre o papel desses compostos como antioxidantes e como reguladores de resposta do sistema imune.

#### 2.5.4 Vitamina C

De acordo com Costa e Rosa (2010) a vitamina C é sintetizada nas plantas e na maioria dos animais a partir de glicose e galactose. Porém os seres humanos, dentre outros animais não possuem a enzima L-gulonolactona, a qual é necessária para a biossíntese da vitamina C, sendo assim adquirida apenas através da ingestão alimentar.

A estrutura química dessa vitamina foi identificada por volta de 1932, e em 1938 a expressão ácido ascórbico foi oficialmente aceita como denominação química para a vitamina C (COSTA e ROSA, 2010). A estrutura química do ácido ascórbico é formada por um anel  $\gamma$  lactona quase planar com dois centros quirais nas posições 4 e 5 como mostra a Figura 08.

A vitamina C, ou ácido ascórbico é considerada um antioxidante “primário” ou “preventivo”, uma vez que reage com o oxigênio antes do início do processo oxidativo e participa do sistema de regeneração da vitamina E, além de ser considerada um dos antioxidantes mais potentes, também é um dos menos tóxicos. Sendo um sequestrador muito eficaz de vários radicais livres. E em soluções aquosas, também combate eficientemente espécies reativas de nitrogênio, impedindo a nitrosação de moléculas (HALLIWELL, 1996; WEBER, BENDICH, SCHALCH, 1996).



**Figura 08.** Estrutura química do Ácido Ascórbico.

Fonte: Rosa et al, (2007).

As frutas e hortaliças são as fontes mais ricas em ácido ascórbico. E são vários os fatores que influenciam no teor de ácido ascórbico nesses vegetais, pode-se citar a variedade, o estado de maturação, o tempo de armazenamento, a parte da planta, as estações do ano e a região geográfica (COSTA e ROSA, 2010).

Segundo Sucupira et al (2012) são fontes de vitamina C os frutos cítricos, acerola, goiaba, kiwi, além de algumas hortaliças, como brócolis, couve de Bruxelas, tomate e pimentão.

## **2.6 Atividade Antioxidante**

Os antioxidantes são compostos químicos ou produtos biológicos que combatem de uma forma simples os efeitos nocivos indiretos de radicais livres ou da oxidação de lípidos, proteínas e ácidos nucleicos e são classificados em dois principais sistemas, o sistema enzimático e o não enzimático, e quando há falhas nesses sistemas antioxidantes ocorre o excesso de radicais livres (ZAMORA, 2007).

Há uma variedade de radicais livres formados no organismo, entre eles, as espécies reativas de oxigênio e espécies reativas de nitrogênio são os principais componentes. Além da hidroxila, superóxido, óxido nítrico, dióxido de nitrogênio, peroxil, e peroxil lipídico (LIEN, HUA e CHUONG, 2008).

De acordo com Pisoschi e Pop (2015) os primeiros sistemas de defesa antioxidante identificados contra o dano oxidativo, foram os que são responsáveis pela prevenção da ocorrência de espécies reativas, e os que bloqueiam ou capturam radicais que são formados. Estes sistemas, que estão presentes em compartimentos hidrofóbicos das membranas celulares, e também em ambientes aquosos, podem ser enzimáticos (endógenos) como não-enzimáticos(exógenos).

Dentre os antioxidantes exógenos ou não enzimáticos as vitaminas C e E, os carotenoides, flavonoides e selênio, costumam ser as moléculas químicas mais conhecidas (LADEMANN et al.,2011) e todos podem ser encontrados em alimentos de origem vegetal.

Para se avaliar a capacidade antioxidante de um vegetal se faz necessário obter o máximo de extração dos compostos bioativos, os quais apresentam polaridade diferenciada. Desta forma, a solubilidade em um determinado solvente é

característica peculiar do fitoquímico, o que explica a inexistência de um procedimento de extração universal. (MELO et al., 2008).

De acordo com Sucupira et al, (2012 ) o DPPH é um método químico, rápido, prático e com boa estabilidade, que é aplicado para determinar a capacidade antioxidante de um composto em sequestrar radicais livres, sendo por esses motivos um dos mais utilizados.

E no que se refere à capacidade de sequestrar o radical DPPH, expressa em percentual de sequestro, evidencia-se que os compostos ativos presentes nos extratos atuam como doadores de hidrogênio ao radical, entretanto esta ação é diferenciada entre as frutas (MELO et al., 2008).

Os antioxidantes exógenos que estão presentes em frutas e outros vegetais e auxiliam a atividade do sistema de defesa antioxidante endógeno (enzimático) (PISOSCHI; POP, 2015). Alguns estudos (KRUMREICH et al, 2015; MOYANO et al, 2012). realizados com frutos de espécies de bromélias mostraram que nesses frutos também estão presentes estes antioxidantes exógenos.

Assim, baseado nos relatos sobre a composição química de frutos algumas espécies da família *Bromeliácea* é que se ressalta a importância de se realizar estudos que verifiquem a capacidade antioxidante do fruto da *Bromelia laciniosa*, além da sua caracterização físico-química, para que dentre outras coisas, possa-se ter conhecimento dos compostos bioativos que fazem parte de sua composição química, possíveis benefícios e potencial de utilização no consumo humano.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Geral:

Avaliar as características físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante no fruto da macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f.).

#### 3.2 Específicos:

- Analisar as características físicas do fruto e o rendimento da polpa da macambira.
- Determinar a composição química nas diferentes partes do fruto.
- Quantificar os compostos bioativos presentes no fruto (polpa, casca e semente).
- Verificar a atividade antioxidante *in vitro* na polpa, casca e semente.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Aquisição das amostras e preparo do material botânico.

O material botânico de *Bromelia laciniosa* (folhas e frutos) foram coletados no município de Teresina – PI (Latitude -5.071223, Longitude- 42.781207), a colheita foi realizada em várias plantas de forma aleatória e o material levado ao Departamento de Biologia do Centro de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí (UFPI), onde procedeu-se sua identificação. Além disso, exsicata referente ao material botânico da *Bromelia laciniosa* foi depositada e registrada no Herbário Graziela Barroso/UFPI (Nº Registro:30568). Os frutos coletados para análises físico-químicas, tiveram como critério de seleção o estágio de maturação, ou seja, frutos amadurecidos, apresentando cor amarela e odor intenso agridoce (Figura 05), os mesmos, foram transportadas ao Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos do Departamento de Nutrição/UFPI, onde foram imediatamente coletados os dados referentes às características físicas do fruto como peso, comprimento, diâmetro, rendimento de polpa, e em seguida, casca, polpa e semente foram armazenados em recipientes distintos e mantidos sob congelamento a uma temperatura de -18°C até a realização das demais análises.



**Figura 09**-Cacho de frutos da macambira (*Bromélia laciniosa*).

Fonte: Arquivo Pessoal. Teresina-PI, 2017.

## **4.2 Local e período do estudo**

A caracterização física e as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal do Piauí - UFPI, durante o segundo semestre de 2015.

## **4.3 Caracterização física dos frutos**

### **4.3.1. Peso médio, comprimento (diâmetro maior) e largura (diâmetro menor)**

Para a caracterização da amostra utilizou-se 20 frutos colhidos maduros. O peso médio foi determinado pela seguinte fórmula: Peso médio = soma de peso dos 20 frutos/ nº de frutos pesados. Obtiveram-se as medidas de comprimento e largura dos 20 frutos com o auxílio de paquímetro. Todos os procedimentos foram realizados segundo a metodologia da AOAC (2005).

### **4.3.2 Rendimento da polpa**

Para a obtenção do rendimento da polpa, foi utilizada a metodologia realizada por Ribeiro (2014). Os frutos foram pesados antes de serem despulpados, em seguida suas cascas e sementes foram reservadas e pesadas separadamente, a polpa foi pesada e então realizou-se o cálculo do rendimento da polpa pela seguinte fórmula:

$\% RP = (PF - PC) \times 100 / PF$ , onde:

RP– Rendimento de Polpa;

PF – Peso dos Frutos;

PC – Peso da casca mais sementes.

### **4.3.3 pH**

Foi utilizada a determinação eletrométrica do pH, para tal, foram pesados 10g da amostra e adicionado de 100mL de água destilada a 25°C, que foi submetida a agitação durante 30 minutos. Após o repouso de 10 minutos para decantação, realizou-se a leitura do pH no sobrenadante (AOAC, 2005).

## **4.4 Caracterização físico-química**

### **4.4.1 Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada por titulação de acordo com a metodologia da AOAC (2005). Pesaram-se 7g da amostra, e a mesma foi diluída em 100mL de água destilada e em seguida foi adicionado 0,3mL de solução de fenolftaleína, após esse procedimento prosseguiu-se com a titulação com solução de Hidróxido de Sódio 0,1M (NaOH) sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 segundos.

### **4.4.2 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)**

O teor total de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado a 20°C por meio do índice de refração, utilizando refratômetro de bancada. Inicialmente o refratômetro foi calibrado com água destilada a 20°C. Em seguida adicionou-se duas gotas da amostra no prisma do aparelho e a leitura foi realizada. Para o preparo da amostra foi utilizada a polpa do fruto, e o suco da casca e da semente (na proporção de 1 grama (polpa ou casca) para 10 mL de água). No final de cada repetição, o prisma do refratômetro foi lavado com água destilada e secado com papel suave (AOAC, 2005)

### **4.4.3 Composição Centesimal**

#### **4.4.3.1 Umidade**

A determinação da umidade foi realizada por meio do método de secagem em estufa, por gravimetria, à temperatura de 105°C (AOAC, 2005). Foram pesados 5g da amostra homogeneizada, em triplicata, em uma cápsula de porcelana previamente tarada. A cápsula com a amostra foi colocada em estufa a 105°C por 3 horas, e em seguida foi retirada da estufa, e colocada em dessecador por 30min para resfriar e após foi pesada. A operação de aquecimento e resfriamento foi

repetida até peso constante. O teor de umidade (%) foi obtido pela fórmula:  $100 \times N / P$ , em que: N = nº de gramas de umidade e P = nº de gramas de amostra

#### 4.4.3.2 Cinzas

As cinzas foram determinadas utilizando-se a técnica de incineração em mufla à temperatura de 550°C, sendo os resultados obtidos em porcentagem (AOAC, 2005). Pesaram-se 3g da amostra úmida, em triplicata, em cadinho previamente tarado. Os cadinhos com as amostra foram colocados na mufla a 250°C por 4hs, para carbonização da amostra e após esse tempo a temperatura da mufla elevada elevado a 550 °C, até incineração completa da amostra. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40min e em seguida pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:  $100 \times N / P$ , em que: N = nº de gramas de cinzas e P = nº de gramas de amostra

#### 4.4.3. 3 Proteínas

Analisou-se as proteínas pelo método de macro *Kjeldahl*. O qual é baseado em três etapas: digestão, destilação e titulação. A matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é finalmente transformado em amônia (AOAC, 2005).

