



Efeito das características biométricas no rendimento da polpa do jambolão (*Syzygium cumini* L.) e análise da sua potencialidade nutricional e funcional

Effect of biometric characteristics on the yield of jambul pulp (*Syzygium cumini* L.) and analysis of its potential nutritional and functional

F. O. Melo¹; L. C. Souza¹; D. M. Lemos¹; D. S. Ribeiro²; P. B. L. Constant^{3*}

¹Instituto Federal de Alagoas (IFAL) – Campus Batalha/Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos (LAFIQ), 57420-000, Batalha – AL, Brasil

²Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFape), Departamento de Engenharia de Alimentos, 55290-000, Garanhuns – PE, Brasil

³Universidade Federal de Sergipe (UFS), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - PROCTA, 49107-230, São Cristovão – SE, Brasil

*pblconstant@academico.ufs.br

(Recebido em 01 de março de 2024; aceito em 16 de setembro de 2024)

O jambolão é uma planta tropical que possui frutos com características químicas e nutracêuticas ideais para exploração industrial. Objetivou-se avaliar os efeitos das variáveis biométricas do fruto no rendimento da polpa, bem como determinar a sua composição físico-química e suas propriedades funcionais. Os frutos foram adquiridos e analisados quanto as suas características biométricas, rendimento de polpa, caracterização físico-química, quantificação de compostos bioativos e potencial antioxidante, sendo os dados avaliados através de estatística descritiva, coeficiente de correlação (rS) e Análise de Componentes Principais (ACP). Observou-se que os frutos analisados apresentaram peso médio na ordem de $4,11 \pm 1,06$ g e diâmetro médio horizontal e vertical de $15,55 \pm 2,77$ mm e $27,37 \pm 7,47$ mm, respectivamente. Os frutos apresentaram um rendimento de polpa médio de $65,15 \pm 8,57$ % e essa variável sofreu influência positiva e significativa do diâmetro horizontal (DH) ($rS = 0,391$) e do peso do fruto (PF) ($rS = 0,493$). Além disso, a polpa apresentou uma boa composição nutricional quando comparado com outras espécies frutíferas comerciais, como o teor de compostos fenólicos ($45,69 \pm 6,09$ mg EAG /100 g), antocianinas totais ($305,59 \pm 106,19$ mg cianidina -3 glicosídeo/100g) e atividade antioxidante (ABTS = $3.291,92 \pm 96,10$ μ mol equivalente a Trolox/g e FRAP = $11.876,97 \pm 619$ μ mol Fe₂SO₄/100g). Conclui-se que o fruto do jambolão possui elevada potencialidade de processamento industrial, porém para que haja uma plena utilização do fruto, melhores práticas de manejo pós-colheita precisam ser adotadas, garantindo que o fruto seja utilizado com toda essa sua potencialidade.

Palavras- Chave: polpa de frutas, eugênia jambolana, propriedades funcionais.

Jambul (*Syzygium cumini* L.) is a tropical plant with fruits that have ideal chemical and nutraceutical characteristics for industrial exploitation. The objective of this study was to evaluate the effects of fruit biometric variables on pulp yield, as well as to determine its physicochemical composition and functional properties. Fruits were acquired and analyzed for their biometric characteristics, pulp yield, physicochemical characterization, and quantification of bioactive compounds and antioxidant potential, with data evaluated using descriptive statistics, correlation coefficient (rS), and Principal Component Analysis (PCA). It was observed that the analyzed fruits had an average weight of 4.11 ± 1.06 g and an average horizontal and vertical diameter of 15.55 ± 2.77 mm and 27.37 ± 7.47 mm, respectively. Fruits had an average pulp yield of 65.15 ± 8.57 %, and this variable was positively and significantly influenced by horizontal diameter (DH) ($rS = 0.391$) and fruit weight (PW) ($rS = 0.493$). In addition, the pulp had a good nutritional composition and content of phenolic compounds (45.69 mg \pm 6.09 EAG/100 g), total anthocyanins (305.59 ± 106.19 mg cyanidin-3-glucoside/100 g), and antioxidant activity (ABTS = $3,291.92 \pm 96.10$ μ mol Trolox equivalent/g and FRAP = $11,876.97 \pm 619$ μ mol Fe₂SO₄/100 g), when compared to other commercial fruit species. It is concluded that the jambolão fruit has a high potential for industrial processing, however, for the full use of the fruit, better post-harvest management practices need to be adopted, ensuring that the fruit is used to its full potential.

Keywords: fruit pulp, eugenia jambolana, functional properties.

1. INTRODUÇÃO

O jambolão (*Syzygium cumini* L.) é uma árvore tropical, pertencente à família das mirtáceas, originária da Índia e Indonésia e cultivada em várias regiões do mundo, incluindo a Malásia, Paquistão e países da América Latina, como o Brasil [1-3].

