

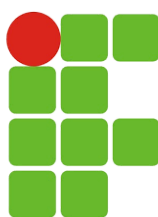
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CÂMPUS PORTO GRANDE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

LUIZ CARLOS BRITO DA SILVA
NABRO LUAN OLIVEIRA GONÇALVES

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) COMERCIALIZADO EM PORTO GRANDE – AMAPÁ.

PORTO GRANDE

2025



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CÂMPUS PORTO GRANDE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

LUIZ CARLOS BRITO DA SILVA
NABRO LUAN OLIVEIRA GONÇALVES

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) COMERCIALIZADO EM PORTO GRANDE, AMAPÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrônômica como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^ª. Dra. Alyne Cristina Sodré Lima e

Coorientador: Prof^º. Esp. José Leonilson Abreu da Silva Junior.

PORTO GRANDE

2025

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- S586a Silva, Luiz
 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO AÇAÍ (Euterpe
 oleracea) COMERCIALIZADO EM PORTO GRANDE, AMAPÁ. / Luiz
 Silva, Nabro Gonçalves. - Porto Grande, 2025.
 62 f.: il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande,
Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2025.
- Orientadora: Dra. Alyne Lima.
Coorientadora: Esp. José Junior.
1. Açai - Qualidade físico-químico e Análise Estatística. 2. Segurança
Alimentar - Produtos Artesanais.. 3. Polpa de Fruta - Análise e controle de
qualidade.. I. Gonçalves, Nabro. I. Lima, Dra. Alyne, orient. II. Junior, Esp.
José, coorient. III. Título.
-

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LUIZ CARLOS BRITO DA SILVA
NABRO LUAN OLIVEIRA GONÇALVES


**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea*)
COMERCIALIZADO EM PORTO GRANDE, AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrônoma como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.


Orientador: Prof^ª. Dra. Alyne Cristina Sodré Lima e

Coorientador: Prof^º. Esp. José Leonilson Abreu da Silva Junior


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ALYNE CRISTINA SODRÉ LIMA**
Data: 12/01/2026 15:54:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof^ª. Dra. Alyne Cristina Sodré Lima (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 **JOSE LEONILSON ABREU DA SILVA JUNIOR**
Data: 12/01/2026 16:37:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. José Leonilson Abreu da Silva Junior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 **IANE VALENTE PIRES**
Data: 13/01/2026 10:41:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Ianê Valente Pires
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 **LEONITA BEATRIZ GIRARDI**
Data: 12/01/2026 15:42:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Leonita Beatriz Girardi
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 12/11/2025
Conceito/Nota: 9,5

AGRADECIMENTOS

Eu, Nabro Luan Oliveira Gonçalves agradeço:

À minha mãe, que sempre foi meu alicerce. Obrigado por cada palavra de incentivo, por cada sacrifício silencioso e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava das minhas capacidades. Este trabalho também é seu, fruto de todo o amor e força que você sempre me deu,

À minha orientadora, deixo meu sincero agradecimento por ter sido a primeira pessoa a acreditar no meu potencial na pesquisa científica. Obrigado pela oportunidade, pela paciência, pelas orientações e por todo o aprendizado compartilhado. Sua confiança abriu portas que mudaram meu caminho acadêmico e profissional, e sou profundamente grato por isso.

AGRADECIMENTOS

Eu, Luiz Carlos Brito da Silva, agradeço;

A Deus pelo privilégio de poder estudar, obter conhecimento em uma Instituição que lutamos para existência dela em nosso município.

A minha mãe, que apesar de não a ter mais comigo, mas sua sabedoria e sua inflexibilidade diante dos desafios me inspiraram a vencer os meus, agradeço-a pelo apoio, aconchego e por me apoiar a ir atrás de meus sonhos.

A minha esposa que aos longos desses cinco anos, apesar das lutas que enfrentamos com as doenças, sempre me incentivou a continuar. Compartilho essa conquista com você.

Aos colegas que durante esses anos de academia dividimos esperança, sonhos e amizade.

Aos queridos professores e professoras que dividiram seus conhecimentos nos ajudando na construção desta conquista.

A orientadora que dedicou seu tempo e nos emprestou seu conhecimento para alcançarmos com louvores essa reta final.

RESUMO

O açaí (*Euterpe oleracea*) constitui um dos principais produtos alimentícios da região Amazônica, sendo amplamente consumido e comercializado em bateadeiras artesanais, onde a ausência de padronização pode comprometer sua qualidade físico-química. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos da polpa de açaí comercializada no município de Porto Grande-AP, caracterizando diferenças entre estabelecimentos e identificando fatores associados à variabilidade observada. Foram analisadas quinze amostras comerciais adquiridas como unidades de 500 mL, cada uma avaliada em triplicata. Determinaram-se temperatura de coleta (TC), temperatura de análise (TA), pH, acidez titulável, densidade, sólidos solúveis totais (°Brix), volume efetivo e massa correspondente a 50 mL. Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à estatística descritiva (média, desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação). Para comparar as amostras entre as bateadeiras, utilizou-se o teste não paramétrico de Friedman ($p < 0,05$), seguido de teste pós-hoc de Dunn quando aplicável. Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas em todos os parâmetros avaliados ($p < 0,001$), indicando heterogeneidade entre os estabelecimentos. Observou-se que temperaturas elevadas estavam associadas ao aumento da acidez e à redução da densidade e do °Brix, sugerindo início de processos fermentativos e manejo térmico inadequado. Amostras com menores valores de densidade, °Brix e massa evidenciaram maior grau de diluição, prática recorrente em bateadeiras artesanais. A acidez titulável e o pH mostraram sensibilidade às condições de conservação e ao estado de maturação da matéria-prima. De modo geral, os achados demonstram que a qualidade físico-química da polpa comercializada no município é fortemente influenciada pelas práticas operacionais adotadas, apontando para a necessidade de capacitação técnica, padronização dos processos e fortalecimento das boas práticas de manipulação a fim de assegurar a segurança e a qualidade do produto ofertado ao consumidor.

Palavras-chave: Qualidade de alimentos; segurança alimentar; parâmetros físico-químicos; adulteração.

ABSTRACT

Açaí (*Euterpe oleracea*) is one of the most relevant food products in the Amazon region, widely consumed and commonly processed in small-scale establishments, where the lack of standardization may compromise its physicochemical quality. This study aimed to evaluate the physicochemical parameters of açaí pulp marketed in the municipality of Porto Grande, Amapá, identifying differences among processing units and the main factors contributing to the observed variability. Fifteen commercial samples, each sold as 500 mL units, were collected and analyzed in triplicate. The assessed parameters included collection temperature (CT), analysis temperature (AT), pH, titratable acidity, density, total soluble solids (°Brix), effective volume, and the mass corresponding to 50 mL. Data were organized in spreadsheets and subjected to descriptive statistics (mean, standard deviation, amplitude, and coefficient of variation). Comparisons among samples were performed using the nonparametric Friedman test ($p < 0,05$), followed by Dunn's post-hoc test when applicable. Significant differences were found for all evaluated parameters ($p < 0,001$), indicating substantial heterogeneity among processing units. Higher temperatures were associated with increased acidity and reduced density and °Brix values, suggesting the onset of fermentative processes and insufficient thermal control. Samples with lower density, °Brix, and mass values showed evidence of excessive dilution, a common practice in artisanal production systems. Titratable acidity and pH were highly sensitive to storage conditions and fruit maturity. Overall, the findings demonstrate that the physicochemical quality of the açaí pulp sold in Porto Grande is strongly influenced by operational practices, highlighting the need for technical training, process standardization, and improved handling procedures to ensure product safety and quality for consumers.

Keywords: Food quality; food safety; physicochemical parameters; adulteration.

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 - Açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i>) em ambiente de várzea amazônica e detalhe dos frutos maduros.	16
Figura 2 - Etapas do processamento artesanal do açaí: lavagem, hidratação, batimento e branqueamento dos frutos.	17
Figura 3 - Consumo tradicional do açaí na Amazônia e sua inserção nos mercados regionais.	18
Figura 4 - Distribuição da produção de açaí na Região Norte e destaque para o estado do Amapá.	19
Figura 5 - Localização geográfica do município de Porto Grande.	22
Figura 6 - Vista do Laboratório do IFAP – Campus Porto Grande.	22
Figura 7 - Localização das bateadeiras de açaí amostradas no município de Porto Grande – AP.	23
Figura 8 - Coleta de amostras em bateadeiras artesanais do município de Porto Grande.	24
Figura 9 - Transporte das amostras em caixas isotérmicas.	25
Figura 10 - Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas.	26
Figura 11 - Determinação do pH em amostras de polpa de açaí.	27
Figura 12 - Determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix) com refratômetro.	28
Figura 13 - Procedimento de titulação da acidez total das amostras.	29
Figura 14 - Avaliação qualitativa do índice de peróxidos em amostras de açaí.	30
Figura 15 - Teste de Lugol para detecção de amido.	31
Figura 16 - Determinação do volume real das embalagens em proveta graduada.	32
Figura 17 - Pesagem da amostra e da embalagem em balança analítica.	32
Figura 18 - Temperatura de coleta (TC) das amostras de polpa de açaí.	36
Figura 19 - Temperatura de análise (TA) das amostras de polpa de açaí.	38
Figura 20 - Distribuição dos valores de sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de polpa de açaí.	42
Figura 21 - Distribuição dos valores de acidez titulável das amostras de polpa de açaí.	45
Figura 22 - Volume efetivamente medido (mL) das amostras de polpa de açaí adquiridas como “500 mL”.	48
Figura 23 - Massa correspondente a 50 mL das amostras de polpa de açaí.	50
Figura 24 - Fluxograma integrativo das relações entre temperatura, diluição, matéria-prima e parâmetros físico-químicos da polpa de açaí.	56
Figura 25 - Fluxograma integrativo dos eixos que influenciam a qualidade físico-química da polpa de açaí (temperatura, diluição e matéria-prima).	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de F, p-valor e significância estatística dos parâmetros físico-químicos avaliados pelo teste de Friedman nas amostras de polpa de açaí comercializadas em Porto Grande – AP.	34
Tabela 2 - Estatística descritiva dos valores de pH das amostras de polpa de açaí.	40
Tabela 3 - Estatística descritiva dos sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de polpa de açaí.	43
Tabela 4 - Estatística descritiva da acidez titulável das amostras de polpa de açaí.	46
Tabela 5 - Estatística descritiva do volume das amostras de polpa de açaí comercializadas como 500 mL.	48
Tabela 6 - Estatística descritiva da massa (g) correspondente a 50 mL das amostras de polpa de açaí.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais fatores que influenciam o pH de polpas de açaí e sua relação com os resultados obtidos no estudo.	41
Quadro 2 - Classificação da polpa de açaí segundo °Brix e densidade (polpa fina, média e grossa). ..	43
Quadro 3 - Principais fatores associados ao aumento da acidez titulável em polpas de açaí.	47
Quadro 4 - Principais fatores operacionais que influenciam a massa das polpas de açaí.	52
Quadro 5 - Síntese integrada dos fatores que influenciam os parâmetros físico-químicos da polpa de açaí nas bateadeiras avaliadas.	55

LISTA DE SIGLAS

- ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANVISA — Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- AOAC — Association of Official Analytical Chemists
- ATT — Acidez Total Titulável
- BPF — Boas Práticas de Fabricação
- BPL — Boas Práticas de Laboratório
- CV — Coeficiente de Variação
- CNS — Conselho Nacional de Saúde
- CONAMA — Conselho Nacional do Meio Ambiente
- Fr — Estatística do Teste de Friedman
- IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IFAP — Instituto Federal do Amapá
- IN — Instrução Normativa
- INMETRO — Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- MAPA — Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- pH — Potencial Hidrogeniônico
- TA — Temperatura de Análise
- TC — Temperatura de Coleta
- V_r — Volume Real
- V^d — Volume Declarado
- °Brix — Grau de Sólidos Solúveis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Botânica e origem do açaizeiro	16
3.2 Cadeia produtiva e processamento artesanal	16
3.3 Cultura alimentar e importância socioeconômica do açaí na Amazônia	18
3.4 Produção e consumo no Amapá e em Porto Grande	18
3.5 Adulteração e impactos na qualidade	19
3.6 Legislação e padrões de qualidade do açaí	19
3.7 Qualidade, fraudes e boas práticas: evidências científicas e recomendações	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Local da pesquisa	21
4.2 Delineamento amostral	22
4.3 Armazenamento e transporte das amostras	25
4.4 Análises físico-químicas	25
4.4.1 Determinação do pH	26
4.4.2 Teor de sólidos solúveis (°Brix)	27
4.4.3 Acidez titulável total (ATT)	28
4.4.4 Índice de peróxidos	29
4.4.5 Detecção de adulteração com amido (teste de Lugol)	30
4.5 Análises físicas e comerciais complementares	31
4.5.1 Volume real por embalagem	31
4.5.2 Massa líquida	32
4.6 Tratamento estatístico dos dados	33
4.7 Aspectos éticos e legais	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Análise Geral dos Testes de Significância	34
5.2. Temperatura de Coleta (TC)	35
5.3. Temperatura de Análise (TA)	37
5.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)	39
5.5. Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	41

5.6. Acidez Titulável.....	44
5.7. Volume da Amostra.....	47
5.8. Peso da amostra	50
5.9 Avaliação da oxidação lipídica	53
5.10 Teste de Lugol para detecção de adulteração com amido	53
5.11. Discussão Integrada Entre os Parâmetros Físico-Químicos	54
5.11.1. Relação entre temperatura e qualidade físico-química	55
5.11.2 Relação entre diluição e teor de sólidos	56
5.11.3 Influência da matéria-prima e do estado de conservação.....	57
5.11.4 Interação entre os três eixos de variabilidade	57
5.12.5 Síntese interpretativa.....	57
6. CONCLUSÃO.....	59
7. REFERÊNCIAS	60

1. INTRODUÇÃO

O açaí (*Euterpe oleracea*) destaca-se como um dos alimentos mais representativos da região Amazônica, exercendo papel central na cultura alimentar, na segurança nutricional e na economia de diversos municípios do Norte do Brasil. Tradicionalmente consumido na forma de polpa, o açaí apresenta elevado valor energético, principalmente devido ao seu alto teor de lipídios, além de fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos, como antocianinas e outros pigmentos fenólicos, responsáveis por suas propriedades antioxidantes e funcionais (RUFINO *et al.*, 2010; YUYAMA *et al.*, 2011). Esses atributos conferem ao produto grande relevância não apenas do ponto de vista nutricional, mas também funcional, sendo associado à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis.

Nas últimas décadas, o consumo do açaí extrapolou os limites da Amazônia Legal, alcançando mercados nacionais e internacionais, o que impulsionou significativamente sua cadeia produtiva. Esse crescimento tem promovido transformações nos sistemas de produção, processamento e comercialização, ao mesmo tempo em que evidencia desafios relacionados à padronização e à garantia da qualidade do produto ofertado ao consumidor (SANTOS *et al.*, 2021). No contexto amazônico, especialmente em estados como o Amapá, o açaí continua sendo majoritariamente produzido por agricultores familiares e processado de forma artesanal, o que reforça sua importância socioeconômica local.