Pesou-se 0,5 mg da amostra, que foi colocada em papel manteiga, e adicionada ao tubo de *Kjeldahl* juntamente com 7mL de ácido sulfúrico concentrado e 2g da mistura catalítica (4% de sulfato de cobre e 96% de sulfato de potássio). Para obter o branco foi excluída apenas a amostra do experimento.

Na etapa de digestão o tubo de *Kjeldahl* foi acoplado ao sistema do digestor de Kjeldahl, no qual a temperatura foi ajustada elevando-a gradualmente de 50 em 50°C, até 350°C até viragem completa da amostra para coloração esverdeada límpida, em sequência as amostras foram resfriadas e destiladas. Na etapa de destilação foi adicionada algumas gotas de fenolftaleína a 1%, à amostra digerida presente no tubo digestor que foi acoplada ao destilador, por meio de um funil, do próprio aparelho, foi adicionado à amostra uma solução de 30% de hidróxido de sódio (NaOH) para neutralização do meio ácido (até aparecimento de uma solução de coloração avermelhada). Foram transferidos 20mL de ácido sulfúrico 0,05M para um erlenmeyer de 500mL, acrescentado 3 gotas do indicador (vermelho de metila a

0,2%), este erlenmeyer foi acoplado ao destilador para recuperar o nitrogênio destilado até obter um volume de 2/3 do volume inicial. Na etapa de titulação, o excesso de ácido sulfúrico foi titulado com solução de NaOH 0,1M com indicador vermelho de metila. O volume de NaOH utilizado foi anotado e utilizado para a realização dos cálculos. A fórmula para a obtenção do teor de proteínas é:  $V \times 0,14 \times f / p$ ; onde; V = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de hidróxido de sódio utilizado na titulação; f = fator de correção = 5,75; p = peso da amostra.

#### **4.4.3.4 Lipídeos**

Os lipídeos foram analisados pelo método de extração intermitente de *Soxhlet*, cuja extração foi realizada com hexano P.A., o qual foi posteriormente evaporado obtendo-se um resíduo (AOAC, 2005).

Pesou-se 3g de amostra, em triplicata, e colocou-se em cartucho dentro de um reboiler, em um aparelho extrator de *Soxhlet*. O extrator foi acoplado a um balão previamente tarado a 105°C e pesado. Em seguida foram adicionados 150 mL de hexano. A chapa elétrica foi mantida sob aquecimento e realizou-se a extração contínua por seis horas com temperatura em torno de 60°C. Após o término da extração o hexano foi recuperado e o balão com o resíduo extraído foi transferido para a estufa a 105°C, durante uma hora, e em seguida foi resfriado em dessecador por 30min, até a temperatura ambiente, e pesado.

O teor de lipídeos (%) foi obtido pela fórmula:  $100 \times N / P$ , em que: N = n° de gramas de lipídeos e P = n° de gramas de amostra.

#### **4.4.3.5 Carboidratos**

O teor de Carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo de 100% do teor de proteínas, lipídios, cinzas e umidade (AOAC, 2005).

#### **4.4.3.6 Valor energético total (VET)**

O VET foi calculado pela soma das calorias (kcal) fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores de Atwater 4 Kcal, 9 Kcal e 4 Kcal, respectivamente (WATT e MERRIL, 1963).

#### **4.4.4 Fibras Alimentares**

As fibras alimentares do fruto foram determinadas pelo método enzimático-gravimétrico que está baseado na determinação do peso do resíduo resultante da eliminação do amido e das proteínas, por meio da hidrólise enzimática, e posterior precipitação das fibras solúveis na presença de etanol a 78%. A partir desse hidrolisado foram determinados os teores de fibras alimentares insolúveis (FAI's), fibras alimentares solúveis (FAS's) e fibras alimentares totais (FAT's). Na determinação das FAI's o hidrolisado, contendo o resíduo, foi filtrado e lavado com água. O filtrado e as águas de lavagem foram utilizados para determinar as fibras alimentares solúveis. O resíduo foi lavado com etanol a 95% e acetona, seco e pesado. As FAI's corresponderam ao peso do resíduo descontado o peso das proteínas e das cinzas contidas no resíduo. Para a determinação do teor de FAS's quatro volumes de etanol a 98% foram adicionados ao filtrado, juntamente com as águas de lavagem, com a finalidade de precipitar FAS's. A solução alcoólica foi filtrada e o precipitado retido lavado com etanol a 78%, etanol a 95% e acetona e posteriormente, seca e pesada. As FAS's corresponderam ao peso do precipitado descontado o peso das proteínas e das cinzas contidas no resíduo. As FAT's corresponderam ao peso do resíduo e do precipitado descontado o peso das proteínas e cinzas contidos no resíduo (AOAC, 2005).

#### **4.4.5 Compostos Bioativos**

##### **4.4.5.1 Obtenção dos extratos para análise de compostos fenólicos e atividade antioxidante.**

A obtenção dos extratos foi realizada de acordo com Rufino et al., (2007). Os solventes utilizados para extração dos compostos antioxidantes foram o metanol 50% (50:50, v/v), acetona 70% (70:30,v/v) e água, na proporção de 2:2:1. Foram pesados 3 g das amostras em tubos para centrífuga (50 mL) e os compostos bioativos foram extraídos com 4 mL de metanol 50% por 30 minutos em ultrassom, à temperatura ambiente. Os tubos foram centrifugados a 4000 rpm durante 15 minutos e o sobrenadante foi recolhido em um balão volumétrico (10 mL). Em

seguida, 4 mL de acetona 70% foram adicionados ao resíduo, fez-se a extração durante 30 minutos em ultrassom, e em seguida foi centrifugado. Os sobrenadantes obtidos foram colocados em balão volumétrico (10 mL) e completado o volume com água deionizada ou desionizada.

#### **4.4.5.2 Fenólicos totais**

Inicialmente foi preparado um extrato, a partir desse foram realizadas as análises. O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de *Folin-Ciocalteu* (SINGLETON; ROSSI, 1965). A leitura da absorbância foi medida em 765 nm usando um espectrofotômetro. A quantificação de fenólicos foi realizada pela interpolação a uma curva padrão de ácido gálico e os valores foram expressos em miligramas (mg) de ácido gálico equivalente (GAE) por 100g de amostra.

#### **4.4.5.3 Flavonóides**

Para a determinação de flavonóides totais foi utilizado o método descrito por Kim, Jeong e Lee (2003) e modificado por Blasa *et al.*, (2006). A leitura da absorbância foi realizada em 425 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes a quercetina (mg EQ)/100 g de amostra.

#### **4.4.5.4 Carotenóides**

Os carotenoides foram determinados de acordo com a metodologia de Alvarez-Suarez *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2009. Inicialmente foram preparados os reagentes na proporção de Acetona: Hexano (4:6). Pesaram-se 2 a 5 gramas da amostra em um frasco âmbar de 30 mL com tampa, e então foram adicionados 10 mL do solvente acetona : hexano (4:6), a solução ficou 10 minutos sob agitação. Após esse procedimento o espectrofotômetro foi zerado com o solvente e em seguida realizou-se a leitura ( $Ab_{s450}$  nm do sobrenadante). Os resultados foram anotados e calculado frente a uma curva-padrão de  $\beta$ -caroteno (1 – 30 mg/kg).

#### **4.4.5.5 Ácido Ascórbico (Vitamina C).**

O Ácido Ascórbico (Vitamina C) foi analisado pelo Método de Tillmans, o qual se baseia na redução do 2,6-diclorfenol indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico (Instituto Adolfo Lutz, 2005). Para a obtenção da quantidade de ácido ascórbico foi utilizado o seguinte cálculo: mg de ác. Ascórbico/100mL de amostra =  $5 \times A \times 100 / P \times \text{mL de amostra}$ , onde:

5 = mg de ácido ascórbico padrão titulado;

A = volume da solução DCFI utilizada para titular a amostra;

P = volume da solução DCFI utilizada para titular o padrão.

#### **4.5 Atividade Antioxidante *in vitro***

Foi utilizado o mesmo extrato dos compostos fenólicos para a análise, a partir do método 2,2-Difenil-1-picrildrazil (DPPH).

##### **4.5.1 Método DPPH (2,2-Difenil-1-picrildrazil)**

O efeito seqüestrador de radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) das amostras foi medido pelo método descrito por Brand-Williams, Cuperlier e Berset (1995). O DPPH foi dissolvido em metanol puro para uma concentração de 0,1 mM. Essa solução dissolvida em 1:100 com metanol 80% (v/v), ajustando a absorbância inicial em 515 nm para aproximadamente 0,800.  $A_{515}$  de 2,9 mL de solução DPPH foi lida ( $A_0$ ) e adicionada de uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato. A mistura incubada a temperatura ambiente ao abrigo da luz por 30 min, seguida de nova medida da absorbância ( $A_{30}$ ). Um teste branco com 2,9 mL DPPH e 100  $\mu\text{L}$  do solvente foi conduzido paralelamente. O poder de sequestro de radicais foi calculado pela fórmula:  $\% = [1 - (A_{30} - B) / A_0] \times 100$ , onde foi construída em diferentes concentrações (0-100 mg/L) como referência. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol TEAC}$  (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) por  $100 \text{ g}^{-1}$  de amostra.

