



Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – PROPPG
Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável - IEDS
Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis - MASTS

FRANCISCO ACÁCIO DE SOUSA

**DETERMINAÇÃO DE POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS, NÃO EXTRAÍVEIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* NOS SUCOS DA POLPA E
CLARIFICADO DE AÇAÍ.**

Redenção - Ceará

2020

FRANCISCO ACÁCIO DE SOUSA

**DETERMINAÇÃO DE POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS, NÃO EXTRAÍVEIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* NOS SUCOS DA POLPA E
CLARIFICADO DE AÇAÍ.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

Linha da pesquisa: Tecnologias e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Moura Rufino

Redenção - Ceará

2020

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Sousa, Francisco Acacio de.

S725d

Determinação de polifenóis extraíveis, não extraíveis e atividade antioxidante in vitro nos sucos da polpa e clarificado de açaí / Francisco Acacio de Sousa. - Redenção, 2020.

53f: il.

Dissertação - Curso de Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2020.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria do Socorro Moura Rufino.

1. Produção industrial. 2. Açaí. 3. Compostos fenólicos. 4. Alimentos - Teor fibroso. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 641.875

FRANCISCO ACÁCIO DE SOUSA

**DETERMINAÇÃO DE POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS, NÃO EXTRAÍVEIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* NOS SUCOS DA POLPA E
CLARIFICADO DE AÇAÍ.**



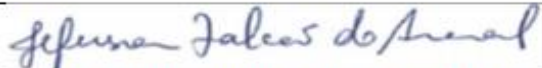

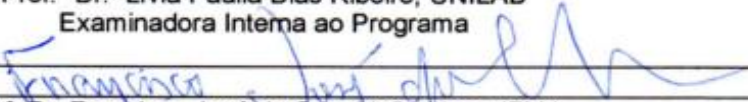
Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como partes dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

Linha da pesquisa: Tecnologias e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Moura Rufino

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA


Prof. ^a Dr. ^a Maria do Socorro Moura Rufino, UNILAB Presidente / Orientadora

Prof. Dr. Aluísio Marques da Fonseca, UNILAB Examinador Interno ao Programa

Prof. Dr. Jeferson Falcão do Amaral, UNILAB Examinador Interno ao Programa

Prof. ^a Dr. ^a Livia Paulia Dias Ribeiro, UNILAB Examinadora Interna ao Programa

Prof. Dr. Francisco José da Conceição Lima, IFMA Examinador Externo ao Programa

RESUMO

É crescente a demanda da população mundial por sucos e alimentos mais saudáveis. O suco funcional do açaí, assim como o fruto, possui potencial funcional, devido ao elevado teor de fibra dietética antioxidante (solúvel e insolúvel). Foram estudados suco da polpa e clarificado de açaí, verificando o teor de polifenóis extraíveis (EPP) e não-extraíveis (MACAN) e atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS. As amostras analisadas foram: suco de açaí concentrado e clarificado 24°Brix (SCC1), suco de açaí concentrado e clarificado 24°Brix (SCC2), suco de açaí concentrado e clarificado 18°Brix (SCC3) e suco da polpa de açaí 12% de sólidos (SP4). Para a análise estatística dos dados usou-se software R development core team. Aplicou-se também análise de componentes principais (PCA). Constatou-se que a amostra SCC1 obteve o melhor resultado com 335,68 mg EAG/g para EPP e a SCC2 apresentou 769,33 mg/100g de MACAN. A amostra SCC3 obteve a maior AAT com 15,47 μ M trolox. Análise de Componentes Principais (PCA). Apresentou que a amostra SP4 possui baixos valores dos parâmetros estudados. Dessa forma, o suco clarificado de açaí pode ser considerado como uma bebida funcional, por possuir altos teores de atividade antioxidante e outros compostos que favorecem a saúde humana.

Palavras-Chave: Suco industrial. Alimento funcional. Compostos fenólicos. Açaí.

ABSTRACT

The demand of the world population for healthier juices and foods is growing. The assaí functional juice, as well as the fruit, has functional potential, due to the high content of antioxidant dietary fiber (soluble and insoluble). Pulp juice and clarified assaí juice were studied, checking the content of extractable (EPP) and non-extractable (MACAN) polyphenols and total antioxidant activity (AAT) by the ABTS method. The analyzed samples were: concentrated and clarified assaí juice 24 ° Brix (SCC1), concentrated and clarified assaí juice 24 ° Brix (SCC2), concentrated and clarified assaí juice 18 ° Brix (SCC3) and assaí pulp juice 12 % solids (SP4). For the statistical analysis of the data, R development core team software was used. Principal component analysis (PCA) was also applied. It was found that the SCC1 sample obtained the best result with 335.68 mg EAG/g for EPP and SCC2 presented 769.33 mg/100g of MACAN. The SCC3 sample obtained the highest AAT with 15.47 µM trolox. Principal Component Analysis (PCA). He showed that the SP4 sample has low values of the studied parameters. Thus, clarified assaí juice can be considered as a functional drink, as it has high levels of antioxidant activity and other compounds that favor human health.

Key words: Industrial juice. Functional food. Phenolic compounds. Assaí

DEDICATÓRIA

“Quem não tem um amigo, mas tem um livro, tem uma estrada.”

Trecho do livro: Quarto de despejo

Autora: Carolina Maria de Jesus

AGRADECIMENTOS

Às **Deusas**, aos **Deuses** e ao **Universo** pelo dom da vida, e por serem eles que me dão forças para superar as dificuldades.

A **Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB** que, através do Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis – MASTS, me deu a oportunidade de cursar o mestrado, bem como pela concessão da bolsa, que deu maior viabilidade financeira a pesquisa.

A **Universidade Federal do Ceará – UFC**, que disponibilizou as dependências do Laboratório de Frutos Tropicais do Departamento de Engenharia de Alimentos – DEAL para a realização dos experimentos.

A minha **família**, por sempre estar presente em minha vida, nos momentos bons e ruins, em especial minha mãe Raimunda Antônia, por ser um exemplo de força e coragem a ser seguido, ao meu pai Roberto, minhas irmãs Cicília, Celiane e Simone, meus sobrinhos Stefany, Eduardo e Alexandre, além da minha enorme gratidão ao Cândido Matos por sempre estar ao meu lado em todos os momentos.

À minha orientadora, professora **Dra. Maria do Socorro Moura Rufino**, pela dedicação como orientadora, prontidão e paciência em sempre tirar dúvidas, e por dividir seu conhecimento no decorrer da minha vida profissional e acadêmica.

Aos **amigos** Liliane Alves, Jairo Lima, Marcelo Ribeiro, Emanuel, Brenda, Maurício Sousa, e todos do Grupo de pesquisa POLIFBAN, por todo apoio e auxílio e nos momentos de dúvidas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Açaizeiro em várzea e cachos do fruto em maturação.....	15
Figura 2 – Rótulo funcional de garrafas comerciais de suco a base de açaí.....	18
Figura 3 – Produção de polpa de açaí.....	19
Figura 4 – Estrutura química dos flavonóides.....	25
Figura 5 – Estrutura química básicas das principais classes dos flavonóides.....	26
Figura 6 – Amostra do material suco clarificado e suco da polpa de açaí.....	31
Figura 7 – Fluxograma dos extratos de polifenóis do suco clarificado e suco da polpa de açaí...32	
Figura 8 – Curva de calibração para obtenção dos polifenóis extraíveis totais, para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.....	33
Figura 9 – Curva de calibração antioxidante sintético Trolox.....	35
Figura 10 – Esquema em fluxograma da metodologia de determinação de polifenóis não extraíveis (Decantado).....	36
Figura 11 – Curva de calibração para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (HPP).....	37
Figura 12 – Curva de calibração com comprimento de ondas a 450 nm, para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.....	38
Figura 13 – Curva de calibração com comprimento de ondas a 555 nm, para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.....	38
Figura 14– Curva de calibração comprimento de ondas 1 e 2 para obtenção dos polifenóis não-extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.....	39
Figura 15 – Gráfico bi-plot relaciona o gráfico dos escores das amostras e pesos das variáveis da análise de componentes principais, com 86% de explicação nas duas primeiras componentes (A1 = SCC1; A2=SSC2; A3=SCC3 e A4=SP4).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da polpa de açaí pelos valores de sólidos totais dissolvidos, segundo a IN SDA n°37/2018.....	20
Tabela 2 – Características físico-químicas do fruto do açaí para composição do suco clarificado, com valores expressos em gramas de matéria seca.....	22
Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da Secretaria de Defesa Agropecuária para suco clarificado de açaí, expressos em gramas de matéria seca.....	22
Tabela 4– Nomenclatura das amostras de açaí.....	30
Tabela 5 – Quantificação de polifenóis extraíveis totais por amostras do suco clarificado e polpa do suco de açaí expressos em mg equivalente de ácido gálico/100g.....	40
Tabela 6 – Quantificação da atividade antioxidante em amostras de suco clarificado e polpa do suco de açaí pelo método ABTS expressos em μM Trolox/100g.....	41
Tabela 7 – Quantificação dos polifenóis não extraíveis (MACAN) dos extratos elaborados de suco clarificado e polpa do suco de açaí.....	43
Tabela 8 – Resumo dos dados submetidos a Análise de Componentes Principais (PCA).....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS – Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

DPPH – 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EAG – Equivalente de ácido gálico

kg – Quilograma

mg – Miligramas

µL – Microlitros

mL – Mililitros

LDL – Lipoproteína de Baixa Densidade

FRAP – Poder Antioxidante da Redução Férrica

Trolox – 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2- ácido carboxílico

SDA – Secretaria de Defesa Agropecuária

EPP – Polifenóis Extraíveis Totais

MACAN – Macroantioxidantes

HPP – Polifenóis hidrolisáveis

NEPA – Proantocianidinas não-extraíveis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. Açaí.....	15
3.2 Bebidas funcionais	16
3.3 Polpa de açaí.....	18
3.4 Suco clarificado de açaí.....	20
3.5 Potencial funcional.....	23
3.6 Polifenóis.....	24
3.7 Atividade antioxidante.....	27
3.8 Conteúdo macroantioxidantes.....	28
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 Local da pesquisa.....	30
4.2 Obtenção dos extratos.....	31
4.3 Polifenóis extraíveis (EPP).....	32
4.4 Método de captura do radical livre – ABTS.....	33
4.5 Determinação do conteúdo macroantioxidantes (MACAN).....	35
4.6 Análise estatística.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 Polifenóis extraíveis totais.....	39
5.2 Atividade Antioxidante Total – ABTS	41
5.3 Compostos macroantioxidantes (MACAN).....	42
5.4 Análise de componentes principais (PCA).....	44
6 CONCLUSÕES.....	46
7 REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

As evidências científicas sobre os efeitos de antioxidantes na saúde humana foram estabelecidas apenas em compostos fenólicos e atividade antioxidante em compostos de baixo peso molecular. Com o avanço de novas metodologias foi possível detectar que alguns alimentos vegetais possuem altas concentrações de antioxidantes de alto peso molecular que são chamados de compostos macromoleculares ou macroantioxidantes (SAURA-CALIXTO, 2017). Esses compostos podem trazer benefícios em relação a saúde do nosso corpo. Diferem em relação aos antioxidantes de baixo peso molecular por possuírem algumas características fisiológicas específicas e alguns mecanismos de ação que, com aumento no consumo, previne doenças crônicas e degenerativas (ZURITA *et al.*, 2012).

No Brasil, existem poucos estudos que buscam identificar esses compostos como macroantioxidantes. Os primeiros trabalhos foram realizados por Rufino *et al.* (2010), analisando frutas como açaí (*Euterpe oleracea*), acerola (*Malpighia puniceifolia*) e caju (*Anacardium occidentale* L.). Ademais, as principais pesquisas referentes ao açaí estão associadas à polpa do fruto; a exemplo do artigo de Rufino *et al.* (2010), a polpa de açaí possui altos teores de fibra alimentar, particularmente a insolúvel, antocianinas e ácidos graxos (oléico e linoléico). Destaca-se, portanto, como fonte de energia, sendo uma alternativa excelente para incrementação em dietas alimentares. Por conseguinte, é de suma importância o avanço de mais pesquisas relacionadas ao potencial macroantioxidantes, especialmente de bebidas funcionais como o suco clarificado.

O processo de clarificação consiste na remoção do material suspenso (lipídios e sólidos insolúveis) e é realizado a partir de separação das membranas e filtragens para remoção dos particulados em suspensão. Isso permite que o produto seja aceito no mercado com as mesmas características da fruta e possibilidade de utilização do suco para a elaboração de novos produtos.

Rocha *et al.* (2015) já descrevia que a polpa e o suco clarificado do açaí possuem potencial para serem utilizados como suplementos funcionais em dietas, devido ao elevado teor de fibra dietética antioxidante (solúvel e insolúvel), o que faz com que o consumidor procure um produto ao natural como esse.