Suas árvores, podem chegar a 30 metros de altura e seus frutos, a depender da região, recebem diferentes nomenclaturas, incluindo azeitona-roxa, brinco de viúva, ameixa roxa, entre outros [4, 5]. Além disso, esses componentes apresentam diversas características sensoriais marcantes, incluindo o sabor exótico, derivado principalmente do efeito simbiótico de componentes como açúcares, ácidos orgânicos e compostos adstringentes [3].

Os frutos do jambolão apresentam-se em formas de bagas, com estrutura elíptica e comprimento variando entre 1,5 a 3,5 cm em seu estágio mais avançado de maturação. Tal etapa, por sua vez, como em outros frutos não climatéricos, é caracterizada principalmente por mudanças em sua coloração e textura, sendo a escolha do momento ideal para a colheita fundamental para garantir frutos com maiores qualidades [3, 5].

Quanto a composição química, os frutos do jambolão são considerados fontes potenciais de nutrientes e compostos com propriedades funcionais. Nos estudos que avaliaram a composição físico-química dos frutos do jambolão, foram relatados diversos macro e micronutrientes, sendo identificadas concentrações consideráveis de uma grande variedade de carboidratos, cálcio, potássio, vitamina A, entre outros [6-9]. Além desses agentes, já foram identificados nas frutas, compostos como ácidos fenólicos, flavonas, e flavonoides como o ácido gálico e as antocianinas [10]. Sendo essas últimas responsáveis pelas características de cor do fruto em seu estágio mais avançado de maturação, bem como por diversas propriedades biológicas [11].

Tal composição faz do jambolão uma excelente matéria-prima para o setor extrativista, incluindo o de polpa de frutas. Porém, para que haja a plena utilização do fruto em escalas industriais, mais pesquisas sobre as variáveis que influenciam nas características das espécies [12], bem como maiores tecnologias em manejo, devem ser adotadas principalmente no momento da colheita, visto que atrasos nessa etapa, acarretam elevadas perdas de produção, principalmente pela elevada perecibilidade do fruto [5].

Nesse sentido, estudos morfológicos de frutos têm sido utilizados como boas ferramentas, por fornecerem informações sobre as características biométricas, físicas e químicas desses produtos, servindo como base para uma melhor exploração comercial, bem como para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos [13, 14] utilizados em etapas de coleta e seleção da indústria de polpas de frutas, por exemplo.

Assim, diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das características biométricas do fruto e semente do jambolão comercializado no município de Garanhuns – PE, bem como determinar sua correlação com o rendimento da polpa. Além disso, objetivou-se caracterizar a polpa quanto a sua composição físico-química e suas propriedades funcionais, avaliando assim, a sua potencialidade frente ao processamento industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e seleção das amostras

Os frutos do jambolão foram adquiridos na Central de Abastecimento (CEAGA) do município de Garanhuns – PE, localizado na Mesorregião Agreste do estado de Pernambuco, entre as coordenadas geográficas 08° 51'00''S/08° 55'00''S e 36° 31' 00''O/36° 27'00''O, distando cerca de 230 km de Recife (capital do estado) [15].

Após adquiridos, os frutos foram transportados para o Laboratório de Tecnologia de Cereais da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE, onde foram submetidos a processos de seleção quanto ao grau de maturação, ausência de podridões e danos mecânicos, lavagem em água corrente com o objetivo de remoção de folhas, galhos e outras impurezas e consequentemente redução da carga microbiana superficial dos frutos e sanitização em água clorada a 100 ppm por 15 minutos. Após essa etapa, os frutos foram transferidos para um

recipiente contendo água destilada para uma nova lavagem e remoção do excesso de cloro, sendo posteriormente destinados às etapas de caracterização biométrica e caracterização físico-química.

Os frutos que não foram selecionados para a análise biométrica, após limpeza e sanitização, foram armazenados em sacos de polietileno, revestidos com papel alumínio e submetidos ao congelamento (-18°C) até o momento em que amostras foram retiradas para caracterização físico-química e quantificação dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante da polpa.

2.2 Caracterização biométrica dos frutos e sementes do Jambolão

Para selecionar os frutos da análise biométrica, todos os frutos pré-selecionados foram dispostos sob uma mesa de mármore e submetidos a um processo de quarteamento até atingir um número amostral de 100 frutos. Sendo imediatamente iniciada a etapa de caracterização biométrica, através dos procedimentos descritos no próximo parágrafo.

Foram analisadas as seguintes características biométricas dos frutos e das sementes (após remoção manual do exocarpo e do mesocarpo): diâmetro horizontal e vertical, com auxílio de um paquímetro digital (Clarke-150 mm), peso com auxílio de uma balança analítica de precisão (0,001g), densidade através da relação entre a massa (m) e volume (v), e rendimento através da pesagem da polpa do fruto (exocarpo e mesocarpo) com o auxílio de uma balança analítica de precisão (0,001g) (Equação 01). Os volumes das amostras foram determinados através de metodologia proposta por Basso (1999) [16], levando-se em consideração o deslocamento de um fluido dentro de uma proveta após a imersão da amostra (fruto e semente).