#### **4.6 Análises Estatísticas**

As determinações foram efetuadas em triplicata, os dados inseridos em um banco de dados no Programa Estatístico SPSS versão 17.0 e submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey e o Teste *t de Student*. Aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre compostos bioativos e atividade antioxidante, para verificar a existência de correlação. O nível de significância adotado foi de 5% (ANDRADE, 2010).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características físicas do fruto da macambira

Os resultados obtidos para as características físicas do fruto da *Bromelia laciniosa* estão apresentados na Tabela 01. Verificou-se que o comprimento do fruto variou de 36,6 a 50,5 mm, com média de 46,0 mm e o diâmetro variou de 30,8 a 37,2 mm com média de 33,9 mm, o valor do comprimento do fruto foi semelhante aos referidos por Angelin et al., (2007) e Dutra et al., (2010) que foram de 30 a 50 mm de comprimento, porém o mesmo não ocorreu para os resultados obtidos para o diâmetro do fruto, que foram de 10 a 20 mm de diâmetro, ou seja, inferiores ao obtido neste estudo.

**Tabela 01**-Características físicas de frutos da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Características	MÉDIA ± DP	Varição (min./max.)
Comprimento (mm)	46,0 ± 3,8	36,6-51,6
Largura (mm)	33,9 ± 1,8	30,8 -37,2
Peso(g)	27,6± 4,4	19,2-35,5
Rendimento da polpa (%)	27,3± 2,8	21,4-30,5

Legenda: DP= desvio padrão; min.= mínimo; max=máximo.  
Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

A literatura a respeito do fruto da macambira ainda é escassa, sendo que não há estudos que abordem de forma detalhada todas as suas características físicas, assim, além de características como comprimento e largura, este estudo obteve dados referentes ao peso médio do fruto e ao rendimento de polpa, possibilitando dessa maneira melhor caracterizá-lo. O fruto apresentou peso médio de 27,6 g, variando de 19,2 a 35,5 g e o rendimento da sua polpa em média de 27,3 % (Tabela 01) corresponde a pouco mais de um quarto do peso total do fruto, enquanto que a semente e a casca correspondem em média a 8,5% e a 64,3 % do peso fruto, respectivamente.

Carvalho e Muller (2005) realizaram a caracterização biométrica e o rendimento da polpa de 50 frutas nativas da Amazônia, onde as classificaram de acordo com o seus respectivos rendimentos percentuais de polpa em: muito baixo (igual ou inferior a 20%); baixo (entre 21% e 40%); médio (entre 41% e 60%); alto (entre 61% e 80%); e muito alto (superior a 81%). De acordo com essa classificação o fruto da macambira pode ser enquadrado como de baixo rendimento de polpa, assim como 28% das espécies estudadas por eles, que tem como exemplo o açai.

Apesar do fruto da macambira ter baixo rendimento de polpa, o seu potencial para o desenvolvimento de produtos na indústria ainda pode ser promissor, já que além da polpa a casca do fruto, apresenta um rendimento alto, e esse rendimento quando considerado casca e polpa juntas é maior que 90% do peso médio do fruto. Atualmente o aproveitamento de partes de frutos (cascas, sementes) que outrora eram descartados tem sido alvo de vários estudos, inclusive estudos realizados com frutos da família das Bromeliáceas como o de Fioravante et al, (2016), além de estudos com outros frutos conduzidos por Novaes et al., (2015), Uchôa Thomaz et al., (2014), Silva e Silva, (2012), Carvalho et al., (2012). A importância do aproveitamento integral de frutos baseia-se especialmente pelo fato de vários nutrientes e não-nutrientes, importantes para saúde humana estarem presentes nos mesmos, como por exemplo lipídios, açúcares, carotenoides, compostos fenólicos, vitaminas, e fibras.

No que diz respeito ao potencial hidrogeniônico (pH) do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*), apresentados na Tabela 02, a casca do fruto apresentou teor de pH de 4,17, valor esse, muito próximo ao obtido para a polpa, que foi de 4,03, não existindo assim, diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entres os mesmos. Os valores obtidos estão numa faixa de pH inferior a 4,5, o que caracteriza esse fruto como muito ácido segundo a classificação de Azeredo e Brito (2004), sendo enquadradas nessa classificação o pH tanto da casca como polpa.

Alguns estudos que investigaram o pH de cascas de frutos (as) obtiveram pH de 3,5 para as casca de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl e Perry) (AUGUSTA et al, 2010), 4,42 para frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru* P.) (SILVA e ALVES, 2009), 4,25 para a gabioba (*Camponesia cambessedeano*), 4,74 para o murici (*Byrsonima crassifolia*) e 5,93 para a curriola (*Pouteria ramiflora*) (MORZELLE et al., 2015). Com base nesses dados pode-se inferir que o pH da

casca da macambira (*Bromelia laciniosa*) está de acordo com as variações de pH da cascas de várias espécies frutíferas.

**Tabela 02.** Potencial hidrogeniônico (pH) da casca, polpa e semente do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

pH	Média
Casca	4,17 <sup>a</sup>
Polpa	4,03 <sup>a</sup>
Semente	5,97 <sup>b</sup>

Média de três repetições. Letras subscrita iguais não há diferença significativa entre as média, segundo o teste de Tukey, nível de significância 5% ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Em relação ao pH da polpa os resultados obtidos por esse estudo foram semelhantes aos obtidos para os frutos da mangabeira, em estudo realizado por Nascimento; Cardozo e Coccozza (2014), o qual obtiveram o pH com valor médio de 3,93, variando de 3,45 a 4,39. Para o abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. albus) o pH médio foi de 3,71 (DE PAULA FILHO et al, 2016), sendo menor que o obtido no presente estudo.

Krumreich et al., (2015) estudando as características físicas e químicas do fruto (polpa) da *Bromelia antiacantha* Bertol, planta que pertence a mesma família do abacaxi e da macambira, determinaram um pH de 3,57 para a polpa desse fruto, apesar de o pH da macambira (*Bromelia laciniosa*) ter se apresentado mais elevada que a do fruto dessa outra bromélia, os dois podem ser classificados como frutos muito ácidos, e essa característica implica em possibilidade de maior conservação, pelo fato de que em pH inferior a 4,5 não ocorre o desenvolvimento do *Clostridium botulinum*, sendo isso uma qualidade no que se refere ao potencial para indústria de alimentos.

O pH obtido para a semente da macambira (*Bromelia laciniosa*) foi de 5,97, valor maior do que o verificado para a casca e para a polpa, existindo diferença estatisticamente significativa entre eles. Porém, este resultado foi semelhante aos obtidos para algumas sementes, como a da abóbora que foi de 6,22 (AMORIM, SOUSA e SOUZA, 2012), mamão formosa de 5,8, mamão papaia também de 5,8 (RINALDO,LIMA e ASCHERI, 2010), e de 5,85 para o pó da semente de goiaba

(*Psidium guajava* L) ( SANTOS,2011). Não ocorrendo o mesmo quando comparado ao pH da semente de noni sem resíduos de polpa (SSR) determinado no estudo de Lemos, Queiroz e Figueirêdo (2015) que foi de 4,77 e de 3,71 para a semente com resíduo de polpa. Pode-se inferir a partir dos dados apresentados sobre o pH da semente que não é característica comum a elas possuírem pH alto ou muito alto.

## 5.2 Características físico-químicas da polpa, semente e casca.

Os resultados referentes às análises físico-químicas de acidez total titulável-ATT e teor de sólidos solúveis totais-SST (°Brix) e a relação SST/ATT realizadas no fruto (casca, polpa e semente) da macambira (*Bromelia laciniosa*) são apresentados nas Tabelas 03 e 04, respectivamente. A determinação dessas características são fundamentais para o controle de qualidade, e para aproveitamento *in natura* e/ou processado deste fruto.

**Tabela 03.** Acidez total titulável da casca, polpa e semente do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Parte do fruto	Acidez Total Titulável (ATT)	
	Média	Desvio padrão
	<b>Ácido Cítrico</b> (g. 100 g de ac. cítrico)	
Casca	1,67 <sup>a</sup>	0,03
Polpa	1,10 <sup>b</sup>	0,00
Semente	0,18 <sup>c</sup>	0,00

Média de três repetições. Letras subscrita iguais não há diferença significativa entre as média, segundo o teste de *Tukey*, nível de significância 5% ( $p < 0,05$ ).  
Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

A acidez total titulável do fruto da macambira em ácido cítrico verificada na casca e na polpa teve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) sendo a acidez total titulável na casca maior que a obtida na sua polpa. Em relação à polpa os teores obtidos nestes estudo são inferiores aos obtidos para a polpa do fruto da *Bomelia anthiacanta* Bertol , que foi de 1,53 g. 100<sup>-1</sup> g de ac. Cítrico (KRUMREICH et al, 2015), e para a polpa do abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. *albus*) que foi de 1,71 g. 100<sup>-1</sup> g de ac. cítrico, (DE PAULA FILHO et al, 2016), apresentando concentração semelhante aos frutos da mangabeira (NASCIMENTO;

CARDOZO; COCOZZA, 2014), de 0,98 g. 100 g de ac. cítrico, e maior que a do fruto do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) (LEONEL;LEONEL;SAMPAIO, 2014) que foi de 0,56 g.100mL de ácido (em estágio verde) e de 0,36 g 100mL ácido cítrico (em estágio pintado) e a dos frutos de pitaia, que apresentou acidez variando de 0,10 % de ácido cítrico na espécie *H. undatus* a 0,15 % de ácido cítrico na espécie *S. megalanthus* (LIMA et al, 2013). Pode-se observar que a acidez da polpa de macambira está numa faixa que compreende valores de acidez de outros frutos, incluído os que pertencem à família das Bromeliaceas.

A acidez na semente da macambira foi 0,18 g. 100<sup>-1</sup> g de ac. cítrico, resultado semelhante ao obtido por Santos (2011) para a acidez em ácido cítrico para o pó da semente de goiaba (*Psidium guajava* L), a qual foi de 0,19. Lemos, Queiroz e Figueirêdo (2015), obtiveram resultados superiores para a semente de noni (*Morinda citrifolia* L.) que foi de 0,24 g. 100<sup>-1</sup> g de ac. cítrico para semente sem resíduo de polpa, e de 0,43 g. 100<sup>-1</sup> g de ac. cítrico para a semente com resíduo de polpa.