O açaí, em suas várias formas de comercialização, é um alimento rico em fibras, e nessa perspectiva auxilia o corpo no trânsito intestinal, onde o baixo consumo desses compostos na dieta alimentar pode acarretar sérios problemas, tais como câncer, estão relacionadas ao de colón, estomago entre outras e em doenças cardiovasculares (RUFINO *et al.*, 2010). Como supracitado, existem dois tipos de fibras solúveis (pectinas, gomas, mucilagens e hemiceluloses) que ajudam a reduzir o nível de colesterol no sangue, além das insolúveis (ligninas, celulosas e hemicelulosas), que previnem que nosso corpo adquira certos tipos de câncer. Tanto a polpa como o óleo do açaí têm um grande potencial antioxidante, atribuído aos compostos presentes como antocianinas e flavonoides (RUFINO *et al.*, 2011).

Ante o exposto, este trabalho objetivou analisar os sucos clarificados e suco da polpa de açaí provenientes da indústria, quantificando os polifenóis extraíveis totais, a atividade antioxidante e os compostos macroantioxidantes (MACAN).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Quantificar os compostos antioxidantes presentes no suco clarificado e suco da polpa do açaí, oriundo de uma indústria de produtos de bebidas não alcoólicas e sucos concentrados, verificando o teor de polifenóis extraíveis (EPP) e polifenóis não extraíveis (MACAN), analisando a atividade antioxidante presentes nas amostras do suco clarificado e suco da polpa do açaí.

2.2 Específicos

- Verificar a atividade antioxidante dos extratos de polifenóis do suco clarificado e suco da polpa de açaí nas quatro amostras do produto industrializado, analisando frações dos extratos dos polifenóis extraíveis (EPP), utilizando como método ABTS.
- Verificar o teor de polifenóis extraíveis totais (EPP) presentes nos extratos de suco clarificado e suco da polpa de açaí presente nas amostras dos produtos industrializado.
- Quantificar o teor de polifenóis não extraíveis (MACAN) presentes nos extratos de suco clarificado e suco da polpa de açaí nas amostras dos produtos industrializados.
- Analisar os dados obtidos nos parâmetros realizados através da Análise de componentes principais (PCA), com o objetivo de identificar se há algum padrão químico entre as diferentes amostras de suco de açaí clarificado e suco da polpa de açaí.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Açaí

O açaí (*Euterpe oleracea*), pertencente à família Arecaceae, é originário da Amazônia, podendo ser encontrado nas porções dessa floresta que cobre países como Brasil, Venezuela, Colômbia e Equador e é normalmente encontrado em áreas de terra firme, principalmente aquelas localizadas próximas às várzeas e aos igapós (BRANDÃO, *et al.*, 2015).

Sua árvore ou palmeira é multicautelada, podendo alcançar de 3 a 20 metros de altura, com 7 a 18 cm de diâmetro, com a produção dos frutos ocorrendo entre 3 e 4 anos de idade da planta. No que diz respeito a sua inflorescência, é composta por um conjunto de ramos, com flores masculinas e femininas nas quais se desenvolve o fruto, que é uma drupa globosa de 1 a 2 cm e peso médio de 1,5 gramas (Figura 1). A floração ocorre durante todos os períodos do ano, com concentrações maiores no período dos meses de fevereiro a julho. Após a fecundação das flores, o fruto se desenvolve entre 5 e 6 meses (MOURO, 2018).

Figura 1: Açaizeiro em várzea e cachos do fruto em maturação.



Fonte: Nogueira *et al.* (2005)

A colheita é feita quando a fruto está na coloração roxo-escuro ou verde-escuro, ou após um período de 180 dias; essa etapa é a mais cautelosa, devido ao fato da altura da planta e, por isso, é preciso extremo cuidado para não danificar os cachos com os frutos. Já que o fruto é altamente perecível, nesta etapa são necessários vários cuidados para que não prejudique o processo final do mesmo, posto que a matéria prima é utilizada para realização de vários subprodutos como polpa, sucos, sorvetes, cremes, iogurtes e licores, entre outros (MOURO, 2018).

Além disso, o açazeiro tem grande importância socioeconômica, devido ao alto teor de aproveitamento da sua matéria prima, posto que, além da extração da polpa, as sementes são reaproveitadas como parte do artesanato local e como adubo para própria plantação. Também fornece o palmito que é comercializado na região, bem como as palhas que são usadas nas coberturas de casas, assim como os estipes que são usados para fazer papel, do qual é extraído a celulose. A colheita desse fruto é uma das principais fontes de rendas das populações ribeirinhas, devido ao mercado local atender demandas não somente de vários estados brasileiros, mas também de outros países (BRANDÃO *et al.*, 2015).

3.2 Bebidas funcionais

Nos últimos anos, passou a existir um interesse crescente da sociedade por um tipo de alimentação mais saudável e, conseqüentemente, um melhor estilo de vida, em busca de fortalecer e melhorar a saúde do corpo. Com isso, a procura por uma alimentação balanceada rica em nutrientes levou o setor alimentício a ir atrás de profissionais e de produtos voltados para melhorar a qualidade de vida. Na década de 1960 surgiram os primeiros estudos científicos em relação a uma dieta mais saudável, mas somente a partir dos anos 1980 surgiu no Japão o termo alimento funcional, com intuito de melhorar a qualidade de vida da população da época para alcançar uma expectativa de vida mais alta (COSTA e ROSA, 2016).

As bebidas e alimentos funcionais podem ser definidos – segundo a portaria nº 398, de 30 de abril de 1999, do Ministério da Saúde por meio da Agência nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – como qualquer alimento natural, ou não, que tenha sido enriquecido ou fortificado com adição de nutrientes essenciais, podendo ser modificado através de tecnologias ou biotecnologias de processamentos. Esses produtos tem o intuito

de proporcionar benefícios a saúde, ajudando na prevenção e no combate de doenças para um determinado grupo ou membros. Além disso, é necessário que os mesmos tenham características semelhantes aos seus produtos equivalentes, e também devem ser consumidos da mesma forma (CANDIDO *et al.*, 2005).

Os principais componentes desses alimentos são compostos bioativos, fitoquímicos, polissacarídeos, vitaminas antioxidantes, ácidos graxos, pré-bióticos e probióticos entre outros. Esses compostos auxiliam o corpo humano com problemas gastrointestinais, osteoporose, hipertensão, câncer (mama, próstata, entre outros), pressão alta e obesidade, entre outras. (VIZZOTTO *et al.*, 2010).

Como dito, no mundo, há uma demanda da população na procura de sucos e alimentos mais saudáveis, com sabor fresco, natural e alto valor energético, e com preço acessível. Estima-se que até o final de 2020 o setor de bebidas funcionais irá gerar em torno de US\$ 192 bilhões, sendo que dentre os principais países responsáveis estão os Estados Unidos, o Japão e o Brasil. Além dos principais sabores tradicionais, como Laranja, Uva, Maçã, somam-se outros sabores exóticos, como Camu-Camu, Graviola e Açaí (KAUR; SINGH, 2017).

O suco funcional do açaí, assim como o fruto, é rico em compostos bioativos que auxiliam no combate e na prevenção de doenças crônicas. Um desses compostos são as antocianinas, que tem diversas propriedades farmacológicas, tais como: ação anticancerígena, antiinflamatória, antimicrobiana. Além desse composto, possui altos teores de ácidos graxos insaturados que auxiliam no combate de doenças cardiovasculares e degenerativas, ajudando ainda a melhorar a saúde mental. A bebida ainda possui grande atividade antioxidante, que é importante no combate aos processos oxidativos, evitando maiores danos ao DNA e às macromoléculas, causando assim menos danos cumulativos e evitando desencadear doenças como o câncer, cardiopatias e catarata (LOBO *et al.*, 2016).

A atividade antioxidante do suco do açaí é superior à de bebidas tradicionais no mercado. Na figura 2, está a rotulagem e embalagem de um dos produtos do suco de açaí contendo os valores nutricionais.

Figura 2: Rótulo funcional de garrafas comerciais de suco a base de açaí.



Fonte: BOLTHOUSE DO BRASIL (2020).

O Estado do Pará é um dos principais exportadores do suco de açaí não processado. Somente entre os anos de 2013 e 2014, houve uma arrecadação de U\$\$ 91 milhões, sendo seus principais compradores países como Estados Unidos, Japão, Austrália e parte da Europa (BENTES *et al.*, 2017). O produto é processado de diferentes formas de acordo com a lei vigente em cada país.

3.3 Polpa de açaí

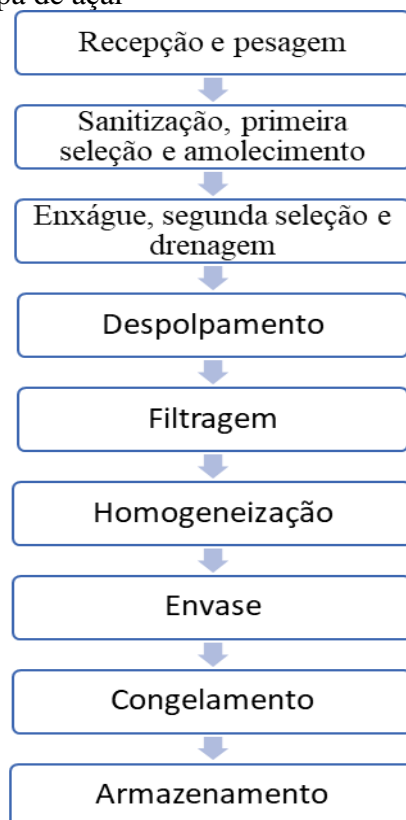
A polpa de açaí possibilita o consumo do produto de forma prática e fácil, além de contar com outros benefícios, como maior facilidade na hora de transportar, possibilitando sua entrada em outros mercados que não sejam apenas os da região onde é produzido. Outra vantagem é que sua durabilidade em relação a validade é prologada em comparação à fruta em estado natural. Além disso, as características da polpa são bem semelhantes a fruta em si, no que diz respeito ao aroma, ao sabor, aos nutrientes, entre outros (CANUTO, 2010).

O procedimento é realizado após a colheita do fruto, na pós-colheita, etapa na qual o açaí é processado para obtenção da polpa da fruta, tanto nas indústrias, como nas pequenas fábricas e cooperativas, sendo realizadas várias etapas até chegar ao produto final (MATTA, 2010).

Inicialmente, ocorre a recepção e a pesagem, etapas nas quais os frutos chegam ao local onde irá acontecer o processamento (indústria, pequenas fábricas, cooperativas). Os frutos chegam em temperatura ambiente em sacos plásticos de polietileno ou em caixas de plástico, sendo necessário que estejam em perfeitas condições de higiene. Somente assim poderão partir para a etapa seguinte, na qual serão pesados.

Após isso, os frutos são sanitizados para combater e prevenir algum tipo de contaminação: para isso, são imersos em água com uma solução de hipoclorito de sódio durante 40 minutos. Passado esse período, os frutos são selecionados e despulpados em uma máquina cilíndrica de aço inoxidável, etapa na qual são retirados caroços e borras, e, em seguida, é feita uma filtragem com peneiras para a retirada de resíduos. Depois, é feita uma homogeneização em relação ao lote, sendo que logo em seguida o produto é envasado, manual ou mecanicamente. Por fim, as polpas são congeladas em temperatura entre -18°C e -25°C , por um período de 24 a 36 horas. As mesmas devem ser acondicionadas na mesma temperatura caso não haja consumo ou venda (MÜLLER *et al.*, 2005). Na Figura 3, está o fluxograma com as etapas para fabricação das polpas de frutas de açaí.

Figura 3: Produção de polpa de açaí



Fonte: EMBRAPA (2007).

A classificação da polpa de açaí pode ser definida de acordo com a quantidade de água que é adicionada, seguindo os critérios da Secretária de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, no anexo II instrução Normativa N°37 (2018). A polpa pode ser definida em açaí grosso ou tipo A, açaí médio ou tipo B e açaí fino ou tipo C. Na tabela abaixo está a classificação da mesma.

Tabela 1: Classificação da polpa de açaí pelos valores de sólidos totais dissolvidos, segundo a IN SDA n°37/2018.

Classificação do Açaí	% de solúveis totais
Tipo A	14% ou +
Tipo B	11% a 14%
Tipo C	8% a 11%

Fonte: SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (2018).

3.4 Suco clarificado de açaí

Com as descobertas das qualidades nutricionais do fruto do açaí no início da década de 1990, a procura e a demanda do produto aumentou em outras regiões do Brasil e do mundo, com a polpa de fruta tornando-se o grande produto exportado, sendo responsável por 99% da exportação de açaí, e os outros 1% correspondendo a produtos de valor agregado (BENTES, 2017). No entanto, como dito, é um produto altamente perecível, segundo Matta *et al.* (2010), e, apesar de passar por vários processos de conservação, tais como branqueamento, pasteurização, entre outros, seu tempo de conservação, mesmo estando em temperatura adequada, é de cerca de 12 horas, devido a ocorrência de um processo de oxidação lipídica causadas pelas enzimas endógenas; com isso o produto adquire aspecto escuro, diferente da sua cor original (MATTA, 2010).