Grande parte da polpa de açaí comercializada em centros urbanos amazônicos, incluindo municípios de pequeno e médio porte, é produzida em bateadeiras artesanais. Nesses estabelecimentos, o processamento ocorre, em geral, com baixa padronização das operações, variando desde a seleção dos frutos até as etapas de lavagem, hidratação, batimento, peneiramento e adição de água. Estudos indicam que variações nessas etapas podem resultar em significativa heterogeneidade entre lotes produzidos em um mesmo estabelecimento, refletindo diretamente em parâmetros físico-químicos como viscosidade, densidade, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez titulável e pH (FARIAS *et al.*, 2022; NOGUEIRA *et al.*, 2023).

A literatura aponta que a instabilidade físico-química da polpa de açaí está fortemente associada às condições de processamento e conservação, especialmente no que se refere ao controle de temperatura. O açaí é um produto altamente perecível, e temperaturas elevadas durante o batimento, armazenamento ou transporte favorecem a degradação de compostos fenólicos, além de acelerar reações enzimáticas e microbiológicas, que podem comprometer a qualidade sensorial e a segurança do alimento (LIMA *et al.*, 2023). A ausência de refrigeração adequada, comum em bateadeiras artesanais, contribui para alterações rápidas no pH e aumento da acidez, indicadores clássicos do início de processos fermentativos.

Outro fator determinante para a qualidade da polpa refere-se às condições da matéria-prima utilizada. O grau de maturação dos frutos, o tempo decorrido entre a colheita e o processamento e a exposição prolongada a condições ambientais inadequadas influenciam diretamente a estabilidade físico-química do produto final. Frutos sobremaduros ou danificados apresentam maior atividade enzimática e maior carga microbiana, o que acelera processos de deterioração e compromete atributos como sabor, aroma e coloração (ALMEIDA; SOUZA; BRAGA, 2022). Em regiões como o Amapá, onde o transporte dos frutos frequentemente ocorre por vias fluviais ou estradas não pavimentadas, esses fatores tornam-se ainda mais críticos.

No estado do Amapá, o açaí assume importância estratégica para a economia regional, especialmente em municípios do interior, como Porto Grande, onde o produto representa fonte de renda para agricultores familiares, batedores artesanais e pequenos comerciantes. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a produção de açaí no Amapá tem apresentado crescimento contínuo, acompanhando a expansão da demanda regional e nacional.

No contexto sanitário e regulatório, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) têm reforçado a necessidade da adoção de boas práticas de manipulação e do controle rigoroso de temperatura em produtos vegetais minimamente processados. Normativas como a RDC nº 216/2004 e instruções normativas mais recentes estabelecem critérios mínimos para higiene, armazenamento e controle de processos em estabelecimentos produtores de alimentos, incluindo polpas de frutas (BRASIL, 2021). No entanto, a implementação dessas exigências ainda enfrenta limitações em batedeiras artesanais, sobretudo em municípios de pequeno porte.

Apesar da relevância do tema, ainda são escassos os estudos que avaliam de forma sistemática a qualidade físico-química da polpa de açaí comercializada em batedeiras artesanais no estado do Amapá. Pesquisas conduzidas em municípios como Macapá e Santana evidenciaram elevada variabilidade entre estabelecimentos, com valores de pH, acidez e sólidos solúveis frequentemente fora dos padrões recomendados, indicando falhas no controle do processo e na conservação do produto (NOGUEIRA *et al.*, 2023). Entretanto, localidades como Porto Grande permanecem pouco investigadas, o que limita a compreensão das especificidades locais da cadeia produtiva. Nesse cenário, torna-se fundamental analisar de forma sistemática os parâmetros físico-químicos da polpa de açaí comercializada no município de Porto Grande-AP.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade físico-química do açaí (*Euterpe oleracea*) comercializado no município de Porto Grande – AP, com foco na identificação de possíveis fraudes, bem como sua conformidade com os padrões legais estabelecidos.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos das amostras de polpa de açaí comercializadas em Porto Grande – AP, incluindo pH, teor de sólidos solúveis (°Brix corrigido), acidez titulável e densidade aparente.
- Verificar a conformidade das embalagens e da concentração da polpa com os padrões regulamentares, por meio da determinação do volume real, massa líquida e conformidade metrológica segundo critérios do INMETRO.
- Comparar os resultados obtidos entre as bateadeiras e com os valores de referência da legislação vigente (MAPA) e da literatura científica, identificando padrões de variação, possíveis inconformidades e suas implicações para a qualidade e segurança alimentar do produto.
- Realizar o tratamento estatístico dos dados obtidos, incluindo estatística descritiva e a aplicação do teste não paramétrico de Friedman ($p < 0,05$), seguido do teste pós-hoc de Dunn quando aplicável, para comparar as bateadeiras e identificar diferenças significativas entre os parâmetros físico-químicos da polpa de açaí comercializada no município.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Botânica e origem do açazeiro

O açazeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira multicaule pertencente à família Arecaceae, amplamente distribuída nas áreas de várzea da Amazônia Oriental, especialmente nos estados do Pará e Amapá. A espécie desenvolve-se naturalmente em ambientes alagáveis, onde apresenta elevada capacidade de adaptação ao regime de cheias, fator que influencia sua fenologia e produtividade (YUYAMA; AGUIAR; FÁVARO, 2011). Os estipes podem atingir 20–25 m de altura e formar touceiras densas com múltiplos caules produtivos (NASCIMENTO; MOTA; FARIAS NETO, 2019).

O fruto do açazeiro é uma drupa esférica, de coloração roxa a negra quando madura, composta majoritariamente por caroço e fina camada de polpa. Essa polpa concentra lipídios, fibras e compostos bioativos, como antocianinas, responsáveis pela coloração e forte capacidade antioxidante do alimento (ROGEZ, 2000). A importância botânica e ecológica da espécie está associada tanto ao seu valor comercial quanto ao papel que desempenha na manutenção dos ecossistemas de várzea amazônicos.

Figura 1 - Açazeiro (*Euterpe oleracea*) em ambiente de várzea amazônica e detalhe dos frutos maduros.



Fonte: Acervo EMBRAPA Amazônia Oriental.

3.2 Cadeia produtiva e processamento artesanal

O processamento do açai inicia-se logo após a colheita, sendo uma etapa determinante para a qualidade físico-química e microbiológica da polpa. Após a chegada dos frutos às

batedeiras, realiza-se a lavagem em água potável para remoção de sujidades e material particulado. Em seguida, os frutos passam pela etapa de hidratação, na qual são imersos em água por um período variável, com o objetivo de amolecer o epicarpo e facilitar a extração da polpa durante o batimento. A literatura aponta que a ausência de padronização no tempo de hidratação e na proporção de água utilizada pode influenciar diretamente parâmetros como viscosidade, densidade e teor de sólidos solúveis, resultando em produtos com características inconsistentes entre diferentes estabelecimentos (YUYAMA *et al.*, 2011; FARIAS *et al.*, 2022).

O batimento propriamente dito consiste na fricção mecânica dos frutos hidratados em equipamentos específicos, promovendo a separação da polpa do caroço, seguido do peneiramento para remoção de fibras grosseiras. Nessa etapa, é comum a adição de água, prática que, quando realizada sem controle técnico, pode levar à diluição excessiva da polpa e à redução do valor nutricional do produto final. Estudos indicam que o processamento artesanal, predominante em municípios do interior da Amazônia, como Porto Grande-AP, apresenta grande variabilidade operacional, tanto no tempo de batimento quanto na quantidade de água adicionada, refletindo-se em diferenças significativas nos valores de pH, acidez titulável e °Brix entre lotes comercializados no mesmo dia (NOGUEIRA *et al.*, 2023).

Uma etapa que tem sido amplamente recomendada pela literatura técnica para a melhoria da qualidade e segurança da polpa de açaí é o branqueamento dos frutos antes do batimento. O branqueamento consiste na imersão dos frutos em água quente, geralmente entre 80 °C e 90 °C, por curtos períodos, seguido de resfriamento rápido. Essa prática tem como principais objetivos a redução da carga microbiana superficial, a inativação de enzimas oxidativas, como a polifenoloxidase, e a diminuição do risco de transmissão de patógenos, além de contribuir para maior estabilidade da cor e dos compostos bioativos da polpa (EMBRAPA, 2019; SILVA *et al.*, 2021).

Figura 2 - Etapas do processamento artesanal do açaí: lavagem, hidratação, batimento e branqueamento dos frutos.



Fonte: Acervo EMBRAPA / Registros técnicos da cadeia produtiva do açaí.

3.3 Cultura alimentar e importância socioeconômica do açaí na Amazônia

O açaí constitui um dos alimentos mais representativos da cultura amazônica. Em estados da região Norte, seu consumo é diário e pode atingir valores per capita superiores a 1 litro por pessoa/dia em comunidades tradicionais, sendo consumido como refeição principal acompanhado de farinha, peixe ou camarão seco (ROGEZ, 2000; YUYAMA; AGUIAR; FÁVARO, 2011). Seu papel nutricional é significativo, uma vez que é fonte de energia, fibras e antioxidantes, além de compor a base de segurança alimentar de milhares de famílias (SANTOS; COSTA; OLIVEIRA, 2022).

Economicamente, o açaí se consolidou como um dos principais produtos da bioeconomia amazônica. O Brasil lidera a produção mundial, com destaque para os estados do Pará e Amapá, responsáveis por mais de 90% da oferta nacional (ABRAFRUTAS, 2024). Essa relevância socioeconômica decorre da geração de renda em sistemas extrativistas e agroflorestais, dinamização do comércio urbano e expansão do mercado nacional e internacional.

Figura 3 - Consumo tradicional do açaí na Amazônia e sua inserção nos mercados regionais.



Fonte: Acervo IBGE / EMBRAPA,

3.4 Produção e consumo no Amapá e em Porto Grande

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) compilados pelo SEBRAE, a produção de açaí no Brasil alcançou 1.696.485 toneladas em 2023, distribuídas em cerca de 236.404 ha colhidos, com rendimento médio superior a 7 t/ha, evidenciando o potencial produtivo do setor (SEBRAE, 2025). Na Região Norte, a extração de açaí foi responsável por aproximadamente 247,5 mil toneladas, com destaque para o estado do Pará, que respondeu por mais de dois terços da produção nacional (IMPULSO ECOAGRO, 2025). No estado do Amapá, dados econômicos indicam que o valor da produção de açaí

ultrapassou R\$ 9,85 milhões em 2023, um marco histórico, demonstrando a importância crescente dessa cadeia produtiva no contexto regional (CEIC, 2023).

O município de Porto Grande destaca-se como polo emergente de beneficiamento artesanal, apresentando expressivo aumento na produção e comercialização de polpa. A atividade é estruturada principalmente por bateadeiras familiares e pequenos empreendimentos, responsáveis por grande parte do abastecimento local.

Figura 4 - Distribuição da produção de açaí na Região Norte e destaque para o estado do Amapá.



Fonte: IBGE / SEBRAE,

3.5 Adulteração e impactos na qualidade

A adulteração da polpa de açaí é uma preocupação crescente, especialmente em unidades artesanais que apresentam menor controle de qualidade. As fraudes mais comuns incluem adição excessiva de água, incorporação de amido (proveniente de mandioca ou outras fontes farináceas) e uso de corantes ou espessantes artificiais (CASTRO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A diluição excessiva reduz o teor de sólidos solúveis, a densidade, o conteúdo lipídico e a atividade antioxidante do produto, descaracterizando a identidade da polpa e comprometendo seu valor nutricional (CASTRO *et al.*, 2015). Além disso, adulterações podem mascarar deterioração microbiológica, aumentar riscos sanitários e configurar infração legal segundo o Código Penal e normas do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2017).

3.6 Legislação e padrões de qualidade do açaí

A regulamentação da identidade e qualidade das polpas de frutas no Brasil é definida pela Instrução Normativa MAPA nº 37/2018, que estabelece parâmetros mínimos de pH, teor de sólidos solúveis, acidez e características sensoriais para polpas integrais, clarificadas e

concentradas (BRASIL, 2018). No âmbito sanitário, a Resolução RDC nº 331/2019 e a Instrução Normativa nº 60/2019 definem os padrões microbiológicos que devem ser atendidos, incluindo limites para coliformes termotolerantes, bolores e leveduras (ANVISA, 2019a; ANVISA, 2019b). Já o controle metrológico das embalagens é regulamentado pelo INMETRO, que fiscaliza a relação entre o volume declarado e o volume real comercializado (INMETRO, 2020). O cumprimento dessas normativas é fundamental para assegurar a segurança do consumidor e a padronização da qualidade dos produtos ofertados no mercado.

Em sistemas artesanais, como as bateadeiras de pequeno porte, a aplicação integral dessas exigências ainda representa um desafio técnico e estrutural. Falhas no atendimento às normas podem resultar em produtos fora do padrão legal, com prejuízos à saúde pública e à credibilidade da cadeia produtiva. Nesse contexto, ações de capacitação técnica e fiscalização contínua tornam-se essenciais para a adequação dos estabelecimentos às exigências legais vigentes. Além disso, a observância da legislação contribui para a valorização do produto e para a ampliação do acesso a mercados formais.

3.7 Qualidade, fraudes e boas práticas: evidências científicas e recomendações

Diversos estudos relatam variabilidade físico-química expressiva em polpas de açaí comercializadas na Amazônia, indicando padrões irregulares de qualidade. Pesquisas realizadas em Macapá e Belém identificaram diferenças significativas nos valores de pH, °Brix e acidez entre amostras de bateadeiras distintas, além de registros de adulteração por amido e falhas na cadeia de frio (OLIVEIRA *et al.*, 2020; GONÇALVES *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2022).

A qualidade da polpa está fortemente associada às boas práticas de fabricação (BPF), que incluem: higienização adequada dos frutos, uso de água potável, manutenção de temperatura abaixo de 10 °C após o processamento, redução do tempo entre despulpamento e consumo e armazenamento sob refrigeração ou congelamento (ANVISA, 2020). Falhas nesses procedimentos podem favorecer oxidação lipídica, fermentação, perda de acidez natural e risco de contaminação microbiológica, incluindo a transmissão oral da Doença de Chagas, quando há manipulação inadequada dos frutos (CASTRO *et al.*, 2015; MOURA *et al.*, 2020),

Assim, os estudos recentes evidenciam que a qualidade do açaí depende tanto dos parâmetros físico-químicos quanto do cumprimento das normas sanitárias e metrológicas, reforçando a importância de fiscalização contínua, capacitação de manipuladores e padronização tecnológica das bateadeiras para garantir segurança e autenticidade ao consumidor.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local da pesquisa

O estudo foi desenvolvido no município de Porto Grande, localizado na mesorregião Norte do estado do Amapá, com coordenadas geográficas aproximadas de 0°42'40" N e 51°24'57" W. O município apresenta população estimada em cerca de 20 mil habitantes e clima equatorial úmido, com temperatura média anual de aproximadamente 27 °C e umidade relativa do ar superior a 80%, características típicas da Amazônia Oriental (IBGE, 2022).