O teor de sólidos solúveis totais - SST (° Brix ) e a relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável – SST/ATT do fruto da macambira (polpa) foi de 13,6 ° Brix e 12,3, respectivamente (Tabela 04). Esses teores divergem dos teores de sólidos solúveis totais (15,9 ° Brix) obtidos para a *Bromelia antiacantha* Bertol. (KRUMREICH et al, 2015). e para o do abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. albus) 16,3 °Brix (DE PAULA FILHO et al, 2016), que são maiores do que os obtidos para o fruto da macambira. Porém no que diz respeito à relação STT/ATT no fruto da macambira foi maior do que no abacaxi do mato que foi de 9,53 (de PAULA FILHO et al, 2016) e ao obtido para o fruto da *Bromelia antiacantha* Bertol. que foi 10,4 (KRUMREICH et al, 2015).

**Tabela 04.** Teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e Relação de Sólidos Solúveis Totais/ Acidez Total Titulável na polpa do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

<b>Sólidos Solúveis Totais-SST (°BRIX)</b>		
<b>Parte do Fruto</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Polpa	13,6	±0,43

<b>Relação SST/ATT</b>		
<b>Parte do Fruto</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Polpa	12,3	±0,35

Média de três repetições.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Apesar de serem frutos pertencentes à mesma família, aspectos ambientais podem influenciar no teor de sólidos solúveis (DE PAULA FILHO et al, 2016), porém pode-se observar que o fruto da macambira possui quantidades relevantes de sólidos solúveis e que a relação SST/ATT demonstra equilíbrio entre a proporção de açúcares e ácidos do fruto, o que explica o sabor agridoce característico do mesmo.

### **5.2..1 Composição Centesimal da casca, polpa e sementes do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).**

Os resultados obtidos para a composição centesimal e para o valor energético total da polpa, casca e semente da macambira podem ser verificados na Tabela 05. A porcentagem de umidade de polpa, casca e semente foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Como é comum para a maioria dos frutos os teores de umidade da polpa e da casca foram altos, tendo a polpa maior teor de umidade (88,2 %), seguida, da casca com 80,8 % e a semente apresentou apenas 47%.

Em relação ao teor de umidade da polpa (88,2%), foi superior ao dos frutos de outras bromélias, como a da *B. antiacantha* Bertol de 82,63% (KRUMREICH et al, 2015), do abacaxi do mato (*Ananas bracteatus*(Lindl.), var. *albus*) de 78,51, da *B. karatas* de 75,12 % (materia seca 24,88 %) (MOYANO et al., 2012). Assim também como para a polpa de manga (Mangas cv. Tommy Atkins) que foi de 82,11 (MARQUES et al. 2010), para a polpa de gabioba (80,87%) (*Camponesia adamantium*) (ALVES et al., 2013). Esta semelhança com a umidade obtidas para outros frutos também ocorreu com a casca, apesar do teores maiores aos obtidos nos estudos conduzidos por Morzelle et al.,(2015) que obtiveram 77,02% para a gabioba (*Camponesia cambessedeanana*), 70,9% para o murici (*Byrsonima crassifolia*) e 70,68% para a curriola (*Pouteria ramiflora*); Marques et al. (2010) no qual a umidade foi de 78,70 % para a manga (Mangas cv. Tommy Atkins) e por Moyano et al., (2012) que obtiveram 76,59% para a *B. karatas* (materia seca 23,41 %).

Em relação à umidade da semente da macambira, a mesma apresentou umidade de 47%, na maioria dos estudos já realizados com sementes as análises de umidade são realizados na farinha da semente ou da farinha de resíduos que

incluem a semente após secagem, tornando difícil estabelecer uma faixa para o teor de umidade de sementes *in natura*. Estudos conduzidos por Kobori e Jorge, (2005) e por Lemos, Queiroz e Figueirêdo (2015) com sementes *in natura* determinaram 55% de umidade na semente de laranja e 12,82% na semente de noni sem resíduos de polpa.

No resíduo mineral fixo (cinzas), porém a diferença significativa ocorreu apenas em relação ao teor de cinzas da casca (3,34%), que foi maior do que na polpa (1,5%) e semente (1,2%), não havendo diferença estatisticamente significativa entre polpa e semente.

Viana et al., (2013) analisaram o conteúdo de cinzas de 3 grupos ('Gold', 'BRS Imperial' e "demais genótipos") de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) e obtiveram 0,50; 0,47 e 0,43%, respectivamente. De Paula Filho et al., (2016) determinaram 0,80% para o abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. *albus*), e foi verificado 0,93% para a polpa do fruto da *Bromelia antiacantha* (KRUMREICH et al, 2015). Estudo conduzido por Moyano et al, (2012) reportam teores de cinzas de 4,22% e 4,45% para polpa e casca da do fruto da *B. karatas*, pode-se observar que tanto casca como polpa apresentaram teores altos, e maiores do que o fruto da *Bromelia laciniosa*, mas ainda assim o teor de cinzas presentes nos mesmos pode ser considerado bom. Augusta et al, (2010) obtiveram teor de 4,17 % para as cinzas da casca do jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl e Perry). Em relação à semente, estudo realizado com a semente do noni sem resíduo de polpa apresentou 0,86% de cinzas (LEMOS, QUEIROZ e FIGUEIRÊDO, 2015) e Takemoto et al, (2001) obtiveram 2,70% de cinzas para semente de baru (*Dipteryx alata* Vog).

Esses resultados são um indicativo de que polpa e semente possuem bons teores de minerais, e que o teor de resíduos minerais da casca se sobrepõem ao da polpa e da semente juntas, isso torna interessante a determinação desses minerais no fruto da macambira para melhor caracterização e aproveitamento do mesmo na elaboração de produtos, com ênfase especial a possíveis contribuições de minerais presentes na casca e semente em produtos elaborados a base de resíduos.

Com relação às proteínas obteve-se no presente estudo 0,01 % para a polpa, 0,1 % para casca e 0,6 % para a semente. O teor de proteínas em vegetais, como frutas, não costuma ser elevado, já que em sua constituição há predomínio de água, açúcares e fibras. Estudo realizado por Moyano et al, 2012, com o fruto maduro da

*Bromelia karatas*, descreveu teores de proteínas de 3,13% e 1,6% para polpa e casca, respectivamente. Em outros estudos onde se verificou o teor de proteínas na polpa e na casca de manga (Mangas cv. Tommy Atkins), foram obtidos resultados de 0,44% e 1,24%, respectivamente, (MARQUES et al, 2010). A polpa da *Bromelia antiacantha Bertol* (KRUMREICH et al, 2015) e do abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. *albus*) (De Paula Filho et al, 2016) apresentaram teor proteico de 0,62% e 4.79, respectivamente, enquanto a casca do jambo vermelho apresentou teor de 8,62 % de proteínas (AUGUSTA et al, 2010).

Em relação à semente, o teor de proteínas também foi menor ao reportado para algumas sementes como a do noni (*Morinda citrifolia* L.) que possui 6,53% (LEMOS; QUEIROZ; FIGUEIRÊDO, 2015), e a de jambolão (*Syzygium cumini* L.), (LUZIA e JORGE,2009). Pode-se afirmar que o fruto da macambira possui baixo teor de proteínas, já que tanto na polpa, como casca e semente esse teor apresentou-se menor do que os obtidos para as mesmas partes (polpa, casca e semente) de outros frutos, os quais, mesmo possuindo teores baixos de proteínas, ainda assim, possuíam teores consideravelmente maiores que os do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Não houve diferença significativa entre o teor de lipídeos de polpa e casca, ambas apresentaram teor 0,4 %, diferindo apenas da semente (0,8%), que apresentou teor duas vezes que na polpa e na casca. Estudo no qual foram analisados os teores lipídicos de polpa e casca de frutos maduros da *Bromélia karatas* reportaram teores de 2,65% e 0,28%, teores consideravelmente superiores ao do fruto da macambira. Krumreich et al., (2015) obtiveram teor de 5,07 para o polpa do fruto da *Bromelia anthiacanta Bertol*, fruto esse, sendo classificado como fruto rico em lipídio, e o teor de 1.41 % foi determinado no abacaxi do mato por De Paula Filho et al.,(2016). O teor de lipídeos obtidos para polpa de frutos não pertencentes as Bromeliaceas também foram maiores aos do fruto da macambira: curriola-0,84%; gabioba-1,32% e murici-2,31% (MORZELLE et al, 2015). Apesar de apresentar baixo teor lipídico, esses resultados estão em consonância com o que é referido por Maia et al, (2009) de que o teor lipídico para frutas costuma ser abaixo de 1% .

A semente do fruto da macambira que apresenta 0,8 % de lipídios pode ser considerada como pobre em lipídios, Os teores de lipídeos nas sementes pode variar de acordo com o tipo de semente, na semente do noni por exemplo esse teor

é de 6,34% e de 1,37% para sementes de jambolão (*Syzygium cumini* L.) (LUZIA e JORGE, 2009) e 38,2 % para a semente de baru (*Dipteryx alata* Vog.) (TAKEMOTO et al, 2001). A semente do fruto da macambira possui baixo teor de lipídeos.