Outro problema que surge na produção da polpa de açaí é que 20% desta produção é perdida nos processos de pós-colheita, além de seu período de duração ser bem curto. Além disso, o produto em forma integral apresenta uma grande viscosidade causada na hora do processamento do fruto, pois na etapa de maceração, a pectina e outros

polissacarídeos ficam suspenso em solução, deixando o produto mais viscoso, o que pode causar problemas na hora da filtragem (MATTA,2010).

Com isso, para expandir o produto em escala comercial, a indústria e o setor alimentício tiveram que usar ou reinventar técnicas de melhoramento na produção de polpas de açaí, para reparar perdas e melhorar sua qualidade, aperfeiçoando assim suas técnicas de processamento (YAMAGUCHI, 2015).

Um desses métodos aprimorados é a clarificação do suco, que busca tornar o produto límpido e brilhante, deixando sua aparência mais atrativa. Além disso, ocorre a retirada do material suspenso deixando-o com sabor bastante agradável. A clarificação consiste na remoção de lipídios e sólidos insolúveis, deixando o suco com propriedades sensoriais mais aceitas no mercado alimentício. O processo se resume na separação das membranas, como fibras, pectinas, taninos, entre outros. Isso auxilia na retirada da turbidez do produto, deixando o mesmo mais limpo e com as mesmas características da polpa, possibilitando sua expansão para outras regiões e auxiliando na formulação de novos produtos (MATTA, 2009).

Segundo a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), na Instrução Normativa Nº37 (2018), define-se suco clarificado como uma bebida feita a partir do material *in natura*, usando apenas a sua parte comestível, que deve ser extraída com água. Nesse processo a redução dos sólidos totais deve ser igual ou inferior a 2%. Esse procedimento deve ser feito de forma adequada, para manter os sabores, a cor e os aromas característicos do fruto. Além disso, é necessário preservar uma parte mínima das antocianinas. Para isso, esse suco deve proceder de frutas frescas em boas condições de uso, livres de sujeiras, parasitas, insetos, entre outros, de forma a não afetar a composição do produto final, para que ele não fique impróprio para o consumo. A água usada no procedimento deve ser potável, com características estabelecidas pelos padrões de potabilidade da legislação vigente (SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, 2018).

Assim, o suco clarificado deve manter as mesmas características físico-químicas do fruto que lhe deu origem, seguindo os padrões estabelecidos, como exibido na Tabela 2. Além disso, não pode conter nenhum tipo de misturas com outros frutos ou espécies, e suas características organolépticas, como o aroma, devem ser as mesmas da fruta, com cor roxo violáceo e sabor não adocicado/não azedo, além dos seus aspectos físicos e sua

emulsão deve ser estável após o aquecimento (SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, 2018).

Tabela 2: Características físico-químicas do fruto do açaí para composição do suco clarificado, com valores expressos em gramas de matéria seca.

Parâmetros	Mínimo	Máximo
pH	4	6,2
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)	-	3,2
Açúcares totais naturais do açaí (g/100g)	-	6
Proteínas (g/100g)	7	-
Polifenóis Totais (g/100g)	1,8	-
Antocianinas (g/100g)	0,44	-

Fonte: SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (2018).

Após realizado o processo de clarificação, o suco clarificado deve atender outros padrões estabelecidos pela SDA na Instrução Normativa N°37 (2018), em relação as características físico-químicas, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de qualidade da Secretaria de Defesa Agropecuária para suco clarificado de açaí, expressos em gramas de matéria seca.

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Sólidos totais (g/100g)	-	2
Açúcares totais naturais da fruta (g/100 g)	-	1
Acidez total, expressa em ácido cítrico (g/100g)	-	0,01
Polifenóis Totais (mg/100g)	150	-
Antocianinas (mg/100g)	40	-

Fonte: SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (2018).

Existem vários métodos de clarificação do suco de açaí, como o tratamento enzimático, o osmótico, a microfiltração ou através de agentes clarificantes como betonita, sílica gel, gelatina, etc. A partir dessas técnicas é possível obter um produto similar à polpa do fruto, denominado assim suco clarificado, que mantém as mesmas características. Também, com essas técnicas, é possível criar novos produtos que agregam

valor ao fruto de forma geral. Outra vantagem é que seu tempo de validade é superior a polpa, possibilitando a expansão cada vez maior do produto no mercado (MATTA, 2010).

3.5 Potencial funcional

Existem vários estudos, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, sobre os benefícios do açaí na saúde humana. A partir dos dados analisados comprovou-se que os compostos presentes no fruto podem auxiliar e prevenir algumas doenças provocadas pelo processo oxidativo do nosso corpo. Segundo Singh *et al.* (2011), o estresse oxidativo pode ser um dos principais fatores para o surgimento de algumas doenças como hipertensão, obesidade, disfunção endotelial, entre outras.

Um desses estudos foi conduzido por Udani *et al.* (2011), que analisaram o consumo de açaí em pessoas com sobrepeso, cuja dieta foi feita com inserção de 200g polpa/dia. Após o período de um mês, foram comprovadas melhorias nos níveis de colesterol total, glicemia e colesterol LDL. Em outro estudo, realizado por Gale *et al.* (2014) foi confirmada a redução do colesterol total e colesterol LDL e, além disso, foi comprovado que o consumo de açaí ajuda na circulação do sangue, sem alterar os colesterolis lipoproteína de alta densidade e de baixa densidade. O mesmo autor também comprovou o efeito anti-hipertensivo na suplementação da dieta com açaí, além de mostrar que seu consumo melhora a redução da pressão arterial sistólica.

Outra pesquisa, realizada por Cordeiro *et al.* (2018), na qual o extrato de semente de açaí foi testado em ratos diabéticos e hipertensos, comprovou que os teores de compostos fenólicos ajudaram nas morfologias e funções renais, além de confirmar a melhoria na redução da pressão arterial sistólica, bem como apresentou outros benefícios, tais como: ações antioxidantes e anti-inflamatória.

O açaí possui ácidos graxos de boa qualidade, além de conter altos teores de antocianinas, que são pigmentos naturais responsáveis pela coloração do fruto. Contém, ainda, bastante atividade antioxidante, o que ajuda na circulação sanguínea e no combate dos radicais livres, além de possuir minerais mais comuns, como potássio e cálcio. Também conta com a presença de vitaminas, sendo em maior quantidade a vitamina E, que também auxilia na eliminação dos radicais livres. Além disso, possui proteínas em níveis superiores ao do leite e ao do ovo e, por isso, a polpa do fruto é muito utilizada na dieta de atletas (ROCHA *et al.*, 2015).

Estudos realizados por Rufino *et al.* (2011), reportam que a polpa do açaí contém polifenóis com alta capacidade antioxidante, sendo a maioria deles associada à fibra alimentar. Além disso, o seu óleo tem maior capacidade antioxidante do que o azeite e perfil de ácidos graxos comparáveis. O alto teor de fibra da polpa de açaí e seus polifenóis associados tornam este fruto uma fonte adequada de antioxidante e de fibra que pode ser utilizado como ingrediente alimentar para prevenir a oxidação lipídica; porém, seu excesso causa várias doenças no organismo, tais como diabetes, doenças crônicas, entre outras.

Segundo Trindade *et al.* (2012), o açaí é um alimento rico em fibras que são responsáveis pelo desenvolvimento do sistema digestivo, deixando-o mais saudável. A sua ausência provoca enfermidades como câncer e doenças cardíacas. Há dois tipos de fibras, solúveis e insolúveis, e ambas são encontradas em abundância no fruto do açaí.

A quantidade de benefícios que possui a fruta do açaí, que auxilia e protege a saúde humana, são inúmeras. Devido a todas as características apontadas no fruto, o consumo dele tem se tornado crescente, além de ser uma bebida natural e saudável. Esses benefícios são provenientes de macro e micronutrientes que contribuem para melhorar as características dessa fruta (KIM *et al.*, 2012).

3.6 Polifenóis

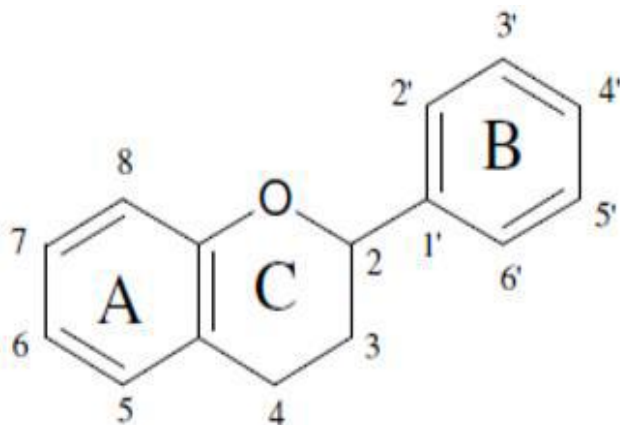
Polifenóis ou compostos fenólicos pertencem ao metabolismo secundário dos alimentos vegetais, podendo ser encontrados em várias partes da planta, como nas frutas, raízes, caules, flores, entre outros. Suas funções nas plantas são diversas, já que esse composto dá a pigmentação da cor, o sabor e o aroma. Isso serve de proteção contra algumas pragas e doenças, além de poder atrair possíveis polinizadores e contribuir em outros aspectos (PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, 2013).

Os polifenóis são os fitoquímicos mais comuns na dieta humana. Como dito anteriormente, essa família está muito presente em vários vegetais e frutas, sob a forma de compostos como os antioxidantes, que são quimicamente definidos como substâncias que possuem um ou mais anel aromático, podendo ter uma ou várias proporções de hidroxila (PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, 2013).

Os compostos fenólicos podem estar presentes em uma simples molécula ou em outras com um grande grau de polimerização, podendo ser encontrados em vegetais, açúcares e proteínas. Podem ser classificados de três formas: pouco encontrados, dentre os quais estão os fenóis simples (pirocatecol, o resorcinol) polímeros que estão na forma livre dos tecidos vegetais (taninos e ligninas) e os muito encontrados, que são largamente localizados na natureza. Nesses grupos estão divididos em três, onde são descritos como: flavonoides (antocianinas, flavonóis e seus derivados), os ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados) e as cumarinas (ARCHELA *et al.*, 2013).

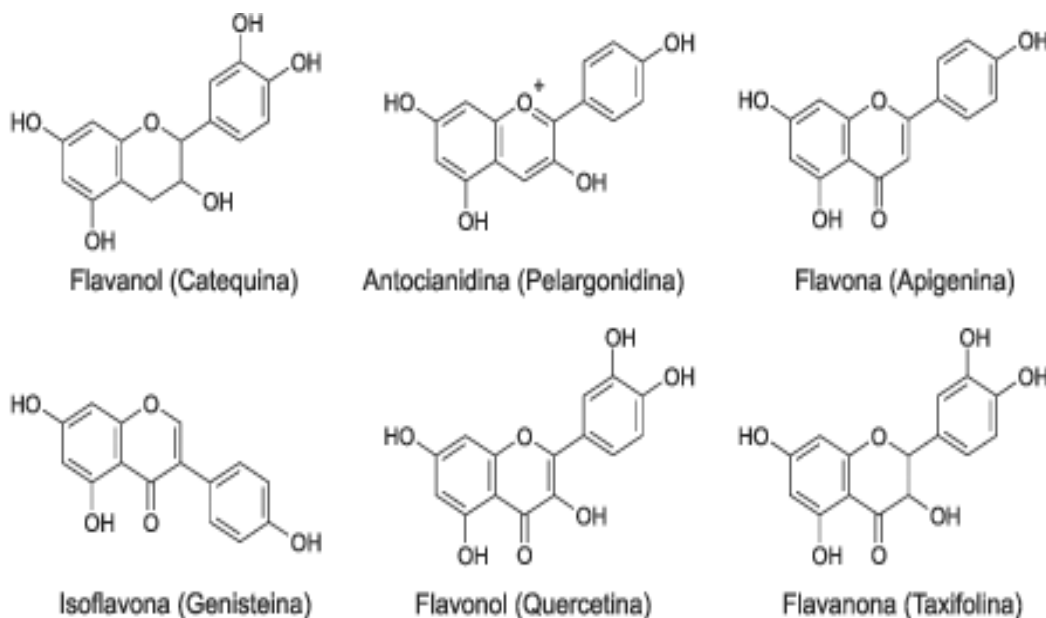
Segundo Angelo *et al.* (2007), existem mais de cinco mil compostos de natureza fenólica, destacando-se os flavonoides, que são responsáveis pela coloração dos frutos e flores. Além disso, são moléculas de baixo peso molecular, possuindo uma estrutura química de dois anéis aromáticos A e B, que são agrupações de três carbonos formando um anel heterocíclico (Figura 4). Essas ligações resultam em outras subclasses que são flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavonóis, flavanóis (catequinas) e antocianinas (Figura 5).

Figura 4: Estrutura química dos flavonóides.



Fonte: Valls *et al.* (2009)

Figura 5: Estrutura química básicas das principais classes dos flavonóides.



Fonte: Cerqueira *et al.*, (2007).

Segundo Pérez-Jiménez *et al.* (2014), existem várias metodologias para extração do teor de compostos fenólicos nos vegetais. Porém, a mais comum é a extração do sólido-líquido usando misturas de solventes orgânicos com água. Esse método é o mais utilizado na maioria das pesquisas associadas aos polifenóis, e resulta em sobrenadantes derivados do extrato de alimentos, onde são encontrados e denominados polifenóis extraíveis totais (EPP).