A área de estudo foi selecionada em função da representatividade do município na cadeia produtiva regional do açaí, em razão da presença de unidades artesanais de beneficiamento e comercialização da polpa, predominantemente vinculadas à agricultura familiar. Segundo a Embrapa (2023), o município concentra atividades de extração, processamento e comercialização do fruto, distribuídas entre pequenos produtores e bateadeiras artesanais localizadas na zona urbana.

As atividades de coleta das amostras foram realizadas na primeira quinzena do mês de julho, período correspondente à entressafra do açaí na região, conforme caracterização do calendário produtivo regional. A definição desse período visou padronizar as condições de amostragem, considerando a menor disponibilidade de frutos no mercado local e a manutenção das rotinas operacionais das bateadeiras artesanais durante essa fase do ciclo produtivo.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Química e Agroindústria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) – *Campus* Porto Grande, localizado na BR-210, km 10. O laboratório é equipado com balança analítica de precisão (0,001 g), refratômetro óptico portátil (faixa 0–12 °Brix), pHmetro digital de bancada, termômetro digital portátil, provetas graduadas de 1000 mL, béqueres e pipetas volumétricas, tubos de ensaio, vidrarias de borossilicato e demais utensílios utilizados nas determinações físico-químicas descritas no estudo. Esses equipamentos atendem aos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2017) e às normas de Boas Práticas de Laboratório (BPL) preconizadas pela ANVISA (2020).

A Figura 1 apresenta a localização geográfica do município, evidenciando sua inserção no contexto amazônico e sua proximidade com a capital Macapá.

Figura 5 - Localização geográfica do município de Porto Grande.



Fonte: Elaboração própria (2025),

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do IFAP – *Campus* Porto Grande, conforme mostrado na Figura 2, que ilustra as instalações utilizadas nas etapas analíticas.

Figura 6 - Vista do Laboratório do IFAP – *Campus* Porto Grande.



Fonte: Autoria própria (2025).

4,2 Delineamento amostral

O delineamento amostral adotado foi quantitativo, descritivo e observacional, com enfoque analítico nos parâmetros físico-químicos da polpa de açaí comercializada. O universo amostral foi composto por 27 bateadeiras registradas no município (dados obtidos junto à

Prefeitura de Porto Grande, 2025), das quais 15 foram selecionadas de modo a representar os diferentes estratos geográficos: região central, bairros adjacentes e zona periférica.

A distribuição espacial das batedeiras amostradas no município é apresentada na Figura 7, permitindo visualizar a localização dos pontos de coleta em relação à malha urbana de Porto Grande.

Figura 7 - Localização das batedeiras de açaí amostradas no município de Porto Grande – AP.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 8 apresenta o processo de coleta das amostras de polpa de açaí realizado diretamente nos pontos de venda, assegurando a obtenção de amostras sob condições reais de comercialização. A Figura 8 (a) e (b) ilustra o momento da aquisição da polpa nas batedeiras artesanais, evidenciando a compra do produto tal como ofertado ao consumidor final.

Figura 8 - Coleta de amostras em bateadeiras artesanais do município de Porto Grande.



Fonte: Autoria própria (2025).

A escolha do número de amostras foi fundamentada em cálculo estatístico para populações finitas, aplicando-se a seguinte fórmula (TRIOLA, 2017):

$$n = \frac{N, z^2, p, q}{e^2(N - 1) + z^2, p, q}$$

Em que:

n = tamanho da amostra;

N = população total (27 baterias);

z = valor crítico correspondente a 95% de confiança (1,96)

p = proporção estimada de ocorrência (0,5);

q = 1 - p;

e = erro amostral máximo de 15% (0,15).

Após o cálculo o resultado apontado foi de 15 unidades amostrais, consideradas suficientes para garantir representatividade estatística e viabilidade operacional.

A coleta foi realizada sem aviso prévio aos estabelecimentos, com o objetivo de simular as condições reais de comercialização do produto. Em cada ponto de coleta, foi adquirida uma embalagem comercial de 500 mL de polpa de açaí, classificada pelo próprio estabelecimento como açaí grosso, conforme a denominação usual adotada no comércio local, e nas mesmas condições ofertadas ao consumidor final, considerando temperatura, densidade aparente e rotulagem. No momento da compra, a temperatura da polpa foi aferida imediatamente, sem o conhecimento do vendedor, a fim de evitar interferências no procedimento e garantir a

fidedignidade dos dados obtidos. Essa abordagem metodológica segue a recomendação de Ferreira, Almeida e Ramos (2021), que ressalta a importância de avaliar o produto conforme o fluxo real de venda, de modo a garantir maior representatividade e autenticidade dos resultados obtidos.

4.3 Armazenamento e transporte das amostras

Após a aquisição, cada amostra foi rotulada com o código da bateadeira, coordenadas, temperatura da coleta, data, hora e turno da coleta (manhã, tarde ou noite), permitindo rastreabilidade total.

Durante o transporte até o laboratório, as amostras foram mantidas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável, mantendo a temperatura interna média de 4 ± 1 °C, monitorada com termômetro digital portátil. Esse procedimento visou evitar a oxidação lipídica e a fermentação natural da polpa, fenômenos que podem ocorrer rapidamente devido ao alto teor de lipídios e açúcares do açaí (ROGEZ, 2000; SANTOS; COSTA; OLIVEIRA, 2022).

Figura 9 - Transporte das amostras em caixas isotérmicas.



Fonte: Autoria própria (2025).

As análises foram iniciadas em até quatro horas após a coleta, respeitando o tempo máximo estabelecido para amostras perecíveis sem aditivos conservantes, conforme os critérios da Instrução Normativa MAPA nº 37/2018 (BRASIL, 2018),

4.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram conduzidas de acordo com metodologias descritas na Instrução Normativa nº 37/2018 e em referências científicas consolidadas (ROGEZ, 2000; SHAHIDI, 2005; SILVA *et al.*, 2020), Todos os ensaios foram executados em triplicata, com resultados expressos em média \pm desvio padrão, garantindo precisão e confiabilidade estatística.

A Figura 10 mostra o conjunto de equipamentos utilizados nas análises físico-químicas.

Figura 10 - Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas.



Fonte: Autoria própria (2025).

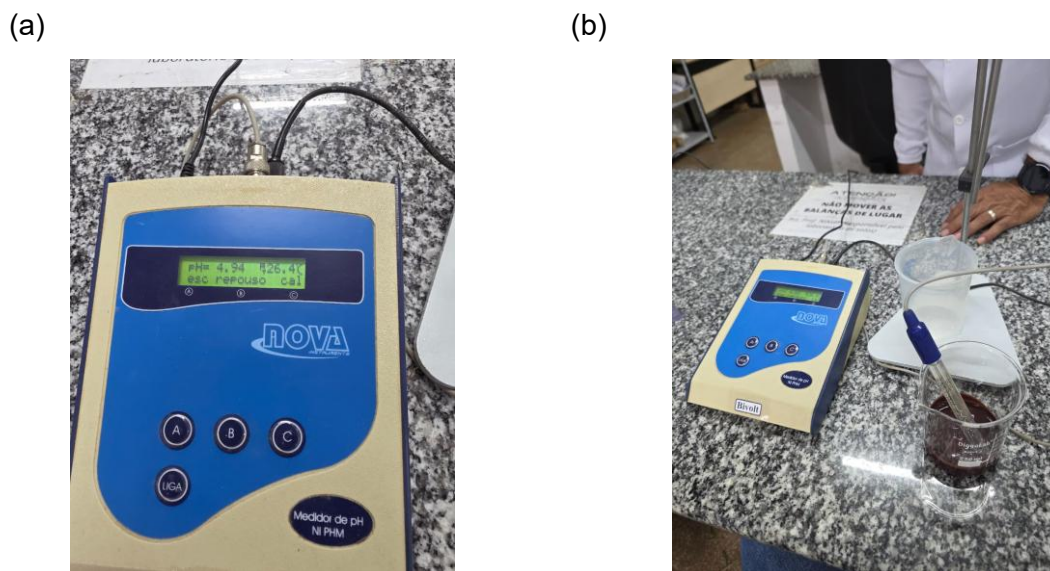
4.4.1 Determinação do pH

O pH das amostras foi determinado por potenciometria direta, utilizando pHmetro digital de bancada calibrado com soluções padrão de pH 4,0 e 7,0.

As medições foram realizadas à temperatura de 25 ± 1 °C, inserindo o eletrodo diretamente em 30 mL da amostra homogeneizada. Essa determinação é fundamental para avaliar a estabilidade microbiológica e química do produto, pois valores muito baixos indicam fermentação e valores altos sugerem diluição (CASTRO *et al.*, 2015).

A Figura 11 exemplifica o procedimento de determinação do pH das amostras de polpa de açaí durante os ensaios laboratoriais. A Figura 11(a) apresenta o pHmetro digital de bancada utilizado nas análises, previamente calibrado com soluções padrão, evidenciando o equipamento empregado para a leitura potenciométrica. A Figura 11(b) ilustra a realização da medição do pH, com o eletrodo inserido diretamente na amostra homogeneizada, demonstrando o procedimento adotado para obtenção dos valores, conforme metodologia descrita. Essas etapas asseguram precisão, reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

Figura 11 - Determinação do pH em amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.4.2 Teor de sólidos solúveis (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais foi mensurado com refratômetro óptico portátil (faixa 0–12 °Brix). Devido à elevada viscosidade e presença de partículas na polpa, adotou-se uma diluição prévia: foram pesados 10 g de amostra homogeneizada e diluídos em 50 mL de água destilada, obtendo-se uma suspensão uniforme para leitura no refratômetro.

Uma alíquota dessa suspensão foi depositada sobre a lente do refratômetro, e o resultado foi inicialmente expresso em °Brix da amostra diluída. Em seguida, os valores foram corrigidos pelo fator de diluição (fator 6), para estimar o teor de sólidos solúveis correspondente à polpa original, de acordo com a relação:

$$^{\circ}\text{Brix}_{\text{corrigido}} = ^{\circ}\text{Brix}_{\text{lido}} \times 6$$

Essa variável reflete a quantidade de açúcares solúveis e outros sólidos da polpa, sendo um parâmetro direto para avaliar concentração e possível diluição do produto (SANTOS *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2022).

A Figura 12 ilustra o procedimento de determinação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de polpa de açaí por meio de refratometria. A Figura 12 (a) apresenta a realização da medição por um operador, demonstrando a aplicação da amostra previamente diluída sobre o prisma do refratômetro óptico portátil e o manuseio adequado do equipamento durante a leitura. A Figura 12 (b) mostra a visualização interna do refratômetro, correspondente à escala observada pelo operador ao olhar através do equipamento, na qual é realizada a leitura

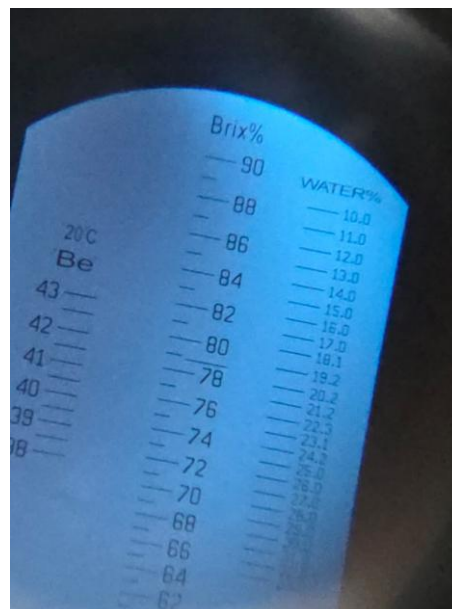
direta do valor de °Brix. Esse procedimento permite a determinação rápida e precisa da concentração de sólidos solúveis, assegurando a confiabilidade dos dados obtidos.

Figura 12 - Determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix) com refratômetro.

(a)



(b)



Fonte: Autoria própria (2025).

4,4,3 Acidez titulável total (ATT)

A acidez total titulável foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador.

Pesaram-se 10 g de amostras diluídas em 100 mL de água destilada, e a titulação foi realizada até o aparecimento da coloração marrom escura. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de amostra, conforme metodologia da AOAC (2016).

$$ATT = \frac{V \times N \times 0,064}{m}$$

Onde;

V = volume de NaOH gasto (mL),

N = normalidade da base,

0,064 = equivalente grama de ácido cítrico,

m = massa da amostra (g),

A Figura 13 apresenta o procedimento de determinação da acidez titulável total das amostras de polpa de açaí por titulação ácido-base. A Figura 13(a) ilustra a vidraria utilizada durante a titulação, destacando a adição gradual da solução de hidróxido de sódio (NaOH) à

amostra previamente preparada, evidenciando o controle do volume titulado até o ponto de viragem do indicador. A Figura 13(b) mostra as três amostras previamente pesadas, correspondentes às repetições analíticas realizadas para cada unidade amostral, demonstrando o cuidado com a padronização da massa utilizada e garantindo maior precisão e reprodutibilidade dos resultados obtidos.

Figura 13 - Procedimento de titulação da acidez total das amostras.

(a)



(b)



Fonte: Autoria própria (2025).

Esse parâmetro está associado ao frescor e estabilidade do produto, pois elevações anormais podem indicar fermentação ou oxidação (SILVA *et al.*, 2020).

4.4.4 Índice de peróxidos

O índice de peróxidos foi avaliado por método qualitativo adaptado do roteiro interno de análise, com o objetivo de verificar indícios de oxidação lipídica na polpa.

Para cada amostra, foram transferidos 10 mL de polpa para tubo de ensaio, adicionando-se 5 mL de solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 3% e 1 mL de solução de iodeto de potássio (KI). Após suave homogeneização e repouso de 2 a 3 minutos, observou-se a coloração desenvolvida, classificando-a em fraca, média ou forte, de acordo com a intensidade do tom amarelado/castanho.

Esse procedimento permite inferir, de forma qualitativa, o grau de oxidação dos lipídios, sendo colorações mais intensas associadas a maior degradação e possível rancidez (MOURA *et al.*, 2020).

A Figura 14 demonstra o resultado visual do teste de oxidação lipídica (índice de peróxidos) realizado nas amostras de polpa de açaí. A coloração observada após a reação dos reagentes indica, de forma qualitativa, o grau de oxidação dos lipídios presentes na polpa, sendo tons mais intensos associados a maior avanço do processo oxidativo. Esse registro visual permitiu a classificação das amostras quanto à intensidade da oxidação, servindo como indicador complementar da estabilidade química e das condições de conservação do produto analisado.

Figura 14 - Avaliação qualitativa do índice de peróxidos em amostras de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.4.5 Detecção de adulteração com amido (teste de Lugol)

Para a detecção de amido, foram utilizados 10 mL da amostra líquida e 2 mL da solução de iodo (Lugol 2%), conforme descrito por Ferreira, Almeida e Ramos (2021).