**Tabela 05.** Composição Centesimal da polpa, casca e semente do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Nutrientes(g100g)/ VET(kcal)	Fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> )		
	Polpa	Casca	Semente
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Umidade	88,2 ± 0,11 <sup>a</sup>	80,8 ± 0,81 <sup>b</sup>	47,0 ± 0,34 <sup>c</sup>
Cinzas	1,5 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,34 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,2 ± 0,01 <sup>a</sup>
Proteínas	<0,5 g/100g <sup>-1 a</sup>	<0,5 g/100g <sup>-1 a</sup>	0,6 ± 0,05 <sup>b</sup>
Lipídios	<0,5 g/100g <sup>-1 a</sup>	<0,5 g/100g <sup>-1 a</sup>	0,8 ± 0 <sup>b</sup>
Carboidratos (por diferença)	9,7 ± 0,14 <sup>a</sup>	15,3 ± 0,79 <sup>b</sup>	50,2 ± 0,31 <sup>c</sup>
Valor Energético Total (VET)	43,2 ± 0,41 <sup>a</sup>	65,7 ± 3.94 <sup>b</sup>	211,2 ± 1,64 <sup>c</sup>

Média de três repetições. Letras subscrita iguais não há diferença significativa entre as médias de semente, casca e polpa, segundo o teste de Tukey, nível de significância 5% (p < 0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Em relação ao teor de carboidratos na semente, foi obtido 50,2%, esses teor difere do obtido para a semente de jambolão (*Syzygium cumini* L.), onde os carboidratos foram de 80,65% (LUZIA e JORGE,2009) e de 15,8 % para a semente de baru (*Dipteryx alata* Vog.) (TAKEMOTO et al, 2001). Normalmente os carboidratos das sementes são utilizados como carboidratos de reserva para a planta.

Os teores de carboidratos da polpa e casca do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*) são apresentadas na Tabela 05. Para a polpa observou-se que o mesmo foi semelhante ao reportado no estudo conduzido por Krumreich et al., (2015) com fruto da *Bromelia antiacantha* Bertol. que foi de 8,75 %. Porém em outros frutos esse teor costuma ser mais elevado. Estudo conduzido por De Paula Filho et al.

(2016) obtiveram teores de 12,82% para o abacaxi do mato (*Ananas bracteatus* (Lindl.), var. *albus*), 16,5% para a polpa de manga (Mangas cv. Tommy Atkins) (MARQUES et al.,2010). Morzelle et al.,(2015) determinaram teores de 15,68% para a gabioba (*Camponesia cambessedean*), 18,85% para o murici (*Byrsonima crassifolia*) e 17,6% para a curriola (*Pouteria ramiflora*).

Moyano et al., (2012) em estudo realizado na Colômbia com o fruto da *Bromelia karatas* L. (Bromeliaceae), analisaram a composição química e potencial antioxidantes na casca e polpa desse fruto. A *Bromelia karatas* L. (Bromeliaceae), em estadio maduro, apresentou teor de carboidratos de 18,55% na polpa e 13,41% na casca. Resultados opostos aos obtidos no presente estudo onde o teor de carboidratos na casca foi superior ao da polpa.

Ressalta-se também que o teor de carboidratos presentes na casca do fruto da macambira foi semelhante ao obtido no estudo de Gondim et al.,(2005) para casca do abacaxi (*Ananas comosus*) (14, 95%) e no estudo de Marques et al.,(2010) de 12,89% para a casca de manga (Mangas cv. Tommy Atkins).

O Valor Energético Total (VET) do fruto da macambira estimado foi de 43,2 kcal/100g para a polpa, 65,7 kcal/100g para a casca e 211,2Kcal/100 g para a semente, em uma porção de 100g. O peso médio do fruto da macambira foi 27,6 g, considerando-se que a parte comestível mais comumente em frutos *in natura* é a polpa, e considerando-se que um fruto tenha em media 27,3% do seu peso referente a polpa, pode-se estimar que um fruto fornece em torno de 11,9 kcal sendo necessários cerca 8 a 9 frutos para alcançar a porção de 100 g de fruta (polpa).

Assim como a maioria dos vegetais o fruto da macambira possui baixo valor calórico, exceto no que se refere a suas sementes, que devido ao seu teor de 50% de carboidratos reflete em um VET mais elevado que o da polpa e casca, o que pode ser útil na elaboração de produtos que tenha por finalidade uma maior densidade calórica, de forma que para um dieta de 2000 kcal/dia, 100 g da semente pode contribuir com aproximadamente 10% desse VET.

### **5.2.2. Fibras Alimentares**

A Tabela 06 compreende os teores de fibras alimentares totais (insolúveis, solúveis) na casca e na polpa do fruto da macambira.

A casca apresentou um teor de fibras alimentares totais de 65,42% (10,0 g/100 g) do total de carboidratos na casca, maior do que o verificado para a polpa, que foi 25,4% (2,5 g/100g) do total de carboidratos na polpa. Em relação às suas frações, a fibra insolúvel predominou tanto na casca (63,41%) assim como na polpa (15,0%), sendo ainda, o teor de fibras insolúveis da casca quatro vezes maior que o da polpa. A proporção de um terço de fibras solúveis para dois terços de fibras insolúveis (WONG;JENKINS, 2007), foi respeitada para os teores de fibras alimentares na polpa, a qual apresentou 10,0% de fibras solúveis (pouco mais de um terço da fibra total), porém esse comportamento não se reproduziu para a casca, pois o teor de fibras solúveis na casca foi de apenas 2,01%.

**Tabela 06-** Teor de Fibras Alimentares Totais (Solúveis e Insolúveis) na casca e na polpa do fruto da macambira.

%	Fibras Alimentares	
	Casca Média ± DP	Polpa Média ± DP
Solúveis	2,01 ± 0,43 <sup>a</sup>	10,4 ± 0,56 <sup>b</sup>
Insolúveis	63,41 ± 0,54 <sup>a</sup>	15,0 ± 1,04 <sup>b</sup>
Fibras Alimentares Totais	65,42 ± 1,13 <sup>a</sup>	25,4 ± 1,04 <sup>b</sup>

Média de três repetições. Letras subscrita iguais não há diferença significativa entre as médias de casca e polpa, segundo o teste t de *Student*, nível de significância 5% ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017

Moyano et al., (2012) em estudo realizado com a *Bomelia Karatas* obtveram teores de fibras alimentares totais de 18,9% para a casca do fruto maduro e de 0,61% para a polpa do fruto maduro, quando o fruto foi analisado no estágio verde esses teores foram de 20,9% ± 0,15 e 9,2% ± 0,01 para casca e polpa, respectivamente. Os resultados obtidos nesse estudo, foram menores aos obtidos para o fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*). Em estudo conduzido por Marques et al.,(2010), foram verificados teores de 11,02 g/100g de fibras alimentares totais na casca e 3,28g/100g na polpa da manga (Mangas cv. Tommy Atkins). Outros estudos obtiveram 1,66 g/100 de fibras alimentares totais na polpa do abacaxi do

mato (De PAULA FILHO et al., 2016) e 7,10 g/100g na polpa de gabioba (*Campomanesia adamantium* (Cambess.)) (ALVES et al, 2013).

Augusta et al, (2010) determinaram o conteúdo de fibras alimentares na casca do jambo vermelho e obtiveram o teor de  $9,34 \pm 0,16$  g.100 g<sup>-1</sup>., resultado menor do que o obtido para a casca do fruto da macambira neste estudo. Cazarin et al.,(2014) analisaram os teores de fibras alimentares totais (FAT), fibras solúvel (FS) e fibras insolúveis (FI) na farinhas da casca do maracujá (*Passiflora edulis*), e os resultados obtidos foram de  $65,22 \pm 0,27$ ,  $10$   $17,11 \pm 1,36$  e de  $48,12 \pm 1$ , para FT, FS e FI, respectivamente. Os resultados verificados para fibras alimentares totais foram semelhantes aos obtidos na casca do fruto da macambira. Os teores de fibras insolúveis foram maiores em ambas as cascas, porém esses resultados diferem dos verificados para as proporções da fibras insolúveis e solúveis.

Com base nos resultados obtidos nesse estudo, pode-se afirmar que o fruto da macambira, quando considerado casca e polpa, ou ainda, apenas a casca, pode ser considerado um fruto com alto conteúdo de fibras, já que a polpa possui 2,5 g/100 e a casca possui 10 g /100g de fibras alimentares totais e, de acordo com RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012, para ser considerado com alto teor de fibras o alimento deve ter no mínimo 6g/100g de fibras (BRASIL,2012).

### 5.2.3. Compostos bioativos

Os resultados dos compostos bioativos presentes no fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*) estão apresentados na Tabela 07. Constatou-se diferença estatisticamente significativa entre os teores dos bioativos presentes na casca, polpa e semente.

O teor dos compostos fenólicos na polpa foi de  $155,3 \pm 5,40$  (mg. eq. ac gálico/100g), esse teor é mais que duas vezes o verificado por Krumreich et al., (2015) para a *Bromelia antiacantha* que foi de 70,73 (mg. eq. ac. gálico/100g). Os teores de fenólicos obtidos na casca e semente da macambira foram de  $258,7 \pm 3,17$  e  $93,5 \pm 3,11$  (mg. eq. ac. gálico/100g), respectivamente. Não foi observado na literatura consultada dados referentes aos compostos bioativos estudados nas cascas e/ou sementes de outras espécies frutíferas pertencentes às Bromeliáceas.

**Tabela 07-** Compostos bioativos e atividade antioxidante no fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Compostos bioativos e Atividade antioxidante	Fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> )		
	Polpa Média ± DP	Casca Média ± DP	Semente Média ± DP
Fenólicos Totais (mg. eq. ac gálico/100g)	155,3 ± 5,40 <sup>a</sup>	258,7 ± 3,17 <sup>b</sup>	93,5 ± 3,11 <sup>c</sup>
Flavonoides (mg EQ/100 g.)*	55,9 ± 1,10 <sup>a</sup>	183,8 ± 1,92 <sup>b</sup>	20,2 ± 1,91 <sup>c</sup>
Carotenoides (mg.eq. ao betacaroteno/100g)	59,1 ± 4,01 <sup>a</sup>	835,9 ± 14,45 <sup>b</sup>	56,3 ± 4,04 <sup>c</sup>
Vitamina C (mg de ac. L-ascórbico/100 g)	38,2 ± 0,38 <sup>a</sup>	67,7±0,47 <sup>b</sup>	-
Atividade Antioxidante - DPPH (mg eq.ao trolox /100 g)	975,5 ± 13,3 <sup>a</sup>	1222,6 ± 34,4 <sup>b</sup>	590,4 ± 11,5 <sup>c</sup>

Média de três repetições. Letras subscrita iguais não há diferença significativa entre as médias de semente, casca e polpa, segundo o teste de *Tukey*, nível de significância 5% ( $p < 0,05$ ).