Os polifenóis extraíveis totais são os motivadores das principais pesquisas sobre polifenóis em alimentos. Nesses estudos, são comprovados os benefícios desse composto no nosso organismo, através de cálculos de ingestão alimentar, biodisponibilidade, intervenções ou prevenções e efeitos na prevenção de doenças crônicas (ARRANZ *et al.*, 2010).

Porém, existe uma grande parcela desse composto que permanece nos resíduos das extrações, que são chamados de polifenóis não extraíveis ou MACAN. No entanto, como todo alimento é consumido em sua totalidade, pode-se considerar que tanto os EPP quanto os MACAN podem contribuir para os efeitos benéficos à saúde, podendo prevenir

doenças crônicas, cardiovasculares, anti-inflamatórias e câncer (PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, 2013).

Além disso, os polifenóis atuam no organismo humano como antioxidantes. Estes compostos sequestram os radicais livres através da doação de elétrons, com sua estrutura sendo fator importante na execução deste processo de inibição de radicais livres (MUSA *et al.*, 2013). Segundo Pérez-Jiménez *et al.* (2014), os compostos fenólicos são os antioxidantes mais presentes ingeridos pela população, representando quase 90% no consumo de antioxidante em uma dieta.

3.7 Atividade antioxidante

Assim, como indica o próprio termo, os antioxidantes impedem as reações de oxidação de outras substâncias químicas, e são considerados de baixas concentrações, quando comparadas ao substrato oxidável, apresentando a capacidade de adiar ou impedir as reações que possam afetar a saúde humana, como o estresse oxidativo (PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, 2014).

Os antioxidantes são um grupo variado de compostos químicos naturais que incluem carotenóides, vitaminas C e E, polifenóis, entre outros. O consumo de alimentos que apresentam compostos com atividade antioxidante em uma dieta habitual tem comprovação, a partir de estudos epidemiológicos e clínicos, que esses compostos evitam e preservam o corpo humano de DCNT's (RUFINO *et al.*, 2011). Por esta razão, houve um aumento nos últimos anos de pesquisas sobre antioxidantes naturais.

Além disso, estudos apontam que os antioxidantes agem de forma benéfica em nosso organismo em relação aos radicais livres, que são gerados pelo nosso metabolismo naturalmente ou por outra forma biológica. Segundo BONOMO *et al.* (2014), são importantes para a saúde humana por que atuam na diminuição ou inibição do estresse oxidativo causados pelos radicais livres, cujo excesso causa danos ao DNA e às macromoléculas.

Desse modo, o açaí é uma das principais frutas com o maior potencial antioxidante. Isso é possível por ele conter altos teores de compostos fenólicos, como antocianinas, flavonoides, ácidos graxos e vitaminas. Esses compostos apresentam

diversas propriedades, tais como anti-inflamatória, antialérgicas e antifúngicas (CEDRIM *et al.*, 2018).

3.8 Conteúdo Macroantioxidantes

Os macroantioxidantes, ou antioxidantes macromoleculares (também conhecidos como MACAN ou NEPP), são moléculas de alto peso molecular, cuja composição está diretamente ligada à matriz alimentar. Tais compostos presentes estão associados à parede celular e são eles: polissacarídeos neutros, substâncias pécnicas ácidas e proteínas estruturais. Essas interações ligadas aos compostos macroantioxidantes dependem de algumas características da parede celular, tais como porosidade, flexibilidade, entre outras. Além de fatores relacionados ao MACAN, como a classe do polifenol, peso molecular e flexibilidade. (PEREZ-JIMÉNEZ; DIAZ-RUBIO; SAURA-CALIXTO, 2015)

Os macroantioxidantes podem ser divididos em dois tipos principais: os polifenóis hidrolisáveis (HPP), que estão ligados às proteínas ou polissacarídeos; e os (NEPA), que estão associados às proantocianidinas e que são não extraíveis (CHOY *et al.*, 2013; MATEOS-MARTÍN *et al.*, 2012).

Os hidrolisáveis são polímeros formados por moléculas de elágicos glicolisados, enquanto as proantocianidinas ou taninos condensados são um enorme grupo de polifenóis oligoméricos que são constituídos na nossa dieta por flavan-3-ol e flavan-3,4-dióis. Seu efeito nas frutas e verduras, onde são amplamente encontrados, é dar características de aroma, cor e sabor. Estudos recentes têm indicado e comprovaram que seu efeito no corpo humano é proteger e evitar problemas cardiovasculares e câncer (ZURITA *et al.*, 2012).

Esses compostos apresentam vários benefícios em relação à saúde do nosso corpo. Diferem em relação aos antioxidantes de baixo peso molecular por possuírem algumas características fisiológicas específicas e alguns mecanismos de ação (SAURA-CALIXTO, 2017).

Outra diferença em relação aos antioxidantes de baixo peso molecular é que estes, logo após absorvidos no intestino delgado no processo de digestão, num período de 50 min a 2 horas após ingerir o alimento, aumentam a produção de antioxidantes que logo

são absorvidos na corrente sanguínea e são distribuídos para os demais órgãos. Em contrapartida, os macroantioxidantes saem quase intactos no intestino delgado, e quando atingem o cólon interagem com a microbiota colônica, onde ocorre um processo fermentativo que provoca a quebra das macromoléculas: nesse processo ocorre o aumento do alto poder antioxidante intestinal e o aumento da produção de metabólitos antioxidantes. Por sua vez, esses metabólitos são absorvidos pela mucosa colônica, e são distribuídos na corrente sanguínea oito horas após a ingestão, e daí partem para as células e outros tecidos do organismo (SAURA-CALIXTO, 2017).

Segundo Zurita *et al.* (2012), para determinar o conteúdo do teor de macroantioxidantes em amostras de vegetais é necessário fazer um tratamento de hidrólise para libertar as protocianidinas. Há um aumento no conhecimento e na composição dos MACAN, porém, existem poucas aplicações nos setores alimentícios e em alguns produtos associados a saúde, se comparado as aplicações do conteúdo de EPP, que tem sido usado na criação de novos produtos para proteção de pele, na prevenção de doenças cardiovasculares, entre outros (PEREZ-JIMÉNEZ; DIAZ-RUBIO; SAURA-CALIXTO, 2014).

De acordo com Perez-Jiménez *et al.* (2014), os macroantioxidantes são maiores em relação os polifenóis alimentares, no entanto, mesmo assim são dispensados. Porém, há um crescimento na indústria de alimentos, onde estão sendo aplicados como antioxidante naturais, para nutrição animal e em outros produtos ligados a saúde humana. Isso implica dizer que os efeitos comprovados dos compostos fenólicos na saúde alimentar podem ser relacionados, parcial ou totalmente, à ingestão desses macroantioxidantes. (PEREZ-JIMÉNEZ & SAURA-CALIXTO, 2015)

4. METODOLOGIA

4.1 Local da pesquisa

A pesquisa aqui apresentada foi realizada em dois laboratórios: o laboratório de Frutos Tropicais pertencente ao Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL), da Universidade Federal do Ceará – UFC, localizado no município de Fortaleza-CE com Latitude: 3°73'73'' S e Longitude; 38°57'33''W; e o laboratório de Bioquímica da Unilab, localizado no Município de Redenção-CE com Latitude: 6°56'33'' e Longitude: 38°58'03'' W. As amostras foram cedidas no mês de outubro de 2018, por uma indústria de sucos, localizada no Estado do Ceará. Foram 4 (quatro) amostras, sendo 3 amostras de suco clarificados e uma de suco da polpa de açaí, cujo processamento está datado entre o período de março e julho de 2018.

Para facilitar no processo de execução da pesquisa, bem como nos resultados, as amostras receberam uma nomenclatura, como é possível observar na Tabela 4. Estas foram mantidas em frascos de plástico de polietileno e armazenadas em freezer a - 20 °C (Figura 6).

Tabela 4: Nomenclatura das amostras de açaí.

AMOSTRA	CÓDIGO
Suco de açaí concentrado e clarificado a 24° Brix (extração: março/2018)	(SCC1)
Suco de açaí concentrado e clarificado a 24° Brix (extração: maio/2018)	(SCC2)
Suco de açaí concentrado e clarificado a 18° Brix (extração: julho/2018)	(SCC3)
Suco da polpa de açaí a 12% sólidos (extração: maio/2018)	(SP4)

Figura 6: Amostra do material suco clarificado e suco da polpa de açaí.



Fonte: Autor (2020).

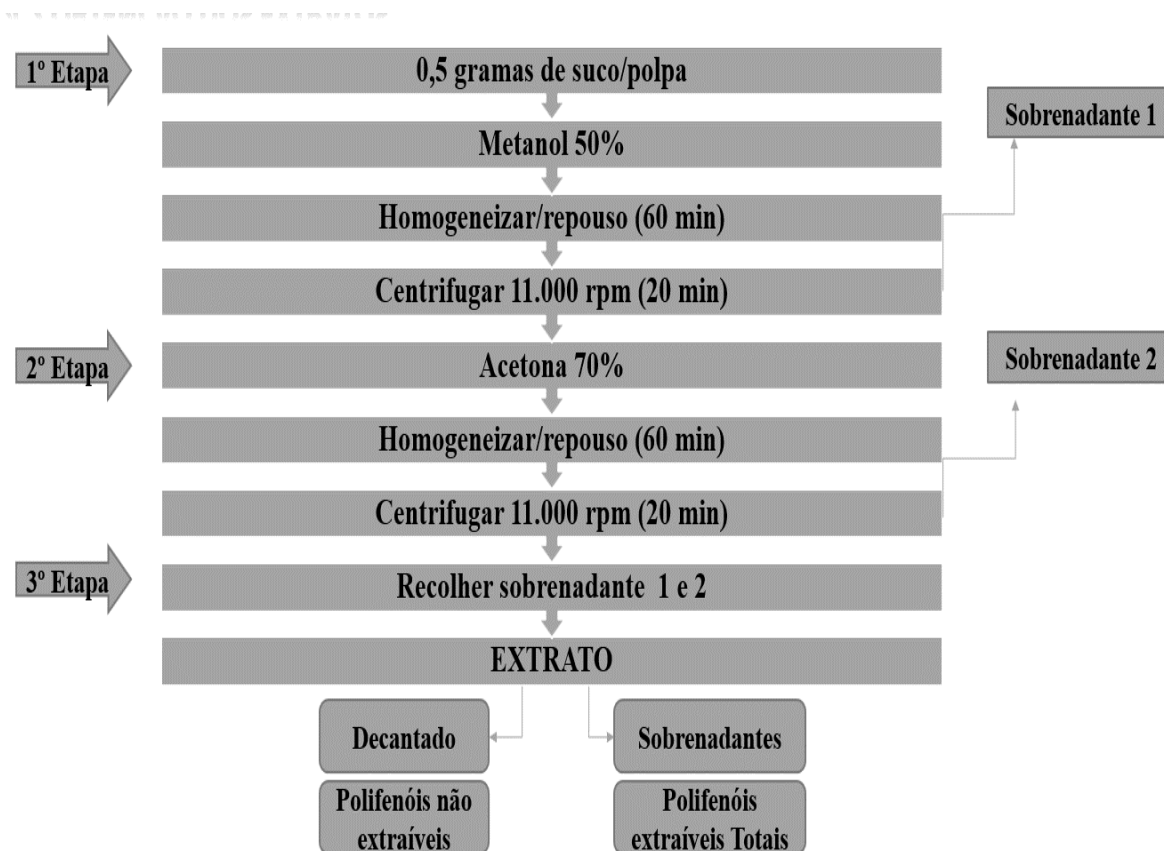
4.2 Obtenção dos extratos

Todas as amostras foram congeladas e armazenadas a -20°C até o processo de extração, que foi realizado segundo as metodologias propostas por Rufino *et al.* (2007), posto que elas são referências em análise para obtenção de extratos de frutas tropicais.

Foram usados 0,5 gramas para cada amostra em triplicata, com a extração feita com solventes orgânicos (álcool + água). Inicialmente, adicionou-se 20mL de metanol 50% (marca Neon) no suco clarificado de açaí e no suco da polpa do açaí, em seguida, a solução foi homogeneizada em vortex e permaneceu em repouso por 60 minutos em ambiente escuro. Após esse período as amostras foram centrifugadas com o uso da centrífuga modelo Rotina 380R-Hettich (11.000 rpm) durante 20 minutos. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50mL e armazenado. Quanto ao precipitado do conteúdo, foram adicionados 20mL de acetona 70% (marca Neon), deixando-o em repouso durante 1 hora em ambiente escuro. Após esse período, o conteúdo foi homogeneizado e centrifugado a 11.000 rpm durante 20 minutos.

O sobrenadante obtido foi adicionado no mesmo balão de 50mL e, em seguida, foi aferido com água destilada. Na Figura 7 está o fluxograma do procedimento.

Figura 7: Fluxograma dos extratos de polifenóis do suco clarificado e suco da polpa de açaí.