A mistura foi agitada levemente, e a formação de coloração marrom escuro indicou a ausência de amido, descaracterizando possível fraude por adição de fécula ou mandioca.

A Figura 15 demonstra o resultado visual do teste.

Figura 15 - Teste de Lugol para detecção de amido.



Fonte: Autoria própria (2025).

O teste é qualitativo, mas fornece um indicador rápido e sensível da autenticidade da polpa,

4.5 Análises físicas e comerciais complementares

Além dos parâmetros físico-químicos tradicionais, foram incluídas análises físicas e metrológicas, de modo a avaliar a conformidade das embalagens com as exigências do INMETRO (2020) e a consistência da concentração da polpa comercializada.

4.5.1 Volume real por embalagem

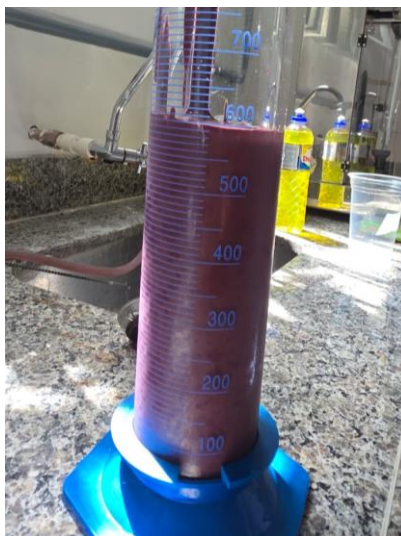
Cada embalagem de 500 mL foi esvaziada em uma proveta 1000 mL de precisão (± 1 mL), O volume efetivo (V_r) foi comparado ao volume nominal declarado na rotulagem (V^d), e calculado o percentual de conformidade volumétrica (CV%):

$$CV = \frac{V_r}{V^d} \times 100$$

Valores inferiores a 95% do volume declarado foram considerados não conformes, conforme critérios do Regulamento Técnico Metrológico (INMETRO, 2020).

A Figura 16 apresenta a etapa de medição do volume real das amostras.

Figura 16 - Determinação do volume real das embalagens em proveta graduada.



Fonte: Autoria própria (2025).

Essa análise é importante, pois embalagens subdimensionadas configuram infração às normas de comercialização e podem indicar adulteração por diluição volumétrica.

4.5.2 Massa líquida

A alíquota de 50 mL foi transferida para bquer previamente tarado e então pesada em balança analítica (0,001 g), A massa registrada (m_{50}) correspondeu diretamente à massa do volume padrão da amostra analisada.

Figura 17 - Pesagem da amostra e da embalagem em balança analítica.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.6 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva, incluindo cálculo de média, desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação (CV%), Considerando que os dados apresentavam três réplicas por amostra e que não atenderam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias requeridos por testes paramétricos, optou-se pela aplicação do teste não paramétrico de Friedman, adequado para comparar grupos relacionados em experimentos com medidas repetidas.

A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. Quando identificado efeito significativo pelo teste de Friedman, procedeu-se à análise pós-hoc utilizando o teste de Dunn, permitindo identificar quais amostras diferem entre si. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software BioEstat 5,0, amplamente utilizado em estudos nas áreas de Ciências Agrárias e Biológicas. Todo o procedimento estatístico foi conduzido em ambiente computacional, garantindo padronização no processamento dos dados. As representações gráficas (boxplots e gráficos de média) foram elaboradas em ambiente computacional, assegurando clareza visual e uniformidade na apresentação dos resultados.

4.7 Aspectos éticos e legais

O estudo seguiu os princípios éticos da Resolução CNS nº 510/2016, uma vez que não envolveu seres humanos, apenas estabelecimentos comerciais. Todas as batedeiras foram codificadas (1–15) para manter sigilo comercial. O descarte das amostras e reagentes seguiu a Resolução CONAMA nº 358/2005, com manejo adequado de resíduos laboratoriais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Geral dos Testes de Significância

A análise integrada dos parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de polpa de açaí demonstrou diferenças altamente significativas entre as bateadeiras, conforme evidenciado pela Tabela 1. O teste de Friedman, adotado devido à ausência de normalidade e homogeneidade entre os dados indicou significância estatística para todas as variáveis analisadas ($p < 0,05$), revelando que a variabilidade observada não é fruto do acaso, mas sim consequência direta das diferentes práticas operacionais adotadas pelos estabelecimentos.

Tabela 1 - Valores de F, p-valor e significância estatística dos parâmetros físico-químicos avaliados pelo teste de Friedman nas amostras de polpa de açaí comercializadas em Porto Grande – AP.

Variável	F calculado	p-valor	Significância (5%)
TC	334186	$6,91 \times 10^{-74}$	Significativo
TA	100040,7	$4,97 \times 10^{-66}$	Significativo
pH	67,68	$9,19 \times 10^{-19}$	Significativo
Volume	23236240	$1,61 \times 10^{-101}$	Significativo
Peso	45872,9	$5,97 \times 10^{-61}$	Significativo
Densidade	16,7	$1,90 \times 10^{-10}$	Significativo
Brix	843,51	$6,10 \times 10^{-35}$	Significativo
Wt	20542,6	$1,02 \times 10^{-55}$	Significativo
Acidez (g/100g)	16	$3,25 \times 10^{-10}$	Significativo

Fonte: Autoria própria (2025).

Valores extremamente elevados de F e p-valores próximos de zero, como os observados para Volume ($F = 23,236,240,0$; $p = 1,61 \times 10^{-101}$), °Brix ($F = 843,51$; $p = 6,10 \times 10^{-35}$) e Temperatura de Coleta ($F = 334,186,0$; $p = 6,91 \times 10^{-74}$), confirmam que essas variáveis são altamente sensíveis às variações no processamento artesanal. Esse comportamento é amplamente descrito na literatura, reforçando que parâmetros associados a diluição, extração mecânica e controle térmico são os primeiros a refletir diferenças nas rotinas de produção (FARIAS *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2019).

Esses resultados convergem com os achados de Oliveira *et al.*, (2020), que avaliaram polpas comercializadas em Macapá e observaram diferenças significativas para °Brix, acidez, densidade e pH entre bateadeiras, também atribuídas à ausência de padronização no batimento e à adição irregular de água. Da mesma forma, Nogueira *et al.*, (2023) constataram elevada dispersão estatística ao analisar polpas em Santana (AP), destacando diluição e controle térmico

inadequado como fatores centrais na variabilidade físico-química, contexto consistentemente refletido nos valores da sua tabela.

O comportamento encontrado no presente estudo também se alinha ao trabalho clássico de Rogez (2000), que destaca que açaí produzido artesanalmente tende a apresentar ampla variabilidade em parâmetros como pH, densidade e °Brix, devido à influência direta do tipo de peneira, intensidade de batimento e volume de água adicionada. Isso é reforçado por Castro *et al.*, (2015), cuja análise estatística revelou significância elevada na variabilidade físico-química entre lotes de polpas artesanais, mesmo quando adquiridos no mesmo ponto de venda.

A significância observada para variáveis como acidez ($F = 16,00$; $p = 3,25 \times 10^{-10}$) e pH ($F = 67,68$; $p = 9,19 \times 10^{-19}$) é coerente com estudos que apontam a grande susceptibilidade da polpa de açaí a processos fermentativos quando não há rigor no controle de temperatura. Lima *et al.*, (2018) e Moura *et al.*, (2020) relatam que mesmo variações térmicas moderadas são suficientes para acelerar reações químicas e enzimáticas, impactando diretamente a acidez e a estabilidade coloidal fenômeno também evidenciado nas suas amostras, uma vez que TC e TA foram variáveis altamente discriminatórias.

Comparando com dados internacionais, pesquisas conduzidas na Colômbia e Peru sobre frutas oleaginosas minimamente processadas também demonstram padrões semelhantes: altos índices de significância indicando forte heterogeneidade operacional, especialmente quando o processamento é artesanal ou semi-industrial (GARCÍA-ROJAS *et al.*, 2020). Esse conjunto reforça que produtos amazônicos, pela alta perecibilidade e susceptibilidade ao calor, tendem a apresentar elevada variabilidade estatística quando não submetidos a práticas padronizadas.

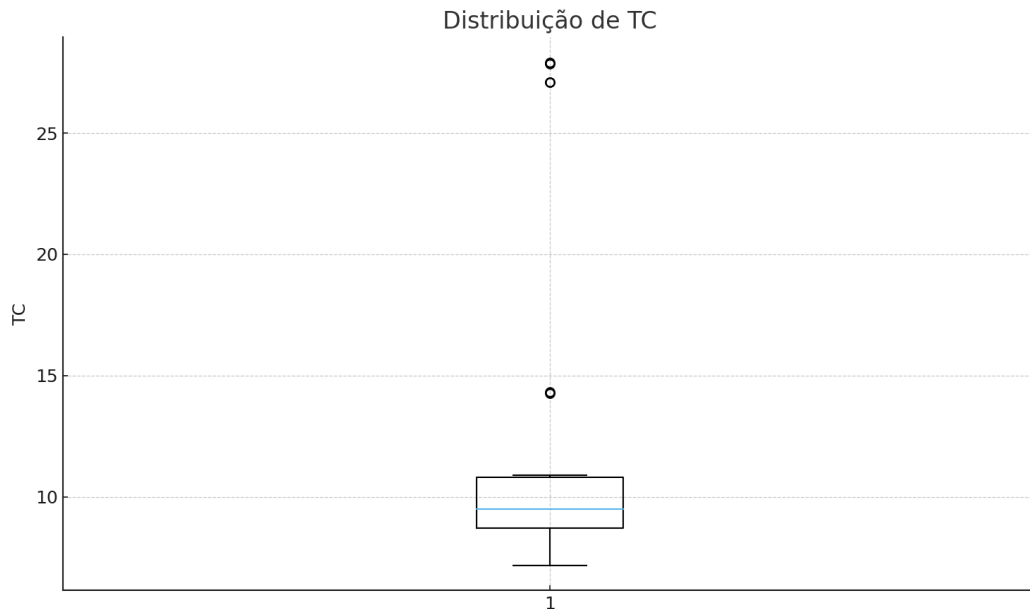
De maneira geral, a concordância entre os resultados deste estudo e os de pesquisas regionais e internacionais evidencia que a heterogeneidade estatística encontrada é característica de sistemas de produção artesanais, nos quais não há controle estrito de variáveis como temperatura, tempo de extração, volume de água adicionada, maturação dos frutos e condições de armazenamento. A significância global identificada na Tabela 1 estabelece uma base sólida para a discussão das subseções seguintes, confirmando cientificamente que as diferenças encontradas em cada parâmetro individual são parte de um padrão amplo de inconsistência operacional.

5.2. Temperatura de Coleta (TC)

A temperatura de coleta (TC) das amostras apresentou ampla variação entre as bateadeiras avaliadas, oscilando entre 7,19°C e 27,89°C, com média de 11,89°C e coeficiente de variação de 54,9%, indicando forte heterogeneidade no controle térmico durante o

processamento artesanal da polpa de açaí. Essa dispersão é claramente observada na Figura 18, que ilustra a distribuição das temperaturas registradas no momento da coleta.

Figura 18 - Temperatura de coleta (TC) das amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

O teste de Friedman confirmou diferenças altamente significativas entre as bateadeiras ($Fr = 42,0$; $p = 0,0001$), evidenciando que cada estabelecimento opera sob condições térmicas distintas e sem procedimentos padronizados de refrigeração. O controle da temperatura imediatamente após o batimento é essencial para preservar a estabilidade físico-química e microbiológica da polpa, uma vez que o açaí é altamente suscetível a processos fermentativos e reações oxidativas. Conforme reportado por Castro *et al.*, (2015), temperaturas superiores a 10–12°C aceleram a degradação enzimática, reduzem o teor de antocianinas e favorecem a multiplicação de microrganismos deterioradores.

Estudos recentes corroboram esses achados, Santos *et al.*, (2021) observaram que polpas processadas acima de 15°C apresentaram perda de viscosidade, alteração de cor e início de fermentação, mesmo quando comercializadas poucas horas após a extração. Da mesma forma, Lima *et al.*, (2018) demonstraram que temperaturas superiores a 20°C, patamar excedido por algumas amostras deste estudo estão diretamente associadas ao aumento da contaminação por coliformes, à intensificação de reações oxidativas e à redução da estabilidade química da polpa.

A grande amplitude térmica observada indica que diferentes fatores operacionais influenciam diretamente a TC, tais como: tempo prolongado de batimento, ausência de

refrigeração no equipamento, exposição da polpa a temperaturas ambientais elevadas e demora entre o processamento e o início da comercialização. Esses aspectos são comuns em bateadeiras artesanais e refletem a inexistência de um protocolo técnico consolidado para o manuseio inicial da polpa.

Além disso, temperaturas mais elevadas na coleta mostraram correlação com indicadores de deterioração discutidos nas seções posteriores, incluindo aumento da acidez titulável, redução da densidade e menores valores de °Brix. Tais efeitos são consistentes com o comportamento descrito para polpas submetidas a condições inadequadas de refrigeração na cadeia produtiva, conforme relatado por Almeida *et al.*, (2019).

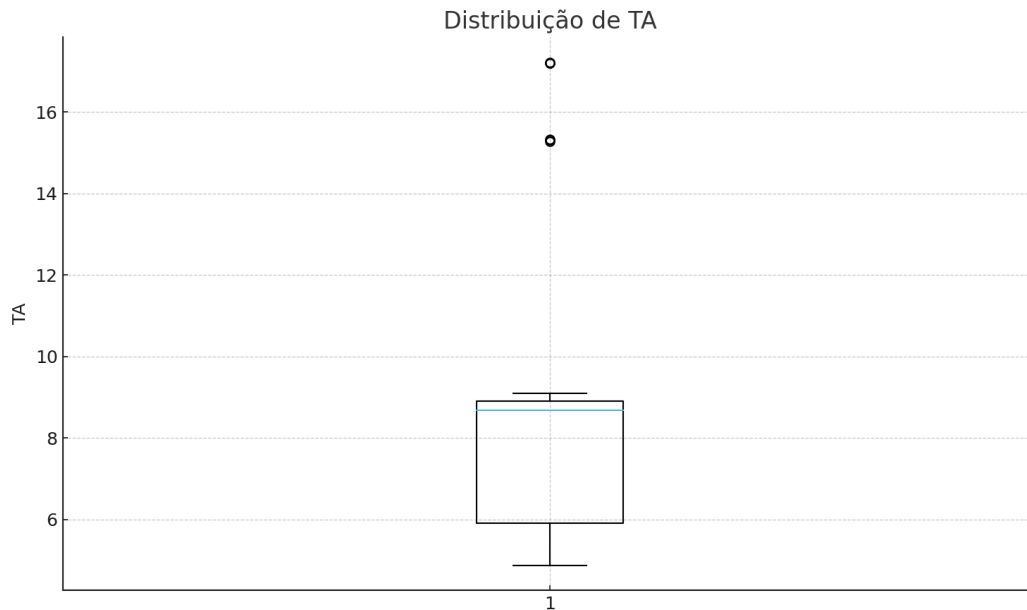
As recomendações sanitárias vigentes reforçam a necessidade de rigor térmico. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2019; MAPA/ANVISA), polpas de frutas perecíveis devem ser mantidas sob refrigeração contínua, preferencialmente abaixo de 7°C, desde o processamento até o consumo, de modo a evitar processos fermentativos que comprometem a segurança alimentar. O fato de várias amostras terem sido coletadas acima desse limite evidencia risco operacional relevante.