\*EQ= Equivalentes à Quercetina.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Porém, foram observados dados referentes a compostos bioativos, como os compostos fenólicos, em cascas e sementes de outras espécies frutíferas. Cazarim et al, (2014) realizaram estudo com farinha obtida da casca do maracujá, no qual o teor de fenólicos totais foi de  $2,30 \pm 0,01$  (mg eq.de ac. gálico.  $100 \text{ g}^{-1}$ ) para o extrato metanólico/acetona, sendo esse teor menor que o determinado nesse estudo. Em relação aos compostos fenólicos em sementes, Barroso et al, (2014) obtiveram em sementes de linhaça marrom e dourada (*Linun usitatissimum* L.)  $1332 \pm 0,09$  mg eq.de ac. gálico.  $100 \text{ g}^{-1}$  e  $1039 \pm 0,21$  mg eq.de ac. gálico.  $100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente, teores esses maiores que os obtidos para a semente do fruto da *Bromélia laciniosa*.

Em relação aos compostos fenólicos, a parte do fruto que apresentou maior teor foi na casca, provavelmente devido o fato desses compostos estarem associados a proteção da planta, já que as casca estão mais expostas que polpa e

as sementes a possíveis injúrias. O mesmo pode ser atribuído ao teor de flavonóides na casca ( $183,8 \pm 1,92$  mg EQ/100 g.) que foi maior do que o obtido na polpa ( $55,9 \pm 1,10$  mg EQ/100 g.) e na semente ( $20,2 \pm 1,91$  mg EQ/100 g.).

Alves et al (2014) realizaram estudo no qual verificaram o teor de flavonóides na polpa, casca e semente, dentre outras partes, da *Piptadenia moniliformis* Benth e obtiveram  $58,1 \pm 5,0$ ,  $75,2 \pm 5,0$ , e  $127,7 \pm 6,0$  mg EAG g<sup>-1</sup> de amostra, para polpa, casca e semente, respectivamente. Estes resultados foram diferentes dos verificados para o fruto da macambira (polpa, casca e semente).

Também em relação aos carotenóides verificou-se que foram extraídos em maior quantidade na casca. A macambira apresentou um alto teor de carotenoides na casca,  $835,9 \pm 14,25$  (mg.eq. ao betacaroteno/100g), principalmente quando comparado aos obtidos na polpa e semente, que foram de  $59,1 \pm 4,01$  (mg.eq. ao betacaroteno/100g.) e de  $56,3 \pm 4,04$  (mg.eq. ao betacaroteno/100g.), respectivamente. Krumreich et al., (2015), analisaram o teor de carotenoides na polpa do fruto da *Bromelia antiacantha*, e obtiveram 162,67 mg (eq. ao betacaroteno/100g). Observa-se que o resultado verificado para o fruto da macambira foi menor do que no referido estudo, no entanto, foi maior que o obtido para híbridos de abacaxi (*Ananas comosus var.comosus*) que variaram de e de 0,14 a 0,78 mg.100 g<sup>-1</sup>, em estudo conduzido por Viana et al., (2013).

Independente do teor de carotenóides na casca do fruto, os teores de carotenoides presentes na polpa e/ou na semente já são suficiente para que o fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*) possa ser considerado como fonte de carotenoides, já que nas diferentes partes do fruto (juntas ou de forma isolada) verificou-se teor maior que 20 µg.g<sup>-1</sup> (2mg.100 g<sup>-1</sup>), que é o valor mínimo considerado para que um alimento seja fonte desse composto (RODRIGUEZ-AMAYA et al.,2008).

Com relação a vitamina C na polpa e na casca os resultados obtidos foram  $38,2 \pm 0,38$  e  $67,7 \pm 0,47$  mg de ac. L-ascórbico/100 g, respectivamente. Krumreich et al., (2015), além dos fenólicos e carotenoides, também analisaram o teor de vitamina C na polpa do fruto da *Bromelia antiacantha*, e obtiveram 60,01 mg (ac. L-ascórbico/100 g). Porém em relação a vitamina C os resultados obtidos no presente estudo foram superiores dos que os verificados por Pita (2012) na polpa do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) e do maracujá do mato

(*Passiflora cincinnata* Mast.), que foram 26,30 e 21,21 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Augusta et al, 2010 ao estudarem a vitamina C em casca de frutos, obtiveram na casca do fruto do jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merrill e Perry) 292,59 ±0,80 mg.100 g<sup>-1</sup>, resultado maior que o obtido pelo presente estudo.

O fruto da macambira, polpa e casca, podem ser considerado como um fruto com alto teor de vitamina C., pois de acordo com a RDC N° 54, de 12 de novembro de 2012 (BRASIL,2012), para um alimento ser considerado fonte de vitaminas e minerais, pois deve suprir o mínimo de 15% da Ingestão diária recomendada para essa vitamina ou mineral e, a ingestão diária recomendada de vitamina C para adultos é de 45 mg/dia (BRASIL, 2005).

## **6 Atividade antioxidante no fruto da macambira.**

A atividade antioxidante do fruto da macambira verificado na polpa, casca e semente estão apresentadas na Tabela 07.

Os resultados para atividade antioxidante expressaram diferenças significativas entre os mesmos. A casca do fruto apresentou a maior atividade antioxidante (1222,6 mg eq.ao trolox /100 g), seguida da polpa (975,5 mg eq.ao trolox /100 g) e da semente (590,4 mg eq.ao trolox /100 g). Não existem dados na literatura sobre a atividade antioxidante da casca, polpa e semente da *Bromelia laciniosa*, porém foram realizados alguns estudos com a polpa dos frutos de outras bromélias como a *B. antiacantha* (KRUMREICH et al, 2015) e *B.Karatas* que também confirmaram atividade antioxidante considerável. A atividade antioxidante da *B. antiacantha* foi de 178,56 mg eq.ao trolox em 100 g, resultado menor do que o obtido para a todas as partes (casca, polpa e semente) do fruto no presente estudo.

A atividade antioxidante verificada no fruto da macambira se deve as diversas classes de compostos bioativos presentes nesse fruto, as quais, pode-se citar os fenólicos totais, os carotenoides e a vitamina C, que estão presentes em quantidades consideráveis, especialmente na casca, a qual apresentou os teores mais elevados em relação a todos os compostos pesquisados por este estudo, o que refletiu, conseqüentemente, em maior atividade antioxidante da mesma.

Pode-se observar na Tabela 08, que os compostos bioativos analisados nas diferentes partes do fruto apresentaram correlação positiva com a atividade antioxidante. Essa correlação apresentou-se moderada para os fenólicos totais e flavonóides na polpa, casca e semente, variou de moderada a forte para os carotenoides e de fraca a moderada para a vitamina C. Sendo que os carotenoides são os compostos bioativos que apresentam maior correlação com a atividade antioxidante na polpa, casca e semente do fruto.

Pode-se afirmar que os compostos bioativos analisados por esse estudo, no fruto da macambira, estão diretamente relacionados a atividade antioxidante apresentada pelo fruto. Quanto maior o teor de compostos bioativos presentes como os flavonóides, dentre outros compostos fenólicos não especificados, carotenoides e vitamina C, maior a atividade antioxidante, a qual foi observada de forma crescente na semente, polpa e casca da macambira.

Tabela 8. Correlação de Pearson entre atividade antioxidante e os compostos bioativos do fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*).

Antioxidante	Compostos bioativos e Atividade	Fruto da macambira ( <i>Bromelia laciniosa</i> )		
		Polpa	Casca	Semente
		r	r	r
	<b>Fenólicos Totais</b>	0,669*	0,629*	0,689*
<b>DPPH</b>	<b>Flavonóides</b>	0,628*	0,678*	0,784*
	<b>Carotenóides</b>	0,712*	0,764*	0,806*
	<b>Vitamina C</b>	0,583*	0,683*	-

(\*)  $p < 0,05$  associação significativa.  $r =$  Classificação de correlação: desprezível :0,0 a 0,3; fraca:0,4 a 0,5; moderada: 0,6 a 0,7; forte: 0,8 a 0,9 e muito forte  $> 0,9$ .

A atividade antioxidante (Tabela 7) na casca se sobressaiu a verificada na polpa e na semente, isso pode ser explicado pelo fato de a casca, por ser a estrutura mais externa e em contato direto com o meio ambiente, ser mais exposta a possíveis agressões que conseqüentemente podem incidir em estresse para o fruto, conseqüentemente sendo necessário o aumentando da síntese de compostos bioativos, como os fenólicos, incluindo os flavonoides, carotenoides e vitamina C, para que haja um reforço no sistema de proteção do fruto.

Cabe ressaltar que apesar da casca ter se destacado em relação a sua atividade antioxidante, polpa e semente também apresentaram elevada atividade antioxidante, podendo ser consideradas como fonte de antioxidantes, o que ressalta o potencial desse fruto como mais uma opção para o consumo, especialmente para populações locais, e para o seu aproveitamento para elaboração de produtos pela indústria de alimentos.

## 7 CONCLUSÃO

O fruto da macambira (*Bromelia laciniosa*) pode ser considerado como um alimento nutritivo, com baixo valor calórico, fonte de fibras alimentares, especialmente as insolúveis, além de apresentar atividade antioxidante, que está relacionada aos teores de compostos bioativos como os fenólicos totais, flavonoides e carotenóides totais na polpa, casca e semente do fruto, e ainda sua casca e polpa serem fontes de vitamina C.