Fonte: Saura-Calixto (2012)

Após essa etapa, os extratos foram transferidos para um recipiente de vidro tipo âmbar e armazenados em ambiente escuro sob refrigeração. Os extratos do suco clarificado e suco da polpa de açaí foram usados para determinar as análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

4.3 Polifenóis extraíveis (EPP)

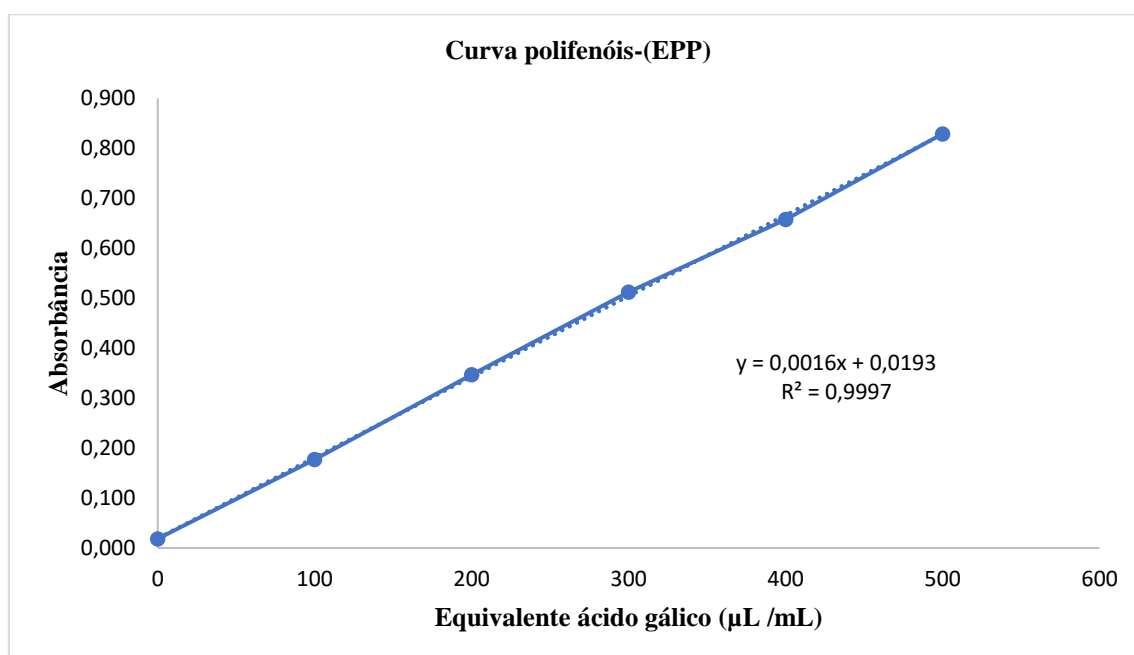
A metodologia para analisar os polifenóis extraíveis totais foi desenvolvida por Larrauri; Rupérez e Saura-Calixto (1997) e adaptada por Rufino *et al.* (2007). Essa determinação dos compostos fenólicos é feita através do reagente Folin-Ciocalteu (marca Sigma-Aldrich), utilizando ácido gálico (marca Sigma) como padrão, conforme metodologia.

Foram adicionados em tubos de ensaio alíquotas de 50 µL dos extratos de suco clarificado do açaí e suco da polpa do açaí, completando para totalizar 0,5 mL. Para isso,

adicionou-se água destilada e, nos mesmos tubos de ensaio, foram adicionados 0,5mL do reagente Folin-Ciocalteu, 1,0mL de Na₂CO₃ a 20% (marca Neon) e 1,0mL de água destilada. Em seguida, foram homogeneizados, permanecendo em repouso por um período de 30 minutos. Nas mesmas condições foi feito o branco dos reagentes, porém não foi usado o extrato, apenas água destilada.

Após o repouso, as leituras foram feitas em espectrofotômetro (modelo UV 1800-Shimadzu) a 700 nm, usando como referência a curva padrão de ácido gálico que foi construída contendo 50, 40, 30, 20, 10 e 0 µg.mL⁻¹, como mostra a Figura 8. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 g⁻¹ de amostra.

Figura 8: Curva de calibração para obtenção dos polifenóis extraíveis totais, para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.



4.4 Método de captura do radical livre – ABTS

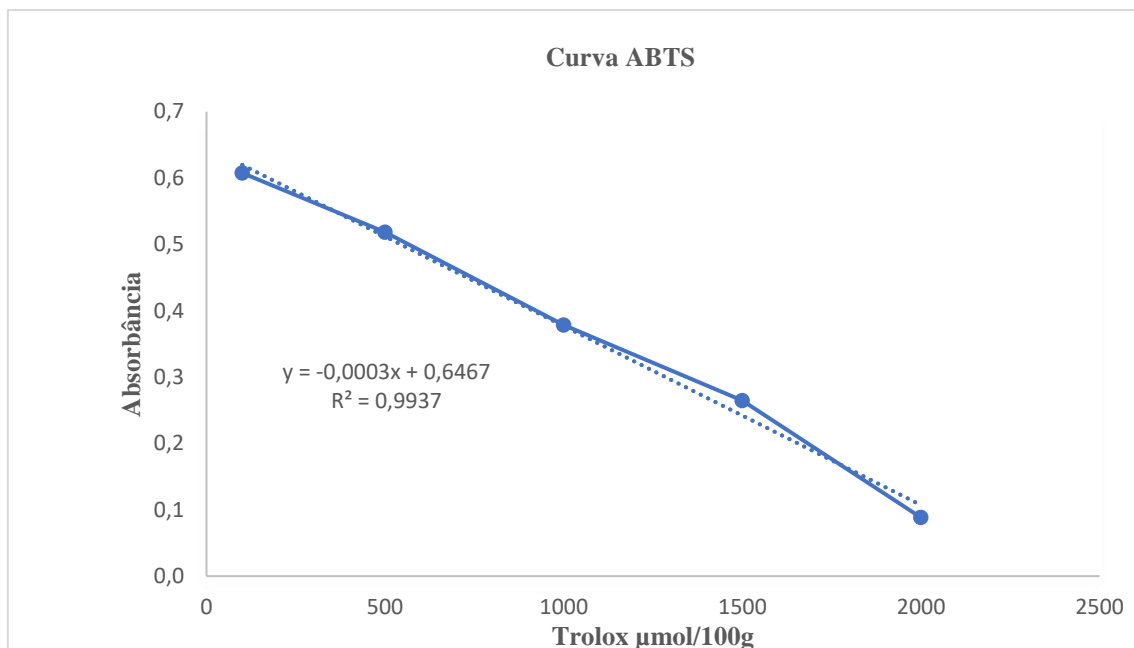
Para determinar a atividade antioxidante presente nos extratos de suco clarificado e suco da polpa de açaí, foi usado o método de captura de radicais livres-ABTS- 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), desenvolvido por Miller *et al.* (1993), com adaptações feitas por Rufino *et al.* (2007a). Com esse método é gerado o ABTS^{•+}, na sua cor azul esverdeado, cuja reação ocorre com a mistura da solução estoque ABTS, com outra solução de persulfato de potássio. Ao adicionar um antioxidante, há uma perda

do ABTS⁺ e, com isso, ocorre uma perda de coloração ocasionada pelo ABTS. Nesse contexto, a porcentagem é gerada através do bloqueio do ABTS⁺ que é determinada através da curva padrão do Trolox da marca Sigma (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico).

O primeiro passo deste método é o preparo das soluções, como já mencionado anteriormente. A solução estoque foi feita com ABTS 7 mM da marca Sigma-Aldrich, na qual foram usados 192 mg do reagente ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) - ABTS. O conteúdo foi transferido para um balão de 50 mL e aferido com água e, em seguida, transferido para um recipiente de vidro tipo âmbar. Na outra solução foi usado o persulfato de potássio também da marca Sigma (140 mM), utilizando 378,4 mg que foi transferido para um balão volumétrico de 10 mL, aferido com água destilada.

Preparadas as soluções, o radical foi gerado em um recipiente de vidro âmbar, adicionando 5ml da solução do radical ABTS e 88 µL de persulfato de potássio. Em seguida o conteúdo permaneceu em repouso por um período de 16 horas em ambiente sem presença de luz. A curva de calibração foi construída a partir do reagente Trolox da marca Sigma, com a dissolução de 25 mg do reagente em balão volumétrico de 50 mL, o qual foi aferido com água destilada. Desta solução foram retirados volumes de 0.5, 2.5, 5.0, 7.5 e 10 mL, e adicionados em balões volumétricos de 10 mL que foram aferidos com álcool etílico da marca Neon em proporções 9.5, 7.5, 5.0, 2.5 e 0 mL. Desses balões foram retiradas alíquotas de 30 µL e transferidas a tubos de ensaio, no total de três repetições. O conteúdo foi adicionado em cubetas de polietileno e lido em espectrofotômetro a 734 nm. Com o resultado obtido foi gerada a curva, assim como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Curva de calibração antioxidante sintético Trolox.

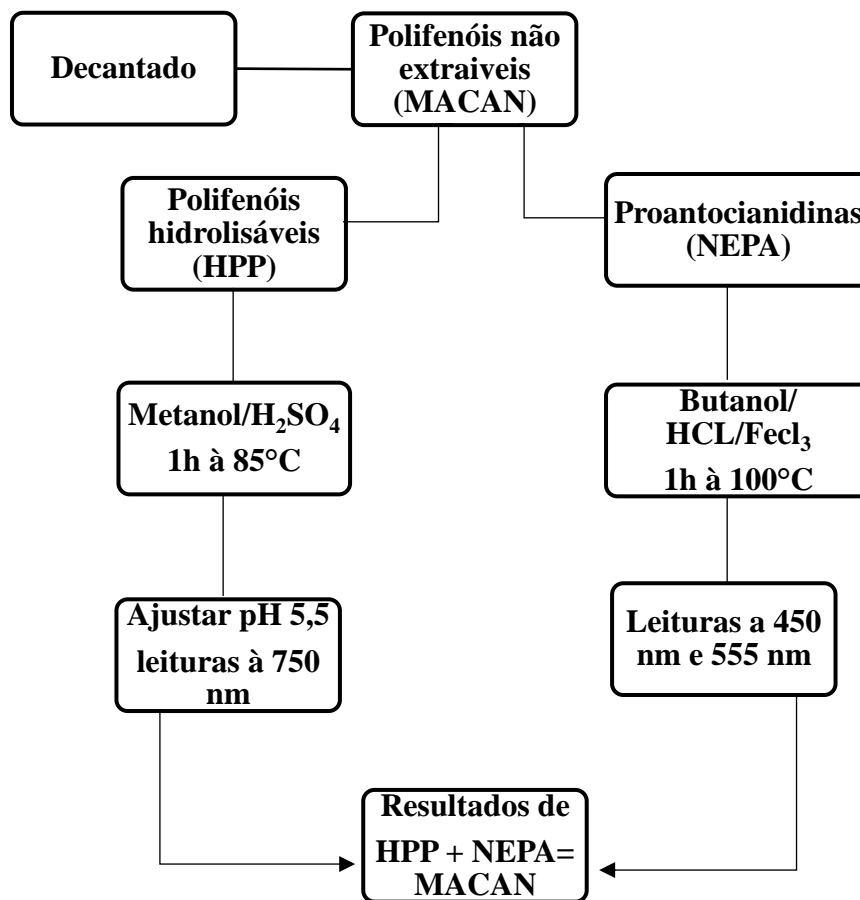


Para cada amostra foram usadas alíquotas do extrato do suco clarificado e suco da polpa de açaí de 30, 20 e 10 μL e adicionados 3 mL do radical ABTS e, em seguida, foram homogeneizados. As leituras foram realizadas após 6 minutos. Os resultados foram expressos em μM Trolox/100g.