Assim, a TC configurou-se como um dos principais indicadores de inconsistência no processamento artesanal da polpa de açaí no município estudado. As diferenças significativas entre as bateadeiras, associadas à forte relação entre temperatura e parâmetros de deterioração, reforçam a necessidade urgente de padronização de práticas térmicas, capacitação dos manipuladores e fiscalização sanitária contínua, de forma a assegurar maior estabilidade físico-química e segurança microbiológica da polpa ofertada ao consumidor.

5.3. Temperatura de Análise (TA)

A temperatura de análise (TA), correspondente à temperatura da polpa no momento em que chegou ao laboratório para a realização das determinações físico-químicas, variou entre 4,89°C e 17,21°C, com média de 8,46°C e coeficiente de variação de 41,8%. Para facilitar a visualização dessa amplitude térmica e destacar as discrepâncias entre as bateadeiras no momento da chegada das amostras ao laboratório, apresenta-se a Figura 19, que ilustra a distribuição das temperaturas de análise registradas.

Figura 19 - Temperatura de análise (TA) das amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

O teste de Friedman apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras ($Fr = 41,8$; $p = 0,0001$), confirmando que não há uniformidade no controle térmico durante o percurso entre o ponto de venda e o laboratório. De acordo com normas de Boas Práticas de Manipulação e com o Regulamento Técnico de Condições Higiênico-Sanitárias (BRASIL, 2003; 2019), alimentos perecíveis devem ser mantidos abaixo de 7°C para minimizar reações bioquímicas e microbiológicas que afetam diretamente a estabilidade físico-química do produto. No entanto, parte das amostras apresentou TA superior a esse limite, denotando risco potencial de deterioração.

Resultados semelhantes foram relatados por Santos *et al.*, (2021) e Farias *et al.*, (2018), que observaram que polpas transportadas acima de 12°C mostram elevação significativa da acidez titulável, aumento da atividade microbiana e redução dos pigmentos antocianicos. Tais efeitos são compatíveis com os encontrados neste estudo, nos quais amostras com TA mais elevada também apresentaram tendências de maior acidez e menor densidade. Além disso, Lima *et al.*, (2018) demonstraram que temperaturas superiores a 15°C favorecem o crescimento de leveduras e bactérias lácticas, influenciando diretamente pH, viscosidade e coloração da polpa, comportamento igualmente identificado em algumas amostras analisadas.

A variabilidade térmica registrada sugere inconsistências importantes nas etapas pós-processamento. Enquanto algumas batedeiras apresentaram condições adequadas de conservação, com amostras próximas a 5°C , outras enviaram produtos claramente aquecidos,

indicando falhas no uso de caixas térmicas, gelo, refrigeração mecânica ou rapidez na entrega. Tais diferenças comprometem não apenas a integridade da amostra no percurso, mas também a comparabilidade dos resultados físico-químicos entre estabelecimentos,

Do ponto de vista metodológico, o controle adequado da TA é fundamental. Segundo Souza *et al.*, (2020), variações térmicas alteram diretamente a densidade e a viscosidade da polpa, influenciando leituras de °Brix, massa específica e até mesmo a estabilidade das partículas suspensas. Assim, condições inadequadas de resfriamento podem introduzir vieses analíticos ou intensificar processos de deterioração já iniciados na etapa de coleta.

De modo geral, os resultados deste estudo evidenciam que a TA é um indicador crítico das condições de conservação e logística das polpas comercializadas. A presença de valores acima da faixa recomendada revela falhas na cadeia de transporte e reforça a necessidade de orientação técnica para as bateadeiras, de modo a garantir maior uniformidade e segurança no produto fornecido ao consumidor. Assim como observado em pesquisas anteriores realizadas na região Norte, a inadequação térmica continua sendo uma das principais vulnerabilidades operacionais da produção artesanal de açaí.

5.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH das amostras de polpa de açaí apresentaram variação relativamente estreita, situando-se entre 4,90 e 5,26, com média geral de 5,15 e baixo coeficiente de variação (CV = 1,9%).

Apesar da baixa amplitude, o teste de Friedman revelou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras (Fr = 40,83; p = 0,0002), evidenciando variações sistemáticas associadas às práticas de processamento e às condições de conservação adotadas pelas bateadeiras. O pH é um dos principais indicadores de estabilidade físico-química e microbiológica da polpa de açaí, uma vez que pequenas variações podem sinalizar início de fermentação, degradação enzimática ou instabilidade térmica, fenômenos extensivamente mencionados por Santos *et al.*, (2021) e Almeida *et al.*, (2019).

As faixas observadas neste estudo são compatíveis com valores descritos na literatura para polpas frescas ou minimamente processadas, geralmente entre 4,6 e 5,4, conforme relatado por Santos *et al.*, (2021). O comportamento relativamente tamponado reflete a presença significativa de compostos fenólicos, lipídios e ácidos orgânicos naturalmente presentes no fruto, que atuam conferindo certa estabilidade ao pH. No entanto, mesmo variações pequenas, como as detectadas entre as bateadeiras avaliadas, podem indicar diferenças relevantes no manejo pré e pós-processamento. Para melhor visualização dessa distribuição e dos dados

descritivos, apresenta-se a Tabela 2, que sintetiza os principais parâmetros estatísticos das amostras analisadas.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos valores de pH das amostras de polpa de açaí.

Amostra	Média	Desvio- padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
1	5,2479	0,0256	5,2217	5,273	0,4884
2	5,1567	0,0098	5,1456	5,1638	0,1895
3	5,1498	0,0257	5,1202	5,1672	0,4997
4	5,1583	0,0149	5,1420	5,1712	0,2889
5	5,1715	0,0281	5,1416	5,1973	0,5431
6	4,9008	0,0345	4,8697	4,9379	0,7044
7	5,2545	0,0078	5,2472	5,2627	0,1486
8	5,2044	0,0075	5,1960	5,2103	0,1439
9	5,2688	0,0225	5,2480	5,2926	0,4269
10	5,1067	0,0096	5,0956	5,1126	0,1878
11	5,2270	0,0063	5,2199	5,2315	0,1196
12	5,0756	0,0228	5,0521	5,0975	0,4497
13	5,0964	0,0224	5,0777	5,1212	0,4393
14	5,0461	0,0295	5,0287	5,0801	0,5852
15	5,2233	0,0056	5,2171	5,2278	0,1063

Fonte: Autoria própria (2025).

Diversos fatores podem explicar a variabilidade observada. Entre eles, destaca-se o tempo decorrido entre a colheita e o batimento, condição que favorece o metabolismo microbiano natural e a formação de ácidos orgânicos, reduzindo o pH. Além disso, a utilização de frutos sobremaduros, comum na produção artesanal, tende a intensificar processos fermentativos, resultando em ligeira acidificação da polpa. Outro fator crítico está relacionado ao controle térmico inadequado: temperaturas elevadas durante o processamento, armazenamento ou transporte aceleram reações oxidativas e enzimáticas, contribuindo para a diminuição do pH dinâmica explicada por Lima *et al.*, (2018) e corroborada por estudos de estabilidade físico-química.

Para organizar de forma clara os principais mecanismos responsáveis pela variação do pH e suas possíveis implicações na qualidade do produto, apresenta-se o Quadro 1, que sintetiza os fatores determinantes e sua relação com os resultados observados.

Quadro 1 - Principais fatores que influenciam o pH de polpas de açaí e sua relação com os resultados obtidos no estudo.

Fator / Classe	Efeito / Faixa
Maior tempo de armazenamento	Queda de pH
Fermentação espontânea	Aumento da acidez

Fonte: Autoria própria (2025).

No presente estudo, amostras que apresentaram pH mais baixo também mostraram valores mais elevados de acidez titulável, reforçando a relação inversamente proporcional entre esses dois parâmetros, conforme amplamente descrito por Souza *et al.*, (2020). Essa consistência entre pH e acidez sugere que parte das amostras já possuía sinais iniciais de fermentação ou degradação, possivelmente decorrentes de exposição térmica ao longo da cadeia produtiva.

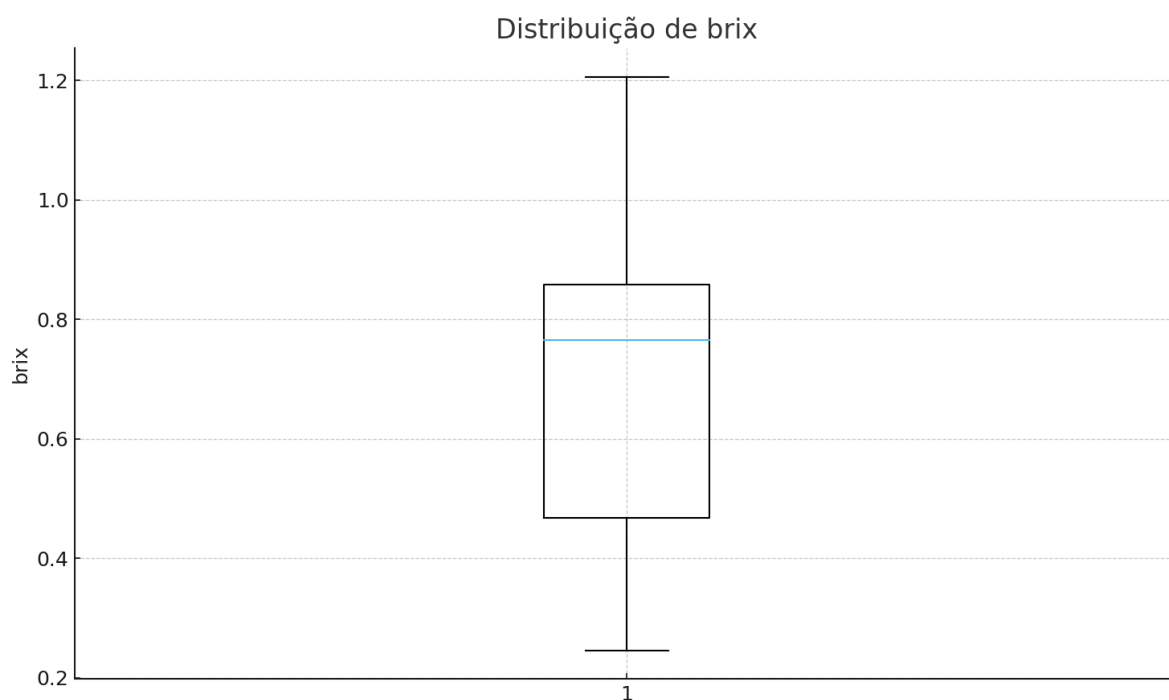
A comparação com estudos conduzidos na região Norte (FARIAS *et al.*, 2018; YUYAMA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2021) demonstra que o comportamento observado é característico de polpas produzidas de maneira artesanal, nas quais a variabilidade operacional como tempo de manipulação, refrigeração insuficiente, diluição diferenciada e maturação irregular dos frutos exerce forte influência sobre o pH final.

De modo geral, o pH mostrou-se um indicador sensível e altamente informativo das condições de processamento e conservação adotadas pelas bateadeiras avaliadas. Os resultados reforçam a necessidade de implementação de práticas mais rigorosas de higiene, refrigeração e padronização operacional, a fim de garantir maior uniformidade e estabilidade da polpa disponibilizada ao consumidor.

5.5. Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) apresentaram ampla variação entre as amostras de polpa de açaí, oscilando entre 0,27 e 1,18 °Brix, com média geral de 0,69 °Brix e coeficiente de variação de 39,3%. Essa elevada dispersão evidencia forte heterogeneidade entre as bateadeiras avaliadas, indicando diferenças expressivas nos processos de diluição e extração da polpa. A Figura 20 ilustra a distribuição dos valores obtidos, permitindo identificar padrões de concentração e diluição entre os estabelecimentos.

Figura 20 - Distribuição dos valores de sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

A análise estatística por meio do teste de Friedman revelou diferenças altamente significativas entre as amostras ($Fr = 41,66$; $p = 0,0001$), confirmando que o teor de sólidos solúveis não apresenta uniformidade entre as bateadeiras. Apesar de o açaí naturalmente não possuir elevadas concentrações de açúcares, o °Brix é amplamente reconhecido como indicador indireto da concentração do produto e, principalmente, do nível de diluição empregado durante o batimento. De acordo com Farias *et al.*, (2018), valores muito baixos de °Brix são típicos de polpas fortemente diluídas, situação comum em estabelecimentos que adicionam água para aumentar o rendimento comercial. Além disso, a variabilidade observada pode estar associada a diferenças no tempo de batimento e na eficiência do peneiramento, que influenciam a extração dos sólidos da polpa. A utilização de frutos em diferentes estádios de maturação também pode contribuir para oscilações nos valores de °Brix, uma vez que frutos mais maduros tendem a apresentar maior liberação de sólidos solúveis. Outro fator relevante refere-se às condições térmicas durante o processamento, pois temperaturas elevadas podem acelerar reações degradativas que alteram a composição da polpa. Os resultados detalhados, contendo médias, amplitudes e desvios-padrão, encontram-se na Tabela 4, que sintetiza o comportamento estatístico da variável.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de polpa de açaí.

Amostra	Média	Desvio- padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
1	0,33862	0,02189	0,31799	0,36158	6,46509
2	0,33224	0,00531	0,32629	0,33648	1,59714
3	0,82369	5	0,81963	0,82928	0,60751
4	0,45869	0,00972	0,44867	0,46808	2,11872
5	0,76091	0,01841	0,74051	0,77627	2,41893
6	0,90912	0,00432	0,90509	0,91368	0,47564
7	1,0663	0,0218	1,04245	1,08518	2,04422
8	0,81818	0,01596	0,80373	0,83531	1,9507
9	0,88009	0,02049	0,85821	0,89883	2,32801
10	0,27468	0,02603	0,24572	0,29611	9,47539
11	1,18727	0,01761	1,17185	1,20645	1,48307
12	0,49253	0,01501	0,48321	0,50984	3,04676
13	0,61286	0,01272	0,6001	0,62555	2,07625
14	0,82604	0,01479	0,8093	0,83733	1,79053
15	0,67387	0,01687	0,65939	0,69239	2,50291

Fonte: Autoria própria (2025).

Para contextualizar os resultados deste estudo segundo as classificações tradicionais de comercialização da polpa, apresenta-se o Quadro 2, que integra critérios de °Brix e densidade para diferenciar polpas “finas”, “médias” e “grossas”.

Quadro 2 - Classificação da polpa de açaí segundo °Brix e densidade (polpa fina, média e grossa).