## 8 SUGESTÕES

- Sugere-se que sejam realizados estudos a respeito da toxicidade aguda e crônica desse fruto, no intuito de se garantir segurança para o seu consumo e que possibilite sua utilização pela indústria de alimentos.
- Sugere-se ainda que realizem-se estudos que visem seu aproveitamento, tanto pelo consumo *in natura*, como por meio do desenvolvimento de produtos alimentícios com apelo funcional a partir da sua polpa e/ou casca, visto os teores de compostos bioativos, fibras e atividade antioxidante desse fruto verificadas no presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, M.F.; FREITAS, P.F.; BARBOSA-FILHO, J.M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 17, n.1, p.114-140, 2007.
- ALBUQUERQUE, U.P; MEDEIROS, P.M.; ALMEIDA, A.L.S.; MONTEIRO, J.M.; LINS-NETO, E.M.F.; MELO, J.G.; SANTOS, J.P.. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**. v.114, n.3, p. 325-354, 2007.
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 2490-2499, 2010.
- ALVES, A.M.; ALVES, M.S.O.; FERNANDES, T.O.; NAVES, R.V.; NAVES, M.M.V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 837-844, Setembro/ 2013.
- ALVES, M.J. ; MOURA, A.K.S.; COSTA, L.M.; ; ARAÚJO, E.J.F. ; SOUSA, G.M. ; COSTA, N.D.J. ; FERREIRA, P.M.P. ; SILVA, J.N. ; PESSOA, C.; LIMA, S.G.; CITÓ, A.M.G.L. Teor de fenóis e flavonoides, atividades antioxidante e citotóxica das folhas, frutos, cascas dos frutos e sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth (Leguminosae – Mimosoideae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v.13, n.5, p.466 – 476, 2014.
- AMORIM, A. G.; SOUSA, T. A.; SOUZA, A. O. **Determinação do pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*)**. Resumo expandido do VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, 2012.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**. v. 19, n.2, p. 233-243, 2006.
- ANDARWULAN, N.; KURNIASIH, D.; APRIADY, R. A.; RAHMAT, H.; ROTO, A. V.; BOLLING, B. W. Polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 339 –347, 2012.
- ANDRADE, D. F. Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2010, 470 p.
- ANGELIN, A.E.S.; MORAES, J.P.S.; SILVA, J.A.B.; GERVÁSIO, R.C.R.. Germinação e Aspectos Morfológicos de Plantas de Macambira ( *Bromelia laciniosa*), encontradas na Região do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 1065-1067. 2007.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 232-240, 2007.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.

AUGUSTA, I.M.; RESENDE, J.M.; Soraia Vilela BORGES, S.V.; MAIA, M.C.A.; Gimenes COUTO, M.A.P.G.. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.4, p.928-93, 2010.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. **Tendências em conservação de alimentos**. In: Azeredo, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p.135-150, 2004.

BARROSO, A.K.M.; TORRES, A.G.; CASTELO-BRANCO, V.N.; FERREIRA, A.; FITONELLI, P.V.; FREITAS, S.P.; ROCHA-LEÃO, M.H.M.. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.181-187, 2014.

BESSA, M. N. **A macambira (bromélia forrageira)**. [Natal]: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 1982.

BORGES, K.C.F.; SANTANA, D.G.; MELO, B.; SANTO, C.M.. Rendimento de polpa e morfometria de frutos e sementes de pitangueira-do-cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 32, n. 2, p. 471-478. 2010.

BUTTRISS, J.L.; STOKES, C.S.. Dietary fibre and health: an overview. **Nutrition Bulletin**. v. 33, n.1, p.186-200, 2008.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M. C.; PIATTI, E. Raw *Millefiori* honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 217-222. 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

CARVALHO, J.E.U.; MULLER, C.H. Caracterização física de frutos de matrizes selecionadas de bacurizeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2005, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio: UENP/UFRURAL, 2005. p.379.

CARVALHO, J.E.U.; MULLER, C.H..Biometria e Rendimento Percentual de Polpa de Frutas Nativas da Amazônia. **Comunicado Técnico** nº 139, p.1517-2244, 2005.

CARVALHO, K.H.; BOZATSKI, L.C.;SCORSIN, M.; NOVELLOD.;PEREZ,E.; DALLA SANTA, H.S.;SCORSIN, G.; BATISTA,M.G.. Desenvolvimento de *cupcake* adicionado de farinha da casca de banana: características sensoriais e químicas. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 475-481. 2012.

CAZARIN,C.B.B.; SILVA,J.K.; COLOMEU,T.C.; ZOLLNER,R.L.;MARÓSTICA JUNIOR, M.R. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1699-1704, 2014.

COSTA, N.M.B.;ROSA, C.O.B..**Alimentos Funcionais- componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio, Rio de Janeiro, 2010. 536 p.

CHAVES,E.M.F.; SILVA,J.N. ; LIMA,A. ; ALBUQUERQUE ,U.P. ; BARROS,R.F.M.. Potencial das plantas comestíveis silvestres da região semi-árida do nordeste Brasil: abordagem química etnoguiada. **Espacios**, v. 36, n.16, p. 20, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 320p.

DE PAULA FILHO, X.B.; BARREIRA,T.F.; FREITAS,G.B.; MARTINO,H.S.D.; SANT'ANA, H.M.P..Wild pineapple (*Ananas bracteatus* (LINDL.),VAR. *albus*) harvested in forest patches in rural area of viçosa, minas gerias, Brazil: excellent source of minerals and good source of proteins and vitamin C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3 : e-526, 2016.

DUTRA, A.S; TEÓFILO, E.M.; MEDEIROS-FILHO, S.. Germinação de sementes de macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schut. **Revista Caatinga**. v. 23, n. 2, p. 12-17, abr.-jun., 2010.

D'ARCHIVIO, M.; FILESI, C. DI BENEDETTO, R.; GARGIULO, R.; GIOVANNINI, C.; MASELLA, R.. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**. v.43, n.4, p.348-61, 2007.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, p. 8.139-8.144, 2010.

FABRI, R.L.; COSTA, J. A. B. M.. Perfil farmacognóstico e avaliação das atividades citotóxica e antibacteriana de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Eletronica de Farmácia**. v.9, n.2, p. 37 - 48, 2012.

FARIAS, N.S.; CAVALCANTI, M.T.;ELLER, S.C.W.S.;FEITOSA, V.A.;FLORENTINO, E.R.. Elaboração de biscoitos tipo cookie enriquecido com macambira (*Bromélia laciniosa*) **Revista Verde**. v.6, n.4, p. 50 – 57, 2011.

FERREIRA, I. C. F. R., BARROS, L., ABREU, R. M. V. Antioxidants in wild mushroom. **Current Medicine Chemistry**, v. 16, p. 1543 -1560, 2009.

FIORAVANTE, M.B.; HIANE, P.A.; CAMPOS, R.P.; CANDIDO, C.J.. Qualidade nutricional e funcional de biscoito de farinha de caraguatá (*Bromelia balansae* Mez). **Revista UNIABEU**, v. 9, n. 22, p. 221-235, 2016

FORZZA, R.C.; COSTA, A.; SIQUEIRA FILHO, J.A.; MARTINELLI, G.; MONTEIRO, R.F.; SANTOS-SILVA, F.; SARAIVA, D. P.; PAIXÃO-SOUZA, B.; LOUZADA, R.B.; Versieux, L. *Bromeliaceae*. In : **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014 Available in: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB16578>>. Access on: 02 Jun. 2015

FLAMBÓ, D.F.A.L.P. **Atividades Biológicas dos Flavonoides: Atividade Antimicrobiana**. (Dissertação) Programa de Pós- Graduação em Ciências Farmacêuticas. 2013. 31 fls. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto (Portugal) 2013.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. (Dissertação) Pós-graduação em Ciência dos Alimentos. 2008. 88 f. Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo-SP. 2008.

GONDIM, J.A.M.; MOURA, M.F.V.; DANTAS, A.S.; MEDEIROS, R.L.S.; SANTOS, K.M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 825-827, 2005

HALLIWELL, B. Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo? **Free Radical Research.**, v. 25, n.5, p.439-54.1996.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em Alimentos. **Alimentos Nutrição**, v.19, n.1,p. 97-108, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos**. 4. ed. Sao Paulo: IMESP, 2005.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolics phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

KOBORI, C.R.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

KRUMREICH, F.D.; CORRÊA, A.P.A.; SILVA, S.D.S.S.; ZAMBIAZI, R.C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 450-456, 2015.

LADEMANN, J.; PATZELT, A.; SCHANZER, S.; RICHTER, H.; MEINKE, M.C.; STERRY, W. Uptake of antioxidants by natural nutrition and supplementation: pros and cons from the dermatological point of view. **Skin Pharmacology and Physiology**. v. 24, n.5, p:269-73, 2011.

LAKO, J.; TRENERRY, V. C.; WAHLQVIST, M.; SOTHEESWARAN, N. W. S.; PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, v.101, p. 727–1741, 2007.

LEMOS,D.M.; QUEIROZ,A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.. Caracterização físico-química de sementes de noni. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologia-GEINTEC**, v. 5, n. 3, p.2308- 2315, 2015.

LEONEL, S; LEONEL, M; SAMPAIO, A.C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv smooth cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 433-439, 2014.

LIEN, A.P.; HUA, H.; CHUONG, P. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. International. **Journal of Biomedicine Science**, v. 4, n. 2, p. 89-96, 2008.

LIMA,C.A.;FALEIRO,F.G.;JUNQUEIRA,N.T.V.; COHEN,K.O.; GUIMARÃES,T.G.Characterísticas físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas - usos e potencialidades**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA/PNE/ERG-KEW, 44p, 1996.

LIMA-SARAIVA, S.R.G.; SARAIVA,C.C.H.; SILVA,J.C.; NEVES,L.F.; DAMASCENOP.K.F.; BRANCO,C.R.R.; BRANCO,A.; AMORIM, E.L.C.; AND JACKSON RGS ALMEIDA, J.R.G.S..Antinociceptive properties and acute toxicity of ethanol extract of *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. F.(Bromeliaceae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research** , v.13,n.10,p. 1659-1666, 2014.

LIU, R.H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, v.46, p.207-219, 2007.

LORENZI, H.E.; MATOS F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil - nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

LUTHER, H.E. **An alphabetic list of bromeliad binomials**, 13th edn. Sarasota, FL: Marie Selby Botanical Gardens & Bromeliad Society International. 2012.

LUZIA,D.M.M.;JORGE,N .Composição centesimal, potencial antioxidante e perfil dos ácidos graxos de sementes de jambolão (*Syzygium cumini* L.).**Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 219-223, 2009.