4.5 Determinação do conteúdo macroantioxidantes (MACAN)

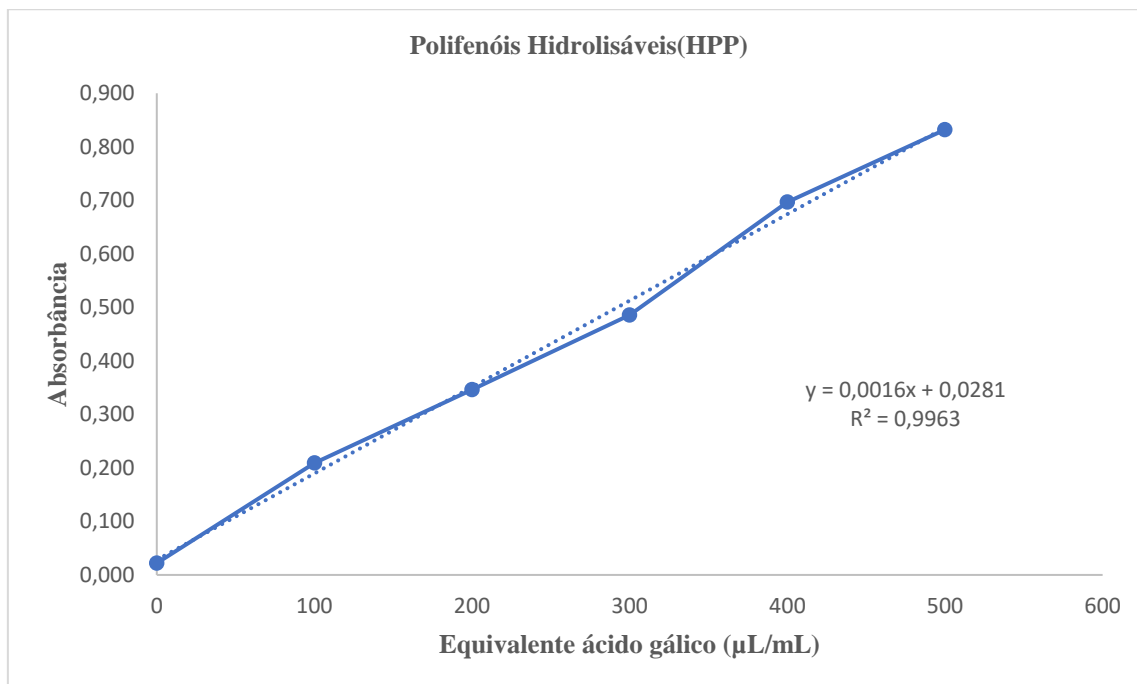
O método utilizado foi determinado e desenvolvido por Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2015). As amostras de suco clarificado de açaí e suco da polpa de açaí, foram tratadas com solventes orgânicos aquosos para obter os extratos de HPP e NEPA, e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (SAURA-CALIXTO, 2012). Na Figura 10, está o fluxograma do processo da análise do conteúdo macroantioxidantes.

Figura 10 – Esquema em fluxograma da metodologia de determinação de polifenóis não extraíveis (Decantado).



Fonte: SAURA-CALIXTO (2012)

Foram usados 0,5 gramas do suco clarificado e suco da polpa de açaí, sendo a mesma proporção da análise anterior. Para a metodologia de polifenóis hidrolisáveis (HPP), o procedimento é o mesmo de polifenóis extraíveis totais, porém foi utilizado apenas os resíduos (sólido). O metanol a 50% teve o pH devidamente regulado para 2,0. Foram adicionadas, gota a gota, o metanol e o ácido sulfúrico da marca Sigma, nos resíduos dos extratos (HARTZFELD *et al.*, 2002). Em seguida as amostras foram submetidas ao calor de 85°C durante uma hora e, após resfriadas o pH foi ajustado para 5,5, e realizadas as leituras em espectrofotômetro a 750 nm. A curva de calibração, como mostra a Figura 11, foi construída a partir do ácido gálico como padrão da amostra.

Figura 11 - Curva de calibração para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (HPP)

Para o procedimento com as proantocianidinas (NEPA), as frações usadas foram as mesmas e foi adicionado às amostras uma solução feita a partir dos reagentes butanol/HCl/FeCl₃, todos da marca Sigma, as amostras passaram por procedimento de calor em banho maria à temperatura de 100°C durante uma hora. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, nos comprimentos de ondas 450 e 555 nm. Para a curva de calibração, utilizou-se o padrão comercial de proantocianidina (*Ceratonia siliqua* I.), cedido pela Nestlé Ltda, como mostram as Figuras 11, 12 e 13. O resultado do conteúdo MACAN/NEPP deu-se pela soma de HPP e NEPA.

Figura 12 - Curva de calibração com comprimento de ondas a 450 nm, para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.

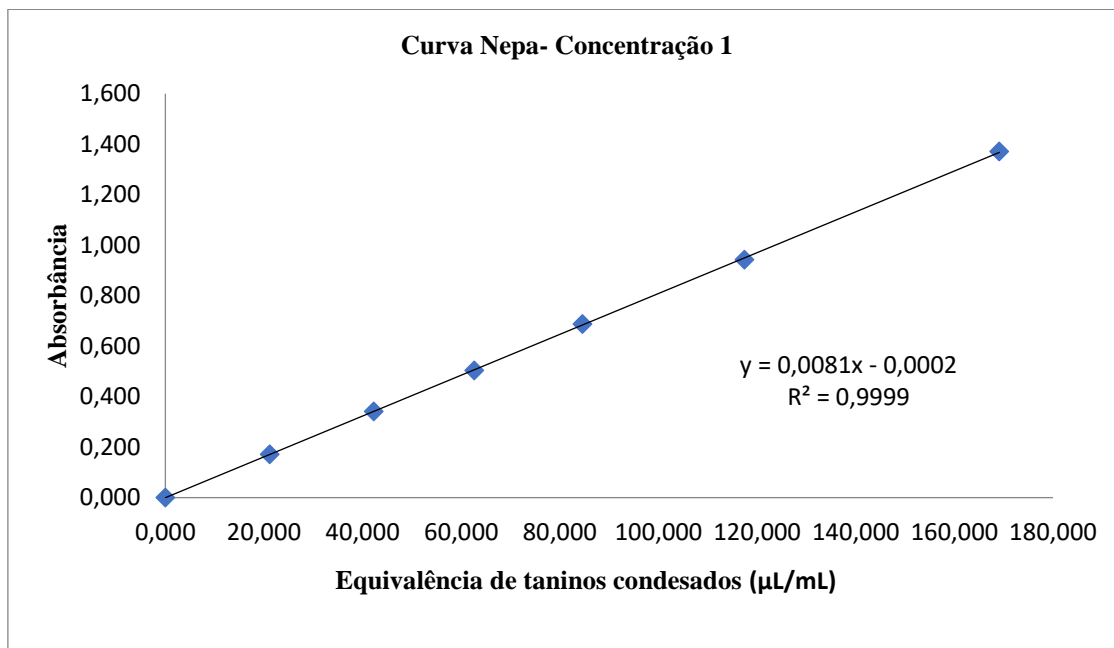


Figura 13 - Curva de calibração com comprimento de ondas a 555 nm, para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.

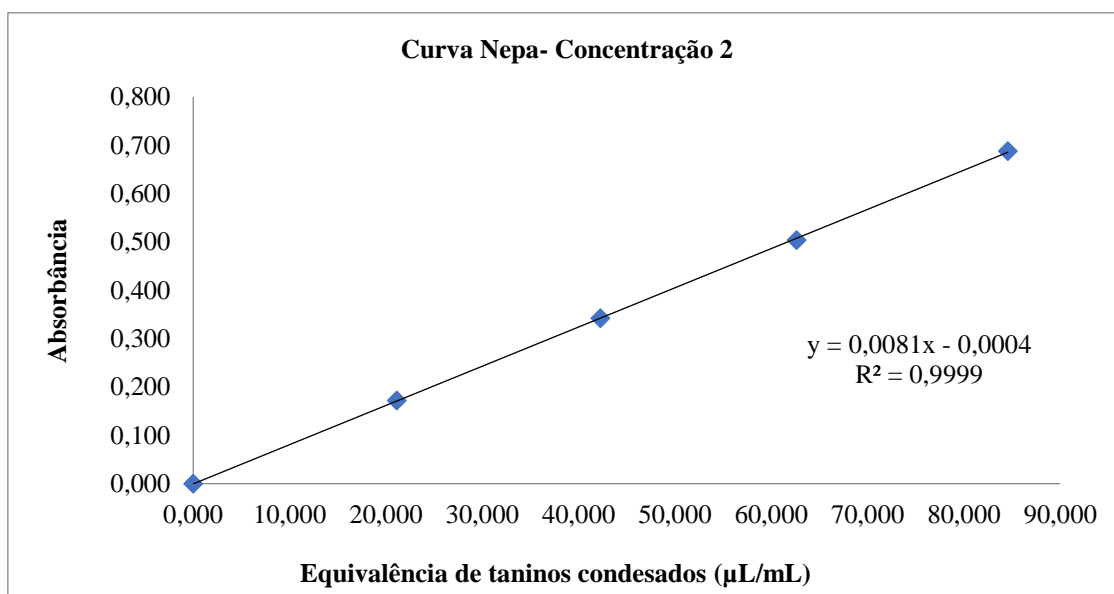
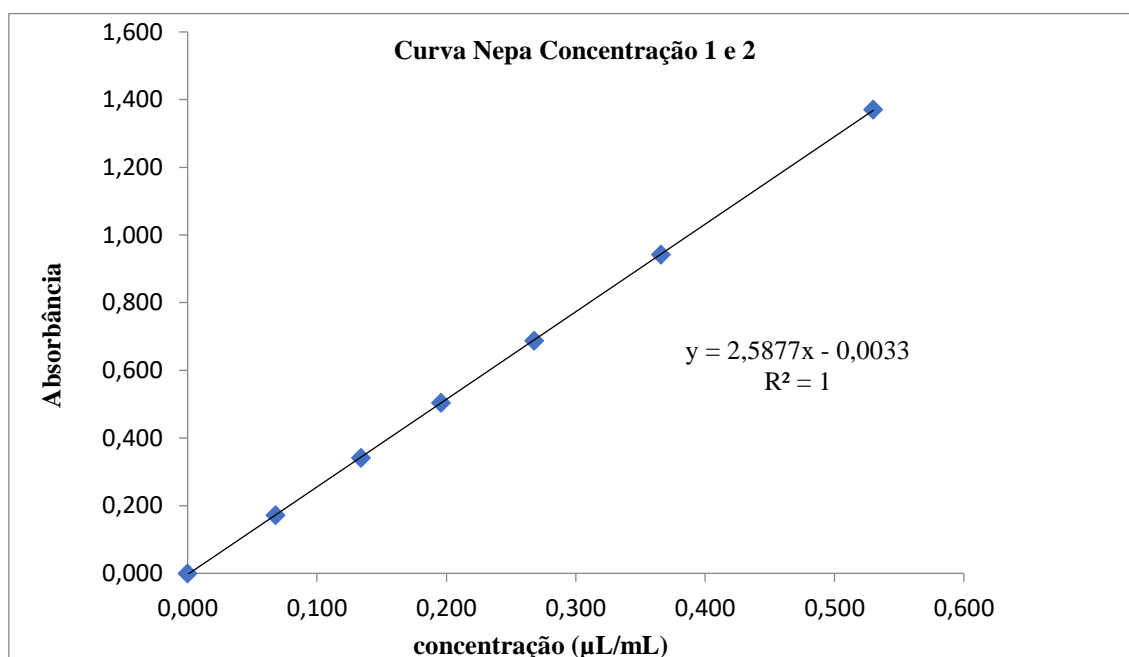


Figura 14 - Curva de calibração comprimento de ondas 1 e 2 para obtenção dos polifenóis não- extraíveis (NEPA), para análise das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí.



4.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e às comparações de médias através do teste de Tukey no nível de 5% com auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009). Realizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) com o objetivo de identificar se há algum padrão químico entre as diferentes amostras de suco de açaí clarificado e suco da polpa de açaí, como também verificar qual variável química é predominante na identificação das amostras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Polifenóis extraíveis totais

Os teores de polifenóis extraíveis totais no suco clarificado e suco da polpa de açaí variou entre 102,07 a 335,68 mg EAG/g. Dentre as amostras analisadas, destacou-se a amostra SCC1, com 335,68 mg EAG/g. Esse resultado pode estar associado à concentração de polpa de açaí utilizada no suco clarificado, o que pode ser comprovado comparando-se os resultados das outras amostras. Um exemplo é a amostra SCC2, que

tem concentrações de açáí semelhantes com a amostra citada anteriormente e obteve resultado de 318,90 mg EAG/g. O percentual do coeficiente de variância foi de 3,11 %.

As demais amostras obtiveram resultados inferiores quando comparadas as amostras SCC1 e SCC2, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Quantificação de polifenóis extraíveis totais por amostras do suco clarificado e polpa do suco de açáí expressos em mg equivalente de ácido gálico/100g*.

AMOSTRA	POLIFENÓIS EXTRAÍVEIS TOTAIS
(SCC1)	335,68 ^a ± 4,23
(SCC2)	318,90 ^a ± 8,97
(SCC3)	210,19 ^b ± 6,72
(SP4)	102,07 ^c ± 2,75

* Valor médio n = 3, teste de Turkey a nível de 5%.

Esses resultados corroboram as pesquisas realizadas por Vissoto *et al.* (2013), no qual foram analisadas polpas congeladas de várias frutas tropicais, dentre elas o açáí, com polpas produzidas em Belém-PA, cujos resultados foram 251± 64 mg EAG/g. Também no trabalho de Neves *et al.* (2015), cujas polpas de açáí foram processadas artesanalmente, obteve-se valores entre 512,75 a 558,56 mg EAG/g.

Canuto *et al.* (2010) analisaram vários frutos das Amazônia, dentre eles o açáí, oriundos da região centro-sul de Roraima, e encontraram na polpa de frutos colhidos em estágio de maturação cerca de 408,28 mg EAG/g polpa.

Estudo realizado por Rufino *et al.* (2010) avaliou a polpa fresca de açáí, encontrando resultados de 454 mg EAG/g. Outro estudo, conduzido recentemente por Camacho *et al.* (2018), no qual avaliou-se frutos frescos tropicais e não tropicais, sendo um deles o açáí, foi obtido resultado de 454,0 mg EAG/g, valores esses superiores se comparados aos obtidos nesta pesquisa. Essa variação de valor pode ocorrer devido aos vários processamentos ao qual a fruta foi submetida (CEDRIM,2018).