Classe	°Brix	Densidade (g/mL)	Características
Fina	0,30–0,60	<0,95	Alta diluição e baixa viscosidade
Média	0,60–0,90	0,95–1,03	Viscosidade intermediária
Grossa	>0,90	>1,03	Maior teor de sólidos e alta viscosidade

Fonte: Adaptado de Farias et al, (2018) e Yuyama et al, (2011).

Estudos de Santos *et al*, (2021), ao analisar polpas comercializadas em Macapá-AP, verificaram intervalos semelhantes aos deste estudo, com polpas finas variando predominantemente entre 0,30 e 0,60 °Brix, enquanto polpas médias e grossas apresentavam valores próximos ou superiores a 0,80 °Brix. A presença de amostras com °Brix tão reduzidos quanto 0,27 reforça a hipótese de forte diluição em algumas bateadeiras analisadas.

A análise integrada evidencia que amostras com os menores valores de °Brix também apresentaram densidade mais baixa (<0,95 g/mL), menor massa por 50 mL e temperaturas de coleta mais elevadas, sugerindo que a menor concentração de sólidos solúveis decorre não apenas da adição excessiva de água, mas também de condições inadequadas de manejo térmico. A exposição do açaí a temperaturas elevadas favorece a separação de fases, perda de sólidos e diminuição da viscosidade, conforme relatado por Castro *et al*, (2015) é confirmado por Costa *et al*, (2017).

Por outro lado, amostras com °Brix mais elevados ($\approx 1,10-1,18$) apresentaram correlações positivas com densidade superior e maior massa por volume, indicando menor diluição, maior extração de sólidos e utilização de frutos mais carnosos ou com melhor estado de conservação. Segundo Yuyama *et al*, (2011), sólidos solúveis mais elevados se associam diretamente à maior viscosidade e estabilidade coloidal da polpa, atributos sensoriais valorizados pelo consumidor.

Os resultados demonstram que o °Brix é um dos parâmetros mais sensíveis para identificar diferenças nos procedimentos de batimento, hidratação, diluição e tempo de manipulação entre bateadeiras artesanais. Conforme observado por Nogueira *et al*, (2020), a ausência de padronização no processamento artesanal do açaí resulta em grande variabilidade entre lotes e estabelecimentos, comprometendo a uniformidade e a previsibilidade da qualidade final da polpa.

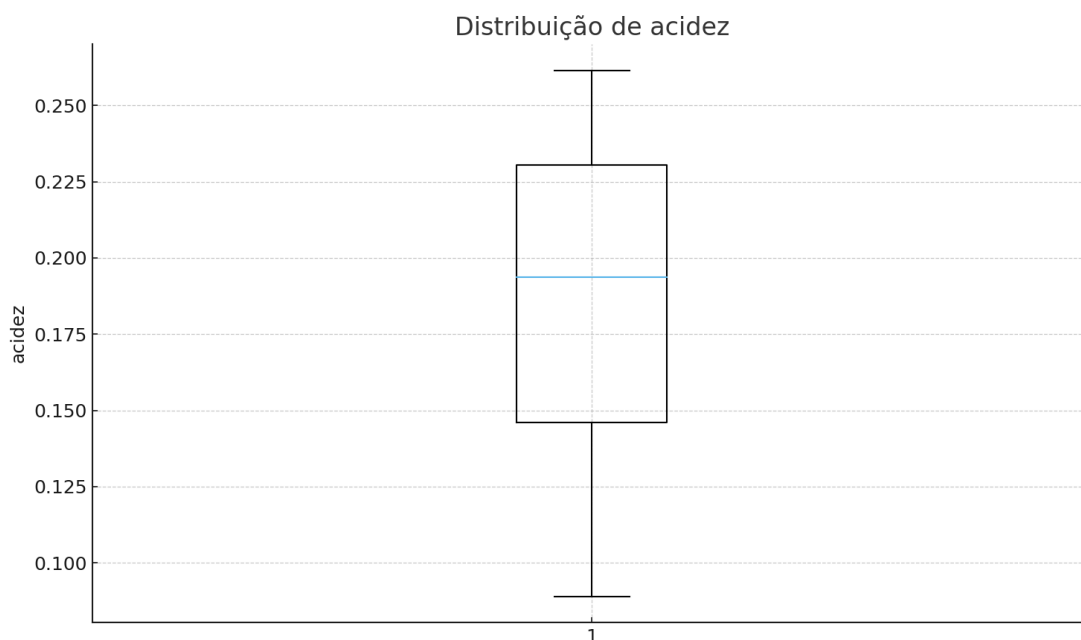
Assim, os sólidos solúveis totais desempenham papel central na caracterização da qualidade físico-química do açaí e permitem inferir diretamente o nível de diluição empregado, a eficiência do batimento e a consistência do processamento. A significativa heterogeneidade encontrada reforça a necessidade de capacitação técnica, padronização operacional e maior controle da proporção de água utilizada, a fim de garantir maior regularidade e qualidade no produto ofertado ao consumidor.

5.6. Acidez Titulável

A acidez Titulável das amostras de polpa de açaí apresentou variação entre 0,1144 e 0,2547 g de ácido cítrico por 100 g de amostra, com média de 0,1893 g e coeficiente de variação de 23,7%, indicando heterogeneidade moderada entre as bateadeiras avaliadas. A Figura 21

apresenta a distribuição gráfica dos valores obtidos, permitindo observar a amplitude e a dispersão entre os estabelecimentos.

Figura 21 - Distribuição dos valores de acidez titulável das amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

A análise estatística demonstrou diferenças significativas pelo teste de Friedman ($F_r = 38,3$; $p = 0,0005$), evidenciando que a acidez titulável variou de forma consistente entre as bateadeiras. Como parâmetro físico-químico, a acidez titulável reflete diretamente a qualidade da matéria-prima, o grau de conservação do produto e a eficiência das boas práticas de manipulação. Resultados elevados podem indicar degradação química ou microbiológica da polpa, especialmente em sistemas artesanais, onde o controle térmico e higiênico é frequentemente limitado, Souza *et al.*, (2020) e Lima *et al.*, (2018) destacam que o aumento da acidez frequentemente está relacionado ao início de processos fermentativos e à atividade de microrganismos acidogênicos.

No presente estudo, as amostras com maior acidez coincidiam com temperaturas de coleta (TC) e de análise (TA) mais elevadas. Essa relação é congruente com estudos de Santos *et al.*, (2021), que observaram que temperaturas acima de 12–15°C aceleram reações enzimáticas e microbianas, aumentando a produção de ácidos orgânicos e comprometendo a estabilidade da polpa. Assim, as condições térmicas inadequadas observadas em algumas bateadeiras contribuíram para a elevação da acidez, reforçando a importância do controle de temperatura nas etapas de extração, transporte e armazenamento. Os valores detalhados,

incluindo média, mínimos, máximos e desvio-padrão, encontram-se na Tabela 4, permitindo a análise estatística completa da variável.

Tabela 4 - Estatística descritiva da acidez titulável das amostras de polpa de açaí.

Amostra	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
1	0,12332	0,0045	0,11873	0,12773	3,65047
2	0,20591	0,01756	0,18598	0,21912	8,52972
3	0,19481	0,00337	0,1921	0,19858	1,7275
4	0,19523	0,00928	0,18851	0,20582	4,75269
5	0,21025	0,02649	0,18085	0,23227	12,60064
6	0,25469	0,00674	0,24807	0,26154	2,64533
7	0,14211	0,01264	0,12839	0,1533	8898
8	0,15555	0,03239	0,12851	0,19144	20,81924
9	0,11444	29	0,08896	0,14599	25,33849
10	0,22641	0,0127	0,21217	0,23657	5,60932
11	0,14663	0,02352	0,12656	0,17251	16,03994
12	0,23321	0,0184	0,21982	0,25419	7,88926
13	0,23571	0,02131	0,21365	0,25617	9,03898
14	0,23445	0,00109	0,23375	0,23571	0,46582
15	0,16741	0,03047	0,1357	0,19646	18,20111

Fonte: Autoria própria (2025).

A acidez também apresentou comportamento complementar ao pH, dado que os dois parâmetros são fisiologicamente interligados. Amostras com acidez mais alta apresentaram, em geral, pH mais baixo, o que é típico de polpas submetidas a degradação inicial ou a fermentação espontânea. Além disso, características como sobrematuração dos frutos, maior tempo entre colheita e batimento e exposição prolongada à temperatura ambiente podem agravar esse processo. Do ponto de vista bioquímico, a intensificação da atividade microbiana e enzimática favorece a formação de ácidos orgânicos, resultando no aumento da acidez titulável e na redução do pH. Esse comportamento é frequentemente observado em sistemas artesanais com controle térmico limitado, nos quais pequenas variações operacionais têm grande impacto na estabilidade da polpa. Adicionalmente, a diluição excessiva pode mascarar variações iniciais

do pH, mas não impede o avanço da acidificação ao longo do tempo. Tais fatores estão amplamente discutidos na literatura e foram sistematizados no Quadro 3.

Quadro 3 - Principais fatores associados ao aumento da acidez titulável em polpas de açaí.

Fator	Impacto
Processos fermentativos	Aumento dos ácidos orgânicos
Atividade microbiana acidogênica	Elevação da acidez
Exposição à temperatura ambiente	Acelera a deterioração
Frutos sobremaduros	Favorecem fermentação
Aquecimento durante o processamento	Intensifica reações enzimáticas

Fonte: Autoria própria (2025).

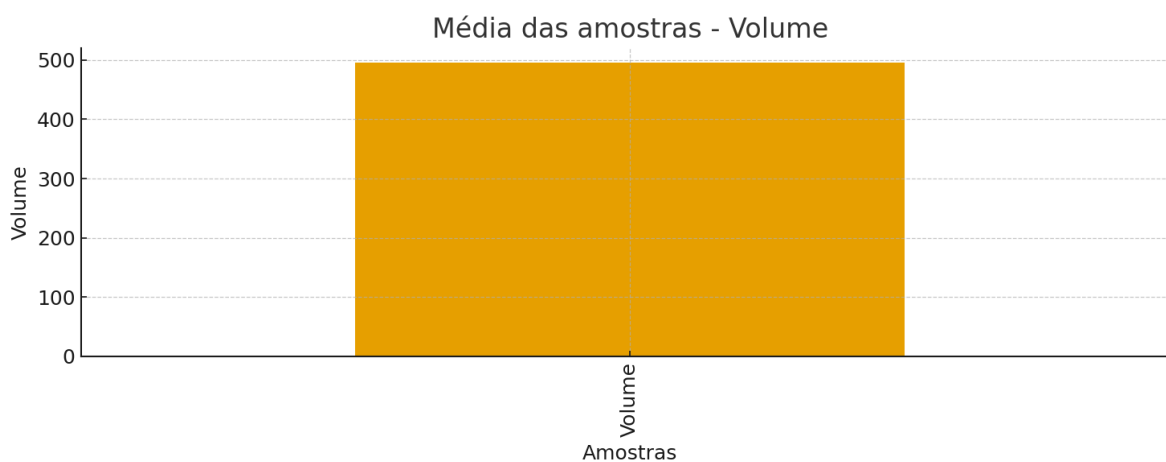
Esses processos tendem a aumentar a formação de ácidos orgânicos, reduzir o pH e comprometer a estabilidade físico-química da polpa, conforme demonstrado por Almeida *et al.*, (2019). A falta de controle rigoroso durante as etapas críticas de produção aumenta esse risco, principalmente em bateadeiras informais onde não há padronização operacional.

A variabilidade observada se mostrou semelhante à registrada em estudos conduzidos em outros municípios amazônicos (FARIAS *et al.*, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2020), reforçando que diferenças operacionais entre bateadeiras constituem uma das principais causas de inconsistências físico-químicas da polpa artesanal. Assim, os resultados desta pesquisa evidenciam a necessidade de maior capacitação técnica, padronização de manejo e monitoramento das condições de processamento, a fim de assegurar um produto com estabilidade química adequada e maior segurança ao consumidor.

5.7. Volume da Amostra

O volume real das amostras de polpa de açaí, adquiridas como unidades comerciais de 500 mL, apresentou variação expressiva entre 409,33 mL e 609,66 mL, com média de 495,53 mL e coeficiente de variação de 12,1%. Essa amplitude, superior ao esperado para produtos fracionados manualmente, evidencia discrepâncias relevantes no processo de envase entre as bateadeiras avaliadas. Para visualizar essas diferenças e identificar padrões de subenvase e superenvase, apresenta-se a Figura 22, que ilustra a distribuição dos volumes efetivamente medidos,

Figura 22 - Volume efetivamente medido (mL) das amostras de polpa de açaí adquiridas como “500 mL”.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os valores descritivos completos, incluindo média, desvio-padrão e limites mínimo e máximo para cada estabelecimento, encontram-se apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Estatística descritiva do volume das amostras de polpa de açaí comercializadas como 500 mL.

Amostra	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
1	479,99939	0,03257	479,9655	480,03046	0,00679
2	440,01065	0,00917	440,00418	440,02114	0,00208
3	420,00069	0,01673	419,9871	420,01937	0,00398
4	500,01805	0,02859	499,99315	500,04926	0,00572
5	540,00525	0,02811	539,97526	540,031	0,00521
6	530,01352	0,03546	529,99107	530,0544	0,00669
7	609,99935	0,02765	609,96775	610,01908	0,00453
8	460,02051	0,02513	459,99331	460,04288	0,00546
9	449,98678	0,01501	449,9714	450,0014	0,00334
10	519,99634	0,0222	519,98342	520,02198	0,00427
11	529,98566	0,00536	529,97995	529,99058	0,00101
12	600,00905	0,00863	600,00367	600,01901	0,00144
13	460,0247	0,01044	460,01423	460,03511	0,00227
14	489,99407	0,00444	489,98939	489,99822	0,00091
15	409,99516	0,01659	409,97837	410,01153	0,00405

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise estatística pelo teste de Friedman indicou diferenças altamente significativas entre as amostras ($Fr = 41,87$; $p = 0,0001$), confirmando a ausência de padronização nas práticas de medição e envase utilizadas pelas bateadeiras. Como todas as unidades foram adquiridas como embalagens rotuladas ou verbalmente informadas como contendo 500 mL, os desvios identificados configuram inconsistência operacional e, em alguns casos, não conformidade com normas metrológicas.

De acordo com o Regulamento Técnico Metrológico do INMETRO (2020), produtos comercializados por volume devem apresentar variação máxima de $\pm 5\%$ em relação ao valor declarado. No presente estudo, diversas amostras ultrapassaram esse limite, tanto por subenvase quanto por superenvase. Embora o subenvase represente prejuízo direto ao consumidor, o superenvase apesar de parecer vantajoso pode indicar alto grau de diluição da polpa, prática já relatada em estudos sobre processamento artesanal do açaí (NOGUEIRA *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2017),

Além disso, fatores operacionais influenciam diretamente o volume final disponibilizado ao consumidor, Souza *et al.*, (2020) destacam que a ausência de utensílios calibrados, a utilização de recipientes improvisados e a variabilidade na técnica manual de medir porções são causas frequentes de erros volumétricos. Esses aspectos são particularmente relevantes em bateadeiras artesanais, onde os procedimentos não são normatizados e dependem do operador. Processos como intensidade do batimento, proporção de água adicionada, hidratação dos frutos e tipo de peneira utilizada também afetam o rendimento volumétrico, podendo produzir volumes superiores sem, necessariamente, elevar a qualidade do produto.