MAIA, G.A; SOUSA, P. H; LIMA, A. S; CARVALHO, J. M; FIGUEIREDO, R. W.  
**Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade.**  
Edições UFC: Fortaleza, 2009. 277 p.

MANETTI, L.M.; DELAPORTE, R.H.; LAVERDE JÚNIOR, A. Metabólitos secundários da família Bromeliaceae. **Química Nova**, v.32, n.7, p.1885-97, 2009.

MANETTI, L.M.; TURRA, A.F.; TAKEMURA, O.S.; SVIDZINSKI, T.I.E.; JÚNIOR, A.L.. Avaliação das atividades antimicrobiana, citotóxica, moluscicida e antioxidante de *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.4 p. 406-413, 2010.

MAMEDE, M.E.O.; PASTORE, G.M..Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, p.233-252, 2004.

MARQUES,A.; CHICAYBAM,G.; ARAUJO,M.T.; MANHÃES,L.R.T.; SABAA-SRUR,A,U,O.Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) CV. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

MELO, E.A.; MACIEL, M. I.S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. v. 44, n. 2, 2008

MENDES, A.R. **Implementação e validação de uma metodologia para determinação de fibra alimentar.** (Dissertação) Pós-Graduação em Química Forense.2011 .81 fls. Universidade de Coimbra, Coimbra,2011.

MENEZES, E.W. et al. Codex dietary fibre definition – Justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerization. **Food Chemistry**, v.140, p.581-585, 2013.

MOREIRA,B.A.; WANDERLEY,M.G.L.;CRUZ-BARROS, M.A.V.. Bromélias: importância ecológica e diversidade. **Taxonomia e morfologia. Curso de Capacitação de monitores e educadores.** Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do instituto de Botânica – IBt, São Paulo, 2006.< Disponível em: [http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Bromelias\\_Bianca\\_Moreira.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Bromelias_Bianca_Moreira.pdf) > Acesso em : 09 de junho de 2015.

MORZELLE, M.C.; BACHIEGA,P.; SOUZA,E.C.;VILAS BOAS, E.V.B.; LAMOUNIER,M.L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 096-103, 2015.

MOYANO, D. D.; OSORIO, R. M.; MURILLO, P. E.; MURILLO, A. W; SOLANILLA, D., J.; MÉNDEZ, A., J.; ARISTIZABAL, S. J.. Evaluación de parámetros

bromatológicos, fitoquímicos y funcionalidade antioxidante de frutos de *Bromelia karatas* (Bromeliaceae). **Vitae**, v. 19, n. 1, p. S439-S441, 2012.

NASCIMETO, R.S.M.; CARDOZO, J.A.; COCOZZA, F.D.M.. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 8., p. 856-860, 2014.

NEVES, L. C. Frutos - O remédio do futuro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n.4. p. i, 2012.

NIJVELDT, R.J.; NOOD, E.V.; HOORN, D.V.; BOELEN, P.G.; NORREN, K.V.; LEEUWEN, P.V. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 74, p. 418 – 425, 2001.

NOVAES, M.D.S.; OLIVEIRA, A.P.; HERNANDES, T.; RODRIGUES, E.C.; SIGARINI, K.S.; PEDRO, F.G.G.; VILLA, R.D.. Composição proximal e mineral de biscoitos tipo amanteigado enriquecidos com diferentes farinhas de casca de frutas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 74, n. 4, p.390-398, 2015

OLIVEIRA, D. M.; BASTOS, D. H. M.. Biodisponibilidade de Ácidos Fenólicos. **Química Nova**, vol.34, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

OLIVEIRA-JÚNIOR, R.G.; OLIVEIRA, A.P.; GUIMARÃES, A.L.; ARAÚJO, E. C. C.; BRAZ-FILHO, R.; DAG O. ØVSTEDAL, D.O.; FOSSEN, T.; ALMEIDA, J.R.G.S .. The first flavonoid isolated from *Bromelia laciniosa* (Bromeliaceae). **Journal of Medicinal Plant Research**. v. 8, n.14, p. 558-563, 10 April, 2014.

PISOSCHI, A. M.; POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**., v. 97, p. 55–74, abr., 2015.

PITA, J.S.L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. (Dissertação) Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. 2012. 77 fls. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, 2012.

PORTO, R.G.C.L. **Influência do estágio de maturação no teor de compostos bioativos e atividade antioxidante no cajuí (*Anacardium humile* St. Hill) e castanhola (*Terminalia catappa* L.)**. 2014, 65 p. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí- UFPI. Teresina – PI, 2014.

POTRICKOS, R.; KLETCKE, V.; LOCATELLI, C.; ZANCANARO, V.; SANTOS, P. Determinação de fenóis totais em infusões aquosas de chá verde (*Camelia sinensis*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) preparada na forma de chimarrão. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**. v.2, n.1 Suplemento 4, p.27-38, 2013.

RIBEIRO, D.P.. **Biologia reprodutiva e compostos bioativos dos frutos de *Passiflora setacea* D. C.**..2014, 68 p (Dissertação) Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.Vitória da Conquista-Ba, 2014.

REITZ R. Bromeliáceas e a malária – bromélia endêmica. **In: Reitz R.** (Ed). Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues; 1983.

RIOS, A.O.;ANTUNES, L.M.G.; BIANCHI, M.L.P.. Proteção de carotenóides contra radicais livres gerados no tratamento de câncer com cisplatina. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.2, p. 343-350, jan./mar. 2009.

RINALDI, M.M.;LIMA,T.A.; ASCHERI, D.P.R. **Caracterização física de frutos de mamão e química de cascas e sementes.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 263 / Embrapa Cerrados, Planaltina –DF, 17 fls, 2010.

ROCHA,M.R.;FIGUEIREDO, R.W.;ARAÚJO, M.A.M.; MOREIRA-ARAÚJO, R.S.R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 933-941, Dezembro 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides:** tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos– Brasília: MMA/SBF. 2008. 100 p.

RODRIGUES, A.M.G.; MUZITANO, M.F.. Acidente vascular encefálico: flavonoides como possível estratégia neuroprotetora. **Perspectivas online: ciências biológicas e da saúde.** , v. 2, p. 9-19, 2012.

van ROOSMALEN, M. G. M. **Fruits of the Guianan Flora.** Wageningen: University of Utrecht Press/Veenman, 1985. 517p.

ROSA,J.S.; GODOY,R.L.O.; OIANO NETO,J.; CAMPOS, R.S.; MATTA,V.M.; FREIRE,C.A.; SILVA,A.S.; SOUZA,R.S. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27,n.4,p. 837-846, out.-dez. 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 4 p.(Comunicado Técnico, nº 127).

SANTOS,C.X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais.** (Dissertação) Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.2011. 61 fls. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, 2011.

SANTO,F.S.E.; MACIELJ.R.; SIQUEIRA FILHO, J.A .Impacto da herbivoria por caprinos sobre as populações naturais de *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. F. (Bromeliaceae). **Revista Árvore**, v.36, n.1, p.143-149, 2012.

SANTOS, G. M. dos; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; COSTA, J. M. C. da C.; FIGUEIREDO, R. W. de; PRADO, G. M. do. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SANTOS, V.N.C.; FREITAS, R.A.; DESCHAMPS, C.F.; BIAVATTI, M.W.. Ripe fruits of *Bromelia antiacantha*: investigations on the chemical and bioactivity profile. **Brazilian Journal of Pharmacognosy** .v. 19, n. 2<sup>a</sup>, p. 358-365, Abr./Jun. 2009.

SILVA, E.B.; SILVA, E.S.. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação sensorial de bolos com coprodutos da abóbora (*Cucurbita moschata*, L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 7, n. 5, p. 121 - 131, 2012 (Edição Especial).

SILVA, L.R.; ALVES, R.E.. Caracterização físico-química de frutos de “mandacaru”. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**. v. 7, n. 2, p. 199-205, abr./jun. 2009

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdicphosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SUCUPIRA, N.R.; SILVA, A.B.; PEREIRA, G.; COSTA, J.N.. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263 – 269, 2012.

SMITH, L.B.; DOWNS, R..J..Pitcairnioideae (Bromeliaceae) In: **Flora Neotropica**. New York , v.4, n. 1, p. 658. 1974.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I.A.; GARBELOTTI, M.L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.60, n.2, p. 113-117, 2001.

UCHÔA THOMAZ, A. M. A. ; SOUSA, E. C. ; LIMA, A. ; LIMA, R. M. T. ; FREITAS, P. A. P. ; SOUZA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. A. ; CARIOCA J. O. B. . Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, ano 30, v. 5, Pp. 199 -210, 2014

UENOJO, M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. 2007. Carotenóides: Propriedades, Aplicações e Biotransformação para Formação de Compostos de Aroma. **Química Nova**, v.30, n.3, p. 616-622.

VAINSENER, S. A.. *Macambira*. Pesquisa Escolar On-Line, Fundação Joaquim Nabuco, Recife.2010. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br>>. Acesso em: 25 de maio de 2015.

VALLÉS, D.; FURTADO, S.; CANTERA, A.M.B. Characterization of news proteolytic enzymes from ripe fruits of *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae). **Enzyme and Microbial Technology**, v.40, n.3, p.409-13, 2007.

VIANA, E. S.; REIS, R. C.; JESUS, J. L.; JUNGHANS, D. T.; SOUZA, F. V. D. Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.7, p.1155-1161, 2013.

WATERHOUSE, A. L. Wine phenolics. **Annals New York Academy of Sciences**, New York, v. 957, p. 21-36, 2002.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington DC: Consumer and Food Economics Research, 1963. (Agriculture Handbook, 8).

WEBER, P.; BENDICH, A.; SCHALCH, W. Vitamin C and human health: a review of recent data relevant to human requirements. *Int Z Vitam*; v.66, p.19-30, 1996.

WONG, J.M.; JENKINS, D.J. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. **Journal Nutrition**. v. 137, (Suppl 11), p.2539S-46S, 2007.

ZAMORA, J.D. Antioxidants: micronutrients fighting for health. **Revista Chilena de Nutrición**. v.34, n.1,p.17-26, 2007.