Segundo Cedrim *et al.* (2018), há várias técnicas de processamento da fruta. Com uma simples adição de água na elaboração, é possível variar significativamente o teor dos compostos fenólicos presentes no produto, além de ser levado em consideração outros fatores, tais como condições climáticas, variedades da espécie, colheita, entre outros.

Essa pesquisa está em consonância a outros estudos já realizados, onde os resultados permitem afirmar que a polpa do suco e o suco clarificado de açaí são ricos em compostos fenólicos. Estes, por sua vez, ajudam o corpo humano no combate e na prevenção de doenças crônicas, anti-inflamatórias, anti-hipertensivas, antialérgicas, entre outras (LOBO, VELASQUE, 2016).

Com isso, pode-se afirmar que o fruto de açaí em diferentes formas de consumo é rico em compostos fenólicos, como citado anteriormente, que auxiliam no combate e na prevenção de várias doenças do corpo humano.

5.2 Atividade Antioxidante Total – ABTS

Os resultados das amostras de suco clarificado e suco da polpa de açaí variaram entre 8,90 a 15,47 μM trolox/g (Tabela 6). As amostras que tiveram maiores resultados foram SCC2 e SCC3 com seus respectivos valores 11,36 e 15,47 μM trolox/g, ambas com o mesmo grau brix. O percentual do coeficiente de variância foi de 6,85 %.

Tabela 6 – Quantificação da atividade antioxidante em amostras de suco clarificado e polpa do suco de açaí pelo método ABTS expressos em μM Trolox/100g*.

AMOSTRA	ABTS
(SCC1)	11,13 ^b \pm 0,55
(SCC2)	11,36 ^b \pm 0,15
(SCC3)	15,47 ^a \pm 1,07
(SP4)	8,90 ^c \pm 0,46

* Valor médio n = 3, teste de Turkey a nível de 5%.

É importante considerar que nesse método, quanto maior for o valor da capacidade antioxidante equivalente ao Trolox, maior será o potencial antioxidante presente na amostra (SOUSA, VIEIRA e LIMA, 2011).

Na pesquisa de Canuto *et al.* (2010), na qual foram processados frutos de açaí em polpas, os valores encontrados foram de 10,0 μM trolox/g. Já no trabalho de Coutinho *et al.* (2017), foram analisadas polpas congeladas de açaí de duas empresas localizadas no estado do Pará e Minas Gerais, e seus resultados foram entre 4,45 a 11,83 μM trolox/g. Em outro estudo, idealizado por Rufino *et al.* (2010), na qual foram analisados frutos frescos de açaí, os resultados foram de 15,10 μM trolox/g.

A inconstância dos teores da atividade antioxidante, dada pelos diferentes métodos utilizados para analisar os seus resultados, dependendo da polaridade do meio reacional, exercem ações distintas, com cada metodologia apresentando características diferentes. Por conta disso, não foi possível constatar apenas um método que seja eficiente para demonstrar resultados precisos e seguros e que mostre a quantidade exata dessa substância em uma amostra de fruta (MELO,2011).

5.3 Compostos macroantioxidantes (MACAN)

Os resultados dos teores do conteúdo polifenóis hidrolisáveis presente no suco clarificado e suco da polpa de açaí das amostras analisadas variaram entre 76,68 a 443,10 mg/100g, com o percentual do coeficiente de variância de 2,49%. Já nos resultados do conteúdo de proantocianidinas, os valores variaram entre 68,24 a 337,01 mg/100g, com o percentual do coeficiente de variância de 0,5%. Nos resultados do conteúdo Macroantioxidantes, que é a soma dos resultados dos valores de HPP + NEPA, os valores foram de 152, 14 a 780,11 mg/100g. As amostras que tiveram resultados mais expressivos referente ao estudo realizado foram SCC2 e SP4, com respectivos valores 780,11 e 574,49 mg/100g (Tabela 7).

Tabela 7 – Quantificação dos polifenóis não extraíveis (MACAN) dos extratos elaborados de suco clarificado e polpa do suco de açaí.

AMOSTRA	HPP*	NEPA*	MACAN**
(SCC1)	76,68 ^c ± 6,72	75,46 ^c ± 0,38	152,14 ± 6,73
(SCC2)	443,10 ^a ± 8,33	337,01 ^a ± 1,41	780,11 ± 8,44
(SCC3)	86,47 ^c ± 6,93	68,24 ^d ± 0,71	154,71 ± 6,66
(SP4)	393,23 ^b ± 3,42	181,26 ^b ± 0,33	574,49 ± 3,44

* Valor médio n = 3, teste de Turkey a nível de 5%.

** soma dos resultados de HPP + NEPA.

Em estudo realizado por Pérez-Jiménez; Díaz-Rubio; Saura-Calixto (2013) avaliou-se o conteúdo de polifenóis não-extraíveis em várias frutas vermelhas, dentre elas o açaí fresco, obtendo-se resultados de 1.240 mg/100g de matéria seca para o conteúdo de polifenóis hidrolisados (HPP). No mesmo estudo, foram avaliados o teor de proantocianidinas (NEPA) em amostras de açaí em matéria seca e obteve-se valores de 1210 mg/100g.

Em um estudo recente feito por Camacho *et al.* (2018) foram avaliados várias frutas, dentre ela o açaí. Neste caso, obteve-se valores de 1.590 mg/100g para conteúdo de polifenóis hidrolisáveis (HPP); já no que diz respeito ao teor de proantocianidinas (NEPA), obteve-se valores de 1.240 mg/100g, portanto superiores aos desta pesquisa.

Comparou-se a pesquisa aqui apresentada com outros alimentos, já que existem poucas pesquisas relacionadas a uma fruta específica, neste caso o suco clarificado e a polpa do suco do açaí, mas existem estudos que realizaram pesquisas sobre os polifenóis não extraíveis em frutas tropicais, como é caso da pesquisa de Rufino *et al.* (2010), no qual analisaram resíduos de frutas como acerola e caju. Neste caso, foi obtido valores de 12,1 g.kg⁻¹ de matéria seca para conteúdo de (HPP) para o caju. Já nos resíduos de acerola, obteve-se 3,9 g.kg⁻¹ de matéria seca na mesma análise. Para o conteúdo de NEPA não houve resultados para acerola, porém o caju obteve teores de 52,0 g. Kg⁻¹ de matéria seca. Em outro estudo idealizado por Silva (2018), amostras de bagaço de uva oriundas das

indústrias do vinho foram avaliadas em diferentes ciclos, com resultados entre 261,14 a 610,7 mg/100g.

Pesquisas com compostos macroantioxidantes em alimentos e bebidas ainda são limitadas, comparado aos polifenóis extraíveis, tornando-se necessário mais estudos, especialmente com as frutas tropicais e seus subprodutos

5.4 Análise de componentes principais (PCA)

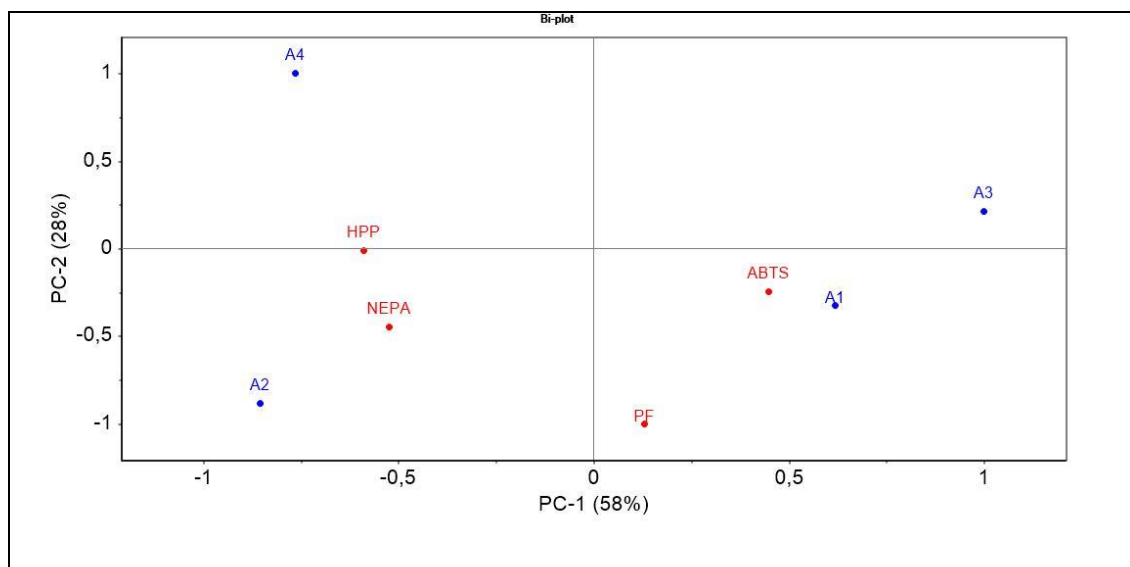
Análise dos Componentes Principais é um método que possui finalidade básica, no qual se utiliza dados estatísticos de forma linear que encontram os autovalores e autovetores da matriz de covariância dos dados. Através do resultado, pode-se realizar a redução dimensional dos dados e analisar os padrões principais de variabilidade presentes. É um dos métodos multivariados mais usados e conhecidos na redução de dados (LYRA *et al.*, 2010).

Os dados utilizados já são existentes e foram usados os resultados das análises dessa pesquisa EPP, ABTS, HPP e NEPA, na Tabela 8 estão os resultados dessas análises. Na Figura 15 está a relação dos escores das amostras e peso das variáveis dos componentes principais.

Tabela 8: Resumo dos dados submetidos a Análise de Componentes Principais (PCA).

Amostra	EPP	ABTS	HPP	NEPA
(SCC1)	335,68	11,13	76,68	75,46
(SCC2)	318,9	11,36	443,1	337,01
(SCC3)	210,19	15,47	86,47	68,24
(SP4)	102,07	8,90	393,23	181,26

Figura 15. Gráfico bi-plot relaciona o gráfico dos escores das amostras e pesos das variáveis da análise de componentes principais, com 86% de explicação nas duas primeiras componentes (A1 = SCC1; A2=SSC2; A3=SCC3 e A4=SP4).



Usando o eixo horizontal (que explica 58% da variabilidade dos dados), as amostras SCC1 e SCC3 se diferem das amostras SCC2 e SP4, nos seguintes aspectos; as amostras SCC1 e SCC3 possuem similaridade pela maior influência da concentração de Polifenóis e ABTS. Já amostras SCC2 e SP4 possuem similaridade pela maior influência da concentração de HPP e NEPA.

Usando o eixo vertical (que explica 28% da variabilidade dos dados): As amostras SCC2 e SCC1 possuem similaridade por serem mais ricas, de modo geral, em NEPA e Polifenóis do que as amostras SCC3 e SP4. A amostra SP4 é visivelmente mais pobre em relação ao conteúdo total dos parâmetros, sendo o HPP o único parâmetro com alguma influência.

Os dados apresentados pela análise de componentes principais confirmam os resultados apresentados nas demais análises, identificando que as amostras analisadas são ricas em compostos bioativos e atividade antioxidante.

6. CONCLUSÕES

A amostra SCC2 apresentou elevados teores de polifenóis extraíveis, não extraíveis e atividade antioxidante, sendo estas substâncias importantes na prevenção de doenças crônico-degenerativas.

Os dados das análises realizadas corroboram com os resultados apresentados na análise de componentes principais (PCA), no qual comprovou-se que as amostras SCC1, SCC2 e SCC3 apresentaram resultados significativos nas análises de EPP, ABTS e HPP e NEPA. A amostra SP4 apresentou menor valor de compostos bioativos em relação as demais amostras.

Com isso, o suco clarificado de açaí pode ser considerado uma bebida funcional, por possuir altos teores de compostos bioativos e atividade antioxidante que atuam em vários efeitos biológicos no corpo humano, como na prevenção de doenças como arteriosclerose, obesidade, catarata e alguns tipos de câncer, como o de cólon. Além disso, o suco, por ser uma bebida energética e saudável, pode ser incorporada na elaboração de dietas e formulação de novos produtos.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, A. M. A.; SANTANA NETO, D. C.; BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. da S.; SANTOS, A. F. Composição centesimal de doce em massa de banana adicionado com linhaça e polpa de açaí. **Revista Verde**, v 9, n. 5, p. 54 - 59, 2014.

ANGELO, P. M; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Rev Inst Adolfo Lutz**, 66(1): 1-9, 2007.

ARCHELA, E; ANTÔNIA, L. H. D. **Determinação de Compostos Fenólicos em Vinho: Uma revisão**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-210, 2013.

ARRANZ, S.; SILVÁN, J. M.; SAURA-CALIXTO, F. Nonextractable polyphenols, usually ignored, are the major part of dietary polyphenols: A study on the Spanish diet. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.54, n.11, p.1646-1658, 2010.