Observou-se ainda que os padrões volumétricos se relacionam parcialmente com outros parâmetros físico-químicos. Amostras com volumes muito elevados geralmente apresentaram baixa densidade e valores reduzidos de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), característica típica de polpas mais diluídas. Já amostras com volumes muito abaixo de 500 mL, embora menos comuns, podem estar associadas a erros de envase ou a maior concentração da polpa, refletida em maior densidade e maior massa por 50 mL. Esse comportamento reforça a necessidade de análise integrada entre os parâmetros para melhor diagnóstico das práticas adotadas.

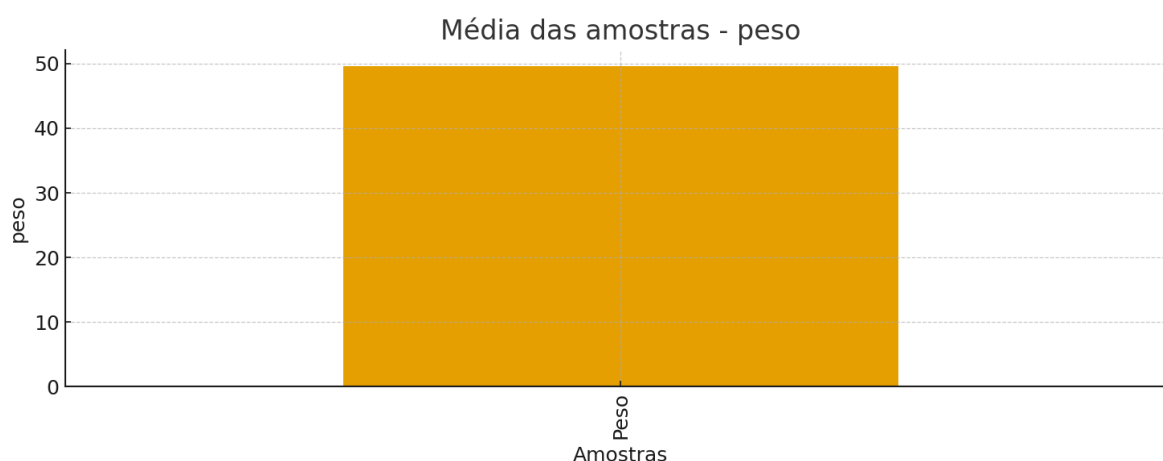
A amplitude volumétrica observada, associada às diferenças identificadas em densidade, massa e $^{\circ}\text{Brix}$, confirma a heterogeneidade operacional entre as bateadeiras e o alto grau de variabilidade no produto ofertado à população. Tal cenário se coaduna com estudos realizados em centros urbanos da Amazônia (SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2021), que apontam o processamento artesanal como etapa crítica para a padronização e a segurança do açaí comercializado.

Assim, os achados desta pesquisa evidenciam a necessidade de intervenção técnica nas batedeiras, incluindo adoção de utensílios calibrados, treinamento de manipuladores e implementação de boas práticas operacionais, a fim de garantir conformidade metrológica, redução das inconsistências e maior uniformidade do produto entregue ao consumidor.

5.8. Peso da amostra

A massa correspondente a 50 mL das amostras de polpa de açaí variou entre 44,70 g e 53,39 g, apresentando média geral de 49,63 g e coeficiente de variação de 4,8%. Embora essa amplitude não seja extremamente elevada, ela revela diferenças consistentes entre as batedeiras, especialmente no que se refere ao teor de sólidos totais e ao grau de diluição adotado no processamento. A Figura 23 apresenta a distribuição gráfica da massa registrada para os quinze estabelecimentos avaliados, permitindo identificar padrões de maior ou menor concentração da polpa.

Figura 23 - Massa correspondente a 50 mL das amostras de polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

As estatísticas descritivas completas, incluindo valores mínimos, máximos, média, desvio-padrão e coeficiente de variação, encontram-se detalhadas na Tabela 6, servindo como base para a caracterização quantitativa da variabilidade observada entre as amostras. A análise desses indicadores permite identificar o grau de dispersão dos dados e a consistência dos resultados obtidos entre as batedeiras avaliadas. Coeficientes de variação elevados indicam maior heterogeneidade operacional, enquanto valores reduzidos sugerem maior padronização nos processos de produção. Dessa forma, a estatística descritiva constitui ferramenta essencial para subsidiar a interpretação comparativa dos parâmetros físico-químicos analisados.

Tabela 6 - Estatística descritiva da massa (g) correspondente a 50 mL das amostras de polpa de açaí.

Amostra	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
1	50,50902	0,00929	50,49898	50,51732	0,01839
2	49,22973	0,0309	49,19481	49,25351	0,06276
3	51,28811	0,01225	51,27396	51,29523	0,02389
4	50,09597	0,03163	50,07195	50,13181	0,06314
5	44,70203	0,00561	44,69759	44,70833	0,01255
6	51,51386	0,01741	51,49393	51,52613	0,0338
7	48,94242	0,01605	48,92456	48,95566	0,0328
8	51,09634	0,01434	51,08585	51,11268	0,02806
9	49,92711	0,00242	49,9252	49,92984	0,00486
10	47,55672	0,02653	47,5298	47,58285	0,0558
11	53,39592	0,01034	53,38763	53,4075	0,01936
12	51,86584	0,02915	51,84346	51,8988	0,0562
13	49,90821	0,01366	49,89611	49,92302	0,02736
14	49,2488	0,02103	49,23191	49,27235	0,04269
15	45,12942	0,01446	45,11823	45,14574	0,03204

Fonte: Autoria própria (2025).

O teste de Friedman confirmou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras ($F_r = 41,93$; $p = 0,0001$), reforçando que a massa da polpa não segue um padrão uniforme entre as bateadeiras. Como este parâmetro está diretamente associado à densidade e ao teor de sólidos totais, suas variações refletem diferenças estruturais no processamento, especialmente no que diz respeito à proporção de água adicionada e à eficiência da extração mecânica da polpa.

Segundo Oliveira *et al*, (2019), a massa de um volume fixo da polpa é um indicador robusto da concentração de fibras, lipídios, pigmentos e demais sólidos característicos do açaí, Polpas mais diluídas tendem a apresentar menor massa por volume, enquanto polpas mais concentradas apresentam valores mais elevados. Os resultados deste estudo confirmam tal relação: amostras com massa inferior a 47 g exibiram também baixo °Brix e densidade reduzida ($< 0,95$ g/mL), sinal claro de diluição acentuada. Em contrapartida, amostras com massa superior a 52 g se aproximaram de padrões de polpa “média” ou “grossa”, conforme caracterização descrita por Yuyama *et al*, (2011) e reforçada por Santos *et al*, (2021).

Além do grau de diluição, diversos fatores operacionais influenciam diretamente a massa da amostra, incluindo tipo de peneira, intensidade do batimento, tempo de hidratação dos frutos e condições de conservação prévias ao processamento. Peneiras mais finas tendem a reter fibras e reduzir a massa final, enquanto peneiras mais grossas permitem maior passagem de sólidos suspensos, comportamento amplamente citado por Farias *et al.*, (2018). Do mesmo modo, frutos altamente hidratados ou submetidos ao processo de maceração controlada podem liberar maior quantidade de polpa, resultando em massas mais elevadas.

A influência desses fatores está sintetizada no Quadro 4, que organiza os principais elementos operacionais associados à variabilidade da massa observada nas amostras.

Quadro 4 - Principais fatores operacionais que influenciam a massa das polpas de açaí.

Fator operacional	Efeito
Peneira grossa	Maior passagem de sólidos e aumento da massa
Peneira fina	Retém sólidos e reduz massa
Intensidade do batimento	Pode aumentar ou reduzir sólidos extraídos
Hidratação do fruto	Aumenta extração ou causa diluição
Diluição com água	Reduz densidade e massa

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise integrada dos resultados revelou ainda estreita correlação entre a massa por 50 mL e parâmetros como densidade e °Brix, reforçando a confiabilidade desse indicador na identificação do nível de diluição e na classificação da consistência das polpas. Esses achados são consistentes com pesquisas conduzidas em outras regiões amazônicas (NOGUEIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2021), que apontam a massa específica como uma das variáveis mais sensíveis para discriminar polpas adulteradas, diluídas ou preparadas com matéria-prima de baixa qualidade.

No conjunto, a variabilidade observada demonstra que o preparo artesanal da polpa de açaí no município carece de maior padronização operacional. A massa por volume fixo mostrou-se uma medida eficiente para identificar inconsistências, reforçando a necessidade de capacitação técnica das bateadeiras, adoção de boas práticas de processamento e controle rigoroso da quantidade de água adicionada durante o batimento. A padronização desses

procedimentos é essencial para garantir qualidade físico-química mínima, previsibilidade sensorial e maior segurança ao consumidor.

5.9 Avaliação da oxidação lipídica

A avaliação qualitativa do índice de peróxidos indicou presença generalizada de sinais de oxidação lipídica nas amostras de polpa de açaí analisadas. Conforme apresentado na Figura 10, a maioria das amostras apresentou coloração castanho intensa, classificada como forte, enquanto um número reduzido apresentou intensidade média, evidenciando que os lipídios presentes na polpa já se encontravam em diferentes estágios de degradação oxidativa. Esses resultados são compatíveis com o elevado teor lipídico do açaí, que o torna altamente suscetível à oxidação quando submetido a temperaturas inadequadas e exposição ao oxigênio.

A oxidação lipídica é um processo diretamente influenciado pelas condições de processamento, armazenamento e temperatura, sendo acelerada em ambientes com controle térmico deficiente. No presente estudo, observou-se que amostras coletadas com temperaturas mais elevadas tenderam a apresentar índices de peróxidos mais intensos, corroborando a relação entre manejo térmico inadequado e degradação química da polpa. Esse comportamento é amplamente descrito na literatura, que aponta que temperaturas acima de 10–12 °C favorecem reações oxidativas, resultando na formação de peróxidos e compostos secundários responsáveis por alterações sensoriais e perda de qualidade nutricional.

Embora o método empregado tenha caráter qualitativo, os resultados obtidos são relevantes do ponto de vista sanitário e tecnológico, pois indicam instabilidade da fração lipídica em parte das amostras comercializadas. A presença de oxidação lipídica, mesmo em estágios iniciais, pode comprometer o sabor, o aroma e a aceitação do produto, além de reduzir o valor funcional associado aos compostos bioativos do açaí. Dessa forma, os achados reforçam a necessidade de controle rigoroso da temperatura durante o processamento e a comercialização, bem como da redução do tempo entre o batimento e o consumo da polpa.

5.10 Teste de Lugol para detecção de adulteração com amido

O teste de Lugol, utilizado para a detecção qualitativa de amido como indicador de possível adulteração, revelou ausência de amido em todas as amostras analisadas. Conforme demonstrado na Figura 15, nenhuma amostra apresentou coloração azul-arroxeadada característica da reação positiva entre iodo e amido, sendo observada apenas coloração castanho-parda, indicativa de resultado negativo. Esses dados confirmam que, nas bateleiras avaliadas, não houve evidência de fraude por adição de fécula ou derivados amiláceos.

Os resultados obtidos pelo teste de Lugol são relevantes, pois a adição de amido é uma das práticas fraudulentas mais descritas na literatura para mascarar a diluição excessiva da polpa

de açaí. Embora o presente estudo tenha identificado variações expressivas em parâmetros como densidade, °Brix e massa, essas diferenças não estão associadas à adição de espessantes amiláceos, mas sim, possivelmente, à adição excessiva de água durante o processamento, prática comum em sistemas artesanais.

A ausência de amido nas amostras indica que, apesar das inconsistências físico-químicas observadas, as bateadeiras avaliadas mantiveram a integridade básica da composição da polpa, não recorrendo a adulterações mais graves. No entanto, ressalta-se que o teste de Lugol é qualitativo e detecta apenas fraudes específicas, sendo fundamental sua associação com outros parâmetros, como densidade, sólidos solúveis e volume real, para uma avaliação mais abrangente da autenticidade do produto.

De modo geral, os resultados do teste de Lugol reforçam que os principais problemas identificados na qualidade da polpa de açaí comercializada em Porto Grande-AP estão relacionados a falhas operacionais e tecnológicas, especialmente diluição excessiva e controle térmico inadequado, e não à adição direta de substâncias estranhas à composição natural do alimento.

5.11. Discussão Integrada Entre os Parâmetros Físico-Químicos

A análise conjunta dos resultados apresentados nas seções anteriores evidência que a variabilidade observada entre as amostras de polpa de açaí decorre de um conjunto articulado de fatores operacionais e da qualidade da matéria-prima utilizada. A interpretação integrada dos parâmetros permite identificar três eixos centrais que estruturam o comportamento físico-químico das amostras: (i) temperatura ao longo do processamento e conservação, (ii) grau de diluição empregado no batimento e (iii) estado de conservação dos frutos. Esses eixos não atuam isoladamente, mas interagem entre si, produzindo efeitos cumulativos que explicam a ampla heterogeneidade detectada entre as bateadeiras.

O Quadro 5 sintetiza os principais sistemas de interação identificados, evidenciando como cada eixo afeta simultaneamente pH, acidez, densidade, °Brix, massa e volume efetivamente comercializados.

Quadro 5 - Síntese integrada dos fatores que influenciam os parâmetros físico-químicos da polpa de açaí nas bateadeiras avaliadas.

Eixo	Parâmetros afetados	Consequências
Temperatura	Acidez, pH, °Brix, densidade	Fermentação e degradação
Diluição	°Brix, densidade, massa, volume	Perda de viscosidade e qualidade nutricional
Matéria-prima	pH, acidez	Deterioração e instabilidade

Fonte: Autoria própria (2025)

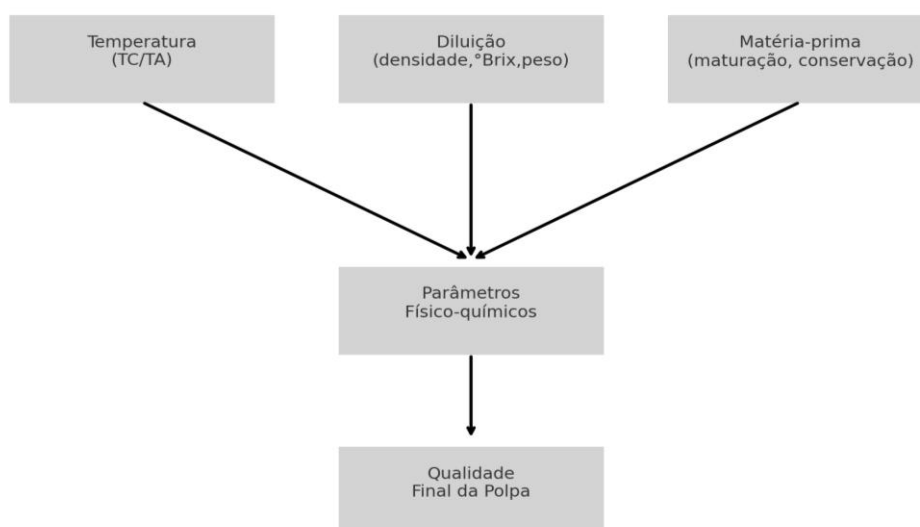
5.11.1. Relação entre temperatura e qualidade físico-química

A temperatura emergiu como um dos fatores mais determinantes para a estabilidade da polpa. Amostras com temperaturas mais elevadas na coleta (TC) e na análise (TA) apresentaram, simultaneamente, acidez titulável mais alta, redução da densidade, diminuição dos sólidos solúveis (°Brix) e discreta queda no pH. Esse padrão é coerente com estudos que demonstram que temperaturas superiores a 12–15°C intensificam a atividade microbiana e aceleram reações oxidativas, desencadeando processos fermentativos e degradação química.