BENTES, E. dos S.; HOMMA, A.K.O.; SANTOS, C.A.N. dos. **Exportações de Polpa de Açaí do Estado do Pará: Situação Atual e Perspectivas.** In: Anais Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 55, Santa Maria, RS, 2017.

BOLTHOUSE DO BRASIL. <https://b2brazil.com.br/hotsite/bolthousedobras>. Acesso em 26 de maio de 2020.

BONOMO, L. F.; SILVA, D. N.; BOASQUIVIS, P. F.; PAIVA, F. A.; GUERRA, J. F.; MARTINS, T. A.; TORRES, Á. G. J.; PAULA, I. T.; CANESCHI, W. L.; JACOLOT, P.; GROSSIN, N.; TESSIER, F. J.; BOULANGER, E.; SILVA, M. E.; PEDROSA, M. L.; OLIVEIRA, R. P. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) modulates oxidative stress resistance in *Caenorhabditis elegans* by direct and indirect mechanisms. **PLoS One**, v. 9, n. 3, p. e89933, 2014.

BRANDÃO, C. R. F; BARROS, A. L; LAMEIRA, C. C. L; FREDSON CARVALHO PALHETA, F.C.P GALVÃO, J. R. **O açaí no estado do Pará e seu potencial para o desenvolvimento sustentável da região.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), Fortaleza-CE, 2015.

BRUNSCHWIG, C.; LEBA, L.J.; SAOUT M.; MARTIAL, K.; BEREAU D.; ROBINSON, J.C. Chemical composition and antioxidant activity of *Euterpe oleracea* roots and leaflets. **Rev. Int. J. Mol**, v, 18, p.1-15, 2017.

CAMACHO, R. R.; RUFINO, M. S. M.; CRUZ, D. M. A.; PÉREZ, A. M. Non-extractable Polyphenols in Tropical Fruits: occurrence and health-related properties. In: SAURA-CALIXTO, F.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. Non-extractable polyphenols and carotenoids: importance in human nutrition and health. **The Royal Society of Chemistry**, p.88-110, 2018.

CANDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. **Boletim da SBCTA**. v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A.O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. de T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
- CEDRIM, P. C. A. S.; BARROS, E. M. A; NASCIMENTO, T. G. do. Propriedades antioxidantes do açaí (*Euterpe oleracea*) na síndrome metabólica. **Brazilian Journal of Food Technology**. V.21, 2018.
- CERQUEIRA, F.M; MEDEIROS, M. H. G; AUGUSTO, D. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Quim. Nova**, Vol. 30, N. 2, p.441-449, 2007.
- CÉSAR, L.T. Obtenção de suco clarificado de açaí (*Euterpe oleracea* mart.) com utilização de pectinase e quitosana. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2007.
- CHOY, Y.Y., JAGGERS, G.K., OTEIZA, P.I., WATERHOUSE, A.I. Bioavailability of intact proanthocyanidins in the rat colon after ingestion of grape seed extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p.121-127. 2013.
- CORDEIRO, V. S. C.; BEM, G. F.; COSTA, C. A.; SANTOS, I. B.; CARVALHO, L. C. R. M.; OGNIBENE, D. T.; ROCHA, A. P. M.; CARVALHO, J. J.; MOURA, R. S.; RESENDE, A. C. *Euterpe oleracea* Mart. seed extract protects against renal injury in diabetic and spontaneously hypertensive rats: role of inflammation and oxidative stress. **European Journal of Nutrition**, v. 57, n. 2, p. 817-832, 2018.
- COSTA, N. M. B.; ROSA, C. de O. B. Alimentos Funcionais componentes Bioativos e efeitos fisiológicos. **Ed. Rubio, 2 ed.** Rio de Janeiro. 2016.
- COUTINHO, R. M. P.; FONTES, E. A. F.; VIEIRA, L. M.; BARROS, F. A. R.; CARVALHO, A. F.; STRINGHETA, P. C. Physicochemical and microbiological characterization and antioxidant capacity of açaí pulps marketed in the states of Minas Gerais and Pará, Brazil. **Ciência Rural**, v.47, n.1, p. 1-6, 2017.
- GALE, A. M.; KAUR, R.; BAKER, W. L. Hemodynamic and electrocardiographic effects of acai berry in healthy volunteers: a randomized controlled trial. **International Journal of Cardiology**v. 174, n. 2, p. 421-423, 2014.

- HARTZFELD, P. W.; FORKNER, R.; HUNTER, M. D.; HAGERMAN, A. E. Determination of hydrolyzable tannins (gallotannins and ellagitannins) after reaction with potassium iodate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, n.7, p.1785-1790, 2002.
- KAUR, Navdeep e SINGH, Devinder Pal. Deciphering the consumer behaviour facets of functional foods: A literature review. *Appetite*. v. 112, p. 167-187, 2017.
- KIM, J. Y.; HONG, J. H.; JUNG, H. K.; JEONG, Y. S.; CHO, K. H. Grape skin and loquat leaf extracts and acai puree have potent anti-atherosclerotic and anti-diabetic activity in vitro and in vivo in hypercholesterolemic zebrafish. *International Journal of Molecular Medicine*, v. 30, n. 3, p. 606-614, 2012.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.45, n.4, p.1390-1393, 1997.
- LOBO, A. C. M.; VELASQUE, L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação. *Biosaúde*. v. 18, n. 2, 2016.
- LYRA, W.S; SILVA, E.C; ARAÚJO, M.C.U; FRAGOSO, W.D. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. *Química Nova*, Vol. 33, N. 7, 1594-1597, 2010.
- MATEOS-MARTÍN, M.L., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., FUGUET, E., TORRES, J.I. Non-extractable proanthocyanidins from grape are a source of bioavailable (epi)catechin and derived metabolites in rats. *British Journal of Nutrition*, v. 108, p.290-297. 2012.
- MATTA, V. M. da.; CORRÊA, C. B.; CABRAL, L.M.C.; DELIZA, Rosires. **Produção de bebida obtida a partir da fração retida na microfiltração da polpa de açaí**. Rio de Janeiro: *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 2009. 5p, (Embrapa Agroindústria Alimentos. Comunicado Técnico, 154).
- MATTA, V. M. da.; CRUZ, A. P. G.; CABRAL, L.M.C.; DONÂNGELO, C. M. **Açaí clarificado por microfiltração**. Rio de Janeiro: *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 2010. 4p, (Embrapa Agroindústria Alimentos. Comunicado Técnico, 165).

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v.41, n.6, p.1088-1093, 2011.

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

MOURO, Viviane Gorete Silveira. **Ação antioxidante do açaí (*Euterpe oleracea* mart.) frente ao estresse oxidativo induzido pelo cádmio no testículo de camundongos adultos**. Tese de Doutorado. Viçosa-MG. 2018

MÜLLER, Antonio Agostinho Oscar Lameira Nogueira *et al.* AÇAÍ. Bélem-PA: EMBRAPA, 2005. **Disponível em:**
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125409/1/SISTEMA-PROD-4-ONLINE-.pdf>. Acesso em: 2 maio 2019.

MUSA, K. H.; ABDULLAH, A.; KUSWANDI, B.; HIDAYAT, M. A. A novel high throughput method based on the DPPH dry reagent array for determination of antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.141, n.4, p.4102-4106, 2013.

NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, D. C. dos S.; MENDES, J. K. S.; URNHANI, C. O.; ARAÚJO, K. G. M. qualidade de frutos processados artesanalmente de açaí (*Euterpe oleracea* mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* mart.). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 37, n. 3, p. 729-738,2015.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, F. Non- extractable polyphenols, a major dietary antioxidant: occurrence, metabolic fate and health effects. **Nutrition Research Reviews**, v.26, n.2, p.118-129, 2013.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, F. Non-extractable polyphenols in plant foods: nature, isolation and analysis. Capítulo en el libro "Polyphenols in plants: isolation, purification and extract preparation". Editor: R.

Watson, V. R.; Preedy, S.; Zibadi. **Academic Press-Elsevier**, San Diego, p.203-218, 2014.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Macromolecular antioxidants or non-extractable polyphenols in fruit and vegetables: Intake in four European countries. **Food Research International**, v.74, p.315-323, 2015.

POZUELO, M. J.; AGIS-TORRES, A.; HERVERT-HERNÁNDEZ, D.; ELVIRA LÓPEZOLIVA, M.; MUÑOZ-MARTÍNEZ, E.; ROTGER, R.; GOÑI, I. Grape antioxidant dietary fiber stimulates *Lactobacillus* growth in rat cecum. **Journal of Food Science**, v.77, n.2, p.59-62, 2012.

ROCHA, S. M. B. M.; OLIVEIRA, A. G.; COSTA, M. C. D. Benefícios funcionais do açaí na prevenção de doenças cardiovasculares. **Journal of Amazon Health Science**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E. **Metodologia Científica: Determinação de polifenóis extraíveis totais**. Comunicado Técnico. Embrapa, Fortaleza, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZJIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Comunicado Técnico n° 128. Embrapa, Fortaleza, 2007a.

RUFINO, M.S.M., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., ARRANZ, S., ALVES, R.E., BRITO, E.S., OLIVEIRA, M.S.P., SAURA-CALIXTO, F. Açaí (*Euterpe oleraceae*) 'BRS-Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. **Food Research International**, v.44, p.2100-2106, 2011.

RUFINO, M.S.M., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., TABERNEIRO, M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., SAURA-CALIXTO, F. Acerola and cashew apple as sources of antioxidants and dietary fibre. **Food Science & Technology**, v.45, p.2227-2233, 2010.

SÁNCHEZ-TENA, S.; LIZÁRRAGA, D.; MIRANDA, A.; VINARDELL, M. P.; GARCÍAGARCÍA, F.; DOPAZO, J. Grape antioxidant dietary fiber inhibits intestinal

polyposis in ApcMin/+ mice: relation to cell cycle and immune response.

Carcinogenesis, v.34, n.8, p.1881-1888, 2013.

SAURA-CALIXTO, F. Concept and Health-Related Properties of Nonextractable Polyphenols: The Missing Dietary Polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.45, p.11195-11200, 2012.

SAURA-CALIXTO, F. Macromolecular Antioxidants: Importance in Health and Perspectives. **Arch Med Deporte**, v. 34(4), p.188-189. 2017.

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Instrução normativa nº 37:** Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para açaí. Brasil, 2018.

SILVA, J. J. M. da; ROGEZ, Hervé. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo bruto de açaí (*Euterpe oleracea*) na presença de compostos fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônicos. **Química Nova**. Vol. 36, n, 3, 2013.

SILVA, Joilna Alves. **Identificação de compostos fenólicos, macroantioxidantes e avaliação da atividade antioxidante do bagaço de uva proveniente da indústria de sucos no Vale do São Francisco**. Dissertação de Mestrado. Redenção-CE. 2018.

SINGH, A., HOLVOET, S., MERCENIER, A. Dietary Polyphenols in the Prevention and Treatment of Allergic Diseases. **Clinical & Experimental Allergy**, v. 41(10), p.1346-1359. 2011

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Total Phenolics and in vitro Antioxidant Capacity of Tropical Fruit Pulp Wastes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.3, p.202-210, 2011.

TRINDADE, Samantha Leite da.; NUNES, Patrícia de Oliveira.; FERNANDES, Kelly das Graças. Avaliação da distribuição de cobre associado a compostos de diferentes massas moleculares na polpa de açaí. **Acta Amazônia**. vol. 42(2) 2012. p. 287 - 292

TSENG, A.; ZHAO, Y. Effect of Different Drying Methods and Storage Time on the Retention of Bioactive Compounds and Antibacterial Activity of Wine Grape Pomace (Pinot Noir and Merlot). **Journal of Food Science**, v.77, n.9, p.192-201, 2012.

- UDANI, J. K.; SINGH, B. B.; SINGH, V. J.; BARRETT, M. L. Effects of Acai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: a pilot study. **Nutrition Journal**, v. 10, n. 1, p. 45, 2011.
- VIANA, D. S; CARVALHO, L. M. J. de; MOURA, M. R. L.; PEIXOTO, J. C.; CARVALHO, J. L. V. de. Biochemical assessment of oxidative stress by the use of açai (*Euterpe oleracea Martius*) gel in physically active individuals. **Food Science and Technology**. Vol. 37, n.1, 2017.
- VIZZOTTO, M.; KROLOW, A C.; TEIXEIRA, F. C. Alimentos Funcionais: Conceitos Básicos. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, n. 0, p.1-18, 2010.
- VISSOTTO, L. C.; RODRIGUES, E.; CHISTÉ, R. C.; BENASSI, M. de T.; MERCADANTE, A. Z. Correlation, by multivariate statistical analysis, between the scavenging capacity against reactive oxygen species and the bioactive compounds from frozen fruit pulps. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.33, p.57-65, 2013.
- YAMAGUCHI, K. K. L.; PEREIRA, L. F.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.
- VALLS, J. et al. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 43, p. 7143-7172, 2009.
- ZURITA, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, F. Improved procedure to determine non-extractable polymeric proanthocyanidins in plant foods. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.63, n.8, p.936-939, 2012.