Os resultados sugerem que parte das amostras sofreu aquecimento excessivo durante o batimento ou durante o transporte até o laboratório, favorecendo o início da fermentação espontânea. Essa condição foi particularmente evidente nas amostras que combinaram temperatura elevada, acidez acentuada e valores reduzidos de °Brix uma configuração clássica de instabilidade químico-microbiológica.

A Figura 24 apresenta, de forma visual, os mecanismos pelos quais a temperatura influencia os parâmetros físico-químicos, integrando seus efeitos sobre densidade, pH, acidez e concentração de sólidos.

Figura 24 - Fluxograma integrativo das relações entre temperatura, diluição, matéria-prima e parâmetros físico-químicos da polpa de açaí.



Fonte: Autoria própria (2025).

5.11.2 Relação entre diluição e teor de sólidos

A diluição configurou-se como o segundo eixo mais expressivo na diferenciação entre as amostras analisadas. Observou-se uma relação consistente entre a massa correspondente a 50 mL e o teor de sólidos solúveis (°Brix), evidenciando um padrão claro: amostras com menor massa por volume apresentaram também baixos valores de °Brix, indicando adição excessiva de água durante o processamento, prática recorrente em bateadeiras artesanais, conforme amplamente documentado em estudos realizados na região amazônica.

Em contrapartida, amostras que apresentaram maior massa para o mesmo volume padrão (50 mL) exibiram teores mais elevados de sólidos solúveis, além de aparência visual mais homogênea e consistente, compatível com polpas mais concentradas. Esses resultados refletem menor grau de diluição, maior eficiência no processo de extração da polpa e utilização de frutos em melhores condições de maturação, fatores diretamente associados à qualidade físico-química do produto final.

A análise integrada dos dados indica que variáveis operacionais, como tempo de batimento, tipo de peneira utilizada e proporção de água adicionada durante o processamento, explicam grande parte da variabilidade observada nos valores de massa e °Brix. Dessa forma, a diluição emerge como um fator crítico na perda de qualidade da polpa de açaí comercializada, impactando diretamente sua concentração, valor nutricional e conformidade com os padrões esperados para o produto.

5.11.3 Influência da matéria-prima e do estado de conservação

O estado de conservação dos frutos utilizados no processamento também se mostrou determinante. Amostras com acidez significativamente elevada e pH mais baixo são compatíveis com o uso de frutos sobremaduros, armazenamento inadequado ou intervalos prolongados entre colheita e batimento, condições que favorecem a fermentação espontânea e aceleram a deterioração.

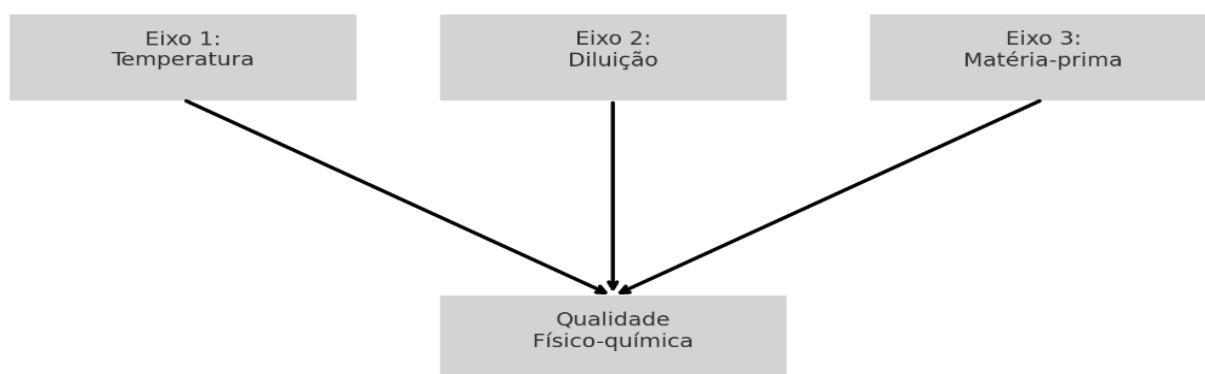
A presença simultânea de acidez alta, pH reduzido e temperaturas desfavoráveis indica que, em algumas bateadeiras, falhas nas etapas prévias ao processamento exerceram impacto equivalente ou até superior às falhas ocorridas durante o batimento ou diluição,

5.11.4 Interação entre os três eixos de variabilidade

A integração dos resultados evidencia que temperatura, diluição e qualidade da matéria-prima atuam de forma sinérgica, e não isolada. Em várias amostras, a combinação de temperatura elevada + diluição acentuada + frutos deteriorados produziu efeitos cumulativos que amplificaram a perda de estabilidade físico-química.

Essas interações estão representadas na Figura 25, que organiza visualmente os três eixos e suas repercussões simultâneas sobre os parâmetros físico-químicos avaliados.

Figura 25 - Fluxograma integrativo dos eixos que influenciam a qualidade físico-química da polpa de açaí (temperatura, diluição e matéria-prima).



Fonte: Autoria própria (2025).

5.12.5 Síntese interpretativa

De forma global, a variabilidade observada entre as amostras analisadas reflete a presença de práticas heterogêneas nas bateadeiras avaliadas, especialmente no que se refere ao controle térmico, ao grau de diluição e ao manejo prévio da matéria-prima. Enquanto alguns estabelecimentos demonstraram maior rigor operacional e melhor controle das condições de

processamento, outros apresentaram práticas claramente desfavoráveis à preservação da qualidade físico-química da polpa, resultando em produtos com maior diluição, instabilidade térmica e indícios iniciais de deterioração.

No contexto local, características próprias do município de Porto Grande–AP podem ter influenciado diretamente nos resultados obtidos. Trata-se de um município inserido em ambiente amazônico, com clima equatorial úmido, elevadas temperaturas médias e alta umidade relativa do ar, fatores que aceleram processos bioquímicos e microbiológicos em produtos altamente perecíveis como o açaí. Além disso, a predominância de bateadeiras artesanais de pequeno porte, muitas vezes com infraestrutura limitada, restrições de acesso a equipamentos de refrigeração adequados e ausência de protocolos técnicos padronizados, contribui para a elevada variabilidade observada entre os estabelecimentos.

Outro aspecto relevante refere-se ao período de realização do estudo, conduzido durante a entressafra do açaí, fase caracterizada pela menor oferta de frutos no mercado local. Nesse período, é comum o aumento do tempo entre a colheita e o processamento, maior dependência de frutos armazenados ou provenientes de áreas mais distantes e maior pressão econômica sobre os batedores para manter o abastecimento. Essas condições tendem a favorecer o uso de frutos em estágios de maturação menos homogêneos, bem como a intensificação da diluição da polpa como estratégia para ampliar o volume comercializado, impactando diretamente parâmetros como °Brix, massa por volume e acidez.

Sob a ótica agrônoma, diversos fatores associados à produção do açaí também podem ter influenciado os resultados. Entre eles destacam-se o sistema de manejo dos açaizais (extrativista ou cultivado), o nível de adensamento das touceiras, a fertilidade natural do solo, o manejo nutricional e o regime hídrico durante o desenvolvimento dos frutos. A literatura aponta que frutos oriundos de áreas com manejo inadequado, solos pobres em nutrientes ou submetidos a estresses hídricos tendem a apresentar menor rendimento de polpa e alterações na composição físico-química, refletindo-se em produtos finais menos concentrados. Além disso, a colheita de frutos sobremaduros, prática recorrente na entressafra, pode intensificar processos fermentativos e oxidativos, elevando a acidez e reduzindo a estabilidade da polpa.

Assim, a análise integrada dos resultados evidencia que a qualidade da polpa de açaí comercializada em Porto Grande é fortemente condicionada não apenas pelas práticas adotadas nas bateadeiras, mas também por fatores climáticos, sazonais e agrônômicos inerentes ao sistema produtivo local. Esses achados reforçam a importância de ações integradas que envolvam capacitação técnica dos produtores e batedores, adoção de boas práticas agrônômicas no manejo

dos açazais, melhoria da infraestrutura de processamento e maior atenção aos efeitos da sazonalidade sobre a qualidade do produto ofertado ao consumidor.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou de forma integrada a qualidade físico-química da polpa de açaí comercializada em Porto Grande – AP e evidenciou um cenário de expressiva heterogeneidade entre as bateadeiras analisadas. Os parâmetros avaliados temperatura de coleta (TC), temperatura de análise (TA), pH, acidez titulável, densidade, sólidos solúveis totais (°Brix), volume real e massa por 50 mL apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$), demonstrando ausência de padronização nos processos de extração, diluição, conservação e envase.

A análise integrada permitiu identificar três eixos principais determinantes da qualidade: controle térmico, nível de diluição e estado da matéria-prima. A inadequação do resfriamento favoreceu o aumento da acidez e pequenas reduções de pH, indicando início de deterioração. A diluição excessiva, por sua vez, ficou evidenciada por menores valores de densidade, massa e °Brix, caracterizando manipulação não uniforme da proporção de água. Já o estado fisiológico e sanitário dos frutos influencia diretamente a acidez e o pH, refletindo possíveis processos fermentativos ou degradação enzimática.

Esses resultados mostram que a qualidade final da polpa está diretamente vinculada às práticas operacionais adotadas, frequentemente de caráter empírico e variáveis entre os estabelecimentos, o que compromete atributos sensoriais, nutricionais e a segurança do produto. Assim, torna-se essencial a adoção de protocolos padronizados, maior controle das etapas críticas do processamento e capacitação técnica dos manipuladores, garantindo maior uniformidade e segurança alimentar.

Recomenda-se, ainda, que estudos futuros incluam análises microbiológicas, investigação de compostos bioativos e modelos preditivos de deterioração, de modo a aprofundar o diagnóstico e subsidiar intervenções técnicas e políticas públicas voltadas ao aprimoramento da cadeia produtiva do açaí no município e na região amazônica.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J, S,; SOUZA, M, R,; BRAGA, T, C, Influência de processos fermentativos na estabilidade físico-química de polpas amazônicas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v, 17, n, 2, p, 45–58, 2022.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2003. Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados a estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 out, 2003.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019, Dispõe sobre padrões microbiológicos de alimentos, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez, 2019.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, Estabelece padrões de identidade e qualidade para polpa de açaí, Brasília, DF: MAPA, 2018.
- CASTRO, M, C, *et al.*, Propriedades físico-químicas do açaí submetido a diferentes condições de processamento, **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v, 35, n, 3, p, 112–120, 2015.
- COSTA, A, L, S, *et al.*, Efeitos do processamento artesanal na composição de polpas de açaí no Pará, **Journal of Amazonian Food Science**, Belém, v, 8, n, 1, p, 22–33, 2017.
- FARIAS, D, P, *et al.*, Características físico-químicas de polpas de açaí comercializadas na Amazônia, **Brazilian Journal of Food Research**, Manaus, v, 9, n, 4, p, 75–89, 2018.
- FERREIRA, L, M,; ALMEIDA, C, S,; RAMOS, A, P, Avaliação da qualidade físico-química de polpas alimentícias, **Revista Brasileira de Ciência de Alimentos**, Rio de Janeiro, v, 27, n, 1, p, 55–66, 2021.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Cidades@ – Porto Grande/AP*, Rio de Janeiro, 2022, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>, Acesso em: 22 nov, 2024.
- INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Portaria nº 248, de 17 de junho de 2020, **Regulamento Técnico Metrológico sobre controle de produtos pré-medidos**, Brasília, DF: INMETRO, 2020.
- LIMA, J, S, *et al.*, Alterações físico-químicas em polpas de açaí submetidas a diferentes condições térmicas, **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v, 77, n, 2, p, 1–10, 2018.
- MAPA; ANVISA, Boas práticas de manipulação e padrões microbiológicos aplicados à produção de alimentos perecíveis, Brasília, DF: MAPA/ANVISA, 2019.
- MOURA, F, A, *et al.*, Oxidação lipídica e estabilidade de polpas amazônicas, **Food Chemistry and Quality Journal**, Recife, v, 13, n, 3, p, 88–97, 2020.
- NOGUEIRA, A, C, *et al.*, Impacto da diluição no valor nutricional da polpa de açaí comercializada em batedeiras artesanais, **Revista Agroalimentar Amazônica**, Belém, v, 12, n, 1, p, 41–54, 2020.
- OLIVEIRA, E, F, *et al.*, Efeitos do teor de água na densidade e viscosidade de polpas de açaí, **Revista Amazonian Foods**, Manaus, v, 6, n, 2, p, 101–113, 2019.

RIBEIRO, M, F, *et al.*, Correlação entre °Brix e composição nutricional de polpas amazônicas, **Revista Frutos da Amazônia**, Boa Vista, v, 11, n, 1, p, 44–52, 2022.

ROGEZ, H, **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**, Belém: EDUFPA, 2000.

SANTOS, A, P, *et al.*, Qualidade físico-química do açaí comercializado em centros urbanos amazônicos, **Revista de Alimentos Norte-Amazônica**, Macapá, v, 5, n, 2, p, 90–104, 2021

SANTOS, M, P,; COSTA, C, R,; OLIVEIRA, E, F, Efeitos da temperatura sobre a degradação oxidativa do açaí, **Journal of Tropical Foods**, Belém, v, 14, n, 1, p, 12–22, 2022.

SHAHIDI, F, **Métodos para análise de lipídios e oxidação**, Boca Raton: CRC Press, 2005.

SOUZA, R, C, *et al.*, Alterações químicas em polpas de açaí submetidas a variações de temperatura e armazenamento, **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v, 24, n, 1, p, 115–128, 2020.

TRIOLA, M, F, **Introdução à Estatística**, 12, ed, Rio de Janeiro: LTC, 2017.

YUYAMA, L, K, O, *et al.*, Caracterização nutricional de polpas de açaí da Amazônia, **Acta Amazonica**, Manaus, v, 41, n, 4, p, 545–552, 2011.