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{\text{peso da parte comestível (casca e polpa)}}{\text{peso total (casca, polpa e caroço)}} \quad (\text{Equação 01})$$

2.3 Caracterização físico-química e propriedades bioativas da polpa (exocarpo e mesocarpo) do jambolão

Para realização das etapas posteriores, inicialmente foi realizado o despulpamento do fruto, através da separação manual da parte comestível (casca e polpa) da semente do fruto, sendo esta última descartada. Logo em seguida, a polpa foi triturada com o auxílio de um processador de lâminas de aço (Britânia), sendo em seguida submetida a caracterização físico-química e quantificação dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante, sendo todos os reagentes utilizados de grau analítico.

2.3.1 Caracterização físico-química da polpa de jambolão

A caracterização físico-química da polpa de Jambolão foi realizada no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos do Instituto Federal de Alagoas – *Campus* Batalha. Foram determinados parâmetros como umidade, atividade de água (Aw), proteínas, cinzas, açúcares totais, lipídeos totais, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis (°Brix), *ratio* e pH, seguindo métodos propostos pela Associação Analítica de Química [17].

2.3.2 Caracterização colorimétrica da polpa de jambolão

A avaliação colorimétrica da polpa do fruto do jambolão foi realizada com auxílio de um colorímetro digital (Konica Minolta - CR-10), programado no sistema Cielab de cores. O equipamento foi previamente calibrado com uma placa de calibração branca e as leituras foram realizadas em triplicata, com as seguintes variáveis respostas: i) L* (Luminosidade); ii) a* (+a* = vermelho e -a* = verde); iii) b* (+b* = amarelo e -b* = azul).

2.3.3 Caracterização dos compostos bioativos e da propriedade antioxidante da polpa do jambolão

2.3.3.1 Elaboração dos extratos etanólicos da polpa

Para caracterização quanto os teores de compostos bioativos, inicialmente foi elaborado o extrato da polpa utilizando o etanol 70% como solvente extrator na proporção 1:10 (m:v) (polpa:solução extratora). A mistura foi submetida a um banho de ultrassom por um período de 30 minutos, sendo transferida logo em seguida para um agitador orbital tipo *shaker*, onde foi mantida sob agitação (100 rpm) por um período de 4 horas. Em seguida, o extrato foi filtrado a vácuo em papel filtro, sendo o filtrado concentrado em rota evaporador (Buchi Switzerland R 210) até 30% do volume inicial [18]. Sendo este último utilizado para quantificação dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante.

2.3.3.2 Determinação dos Compostos Fenólicos Totais

Para a determinação dos compostos fenólicos totais, foi utilizado o método espectrofotométrico proposto por Singleton et al. (1965) [19], modificado por Boroski et al. (2015) [20] e adaptado quanto ao volume dos reagentes. Dessa forma, em um tubo de ensaio foram adicionados uma alíquota de 150 μL do extrato etanólico concentrado (item 2.3.2.1), 150 μL do Reagente Folin-Ciocalteu (diluído 1:1), 300 μL da solução saturada de Na_2CO_3 e 2,4 mL de água destilada. A mistura permaneceu em repouso por um período de 25 minutos em temperatura ambiente, sendo logo em seguida lida a absorbância (725 nm) em espectrofotômetro. A concentração dos compostos fenólicos foi calculada utilizando uma curva padrão de ácido gálico (GAE) (100 - 1000 ppm) e expressa em mg equivalente ao ácido gálico/100 g de amostra.

2.3.3.3 Determinação dos flavonoides totais

A determinação do teor de flavonoides totais foi realizada de acordo com metodologia proposta por Dowd (1959) [21], modificado por Boroski et al. (2015) [20] e adaptada quanto ao volume dos reagentes. Dessa forma 200 μL do extrato etanólico concentrado foi pipetada em um tubo de ensaio, onde logo em seguida foram adicionados 100 μL da solução de AlCl_3 (5%) e 1,7 mL de metanol P.A. Os tubos foram em seguidas agitados em um vortex e mantidos a temperatura ambiente por 30 minutos, até a leitura da absorbância em espectrofotômetro, calibrado com metanol (branco) em um comprimento de onda (λ) de 425 nm.

A concentração dos flavonoides foi calculada utilizando uma curva padrão de quercetina (0 - 100 mg/L) e expressa em mg equivalente de quercetina (EQ)/100 g de amostra.

2.3.3.4 Determinação do teor de antocianinas monoméricas totais

O teor de antocianinas monoméricas totais foi determinado levando em consideração a metodologia proposta por Lee et al. (2005) [22], tendo como base as modificações estruturais sofridas pelas antocianinas, quando submetidas a diferentes condições de pH (pH 1 e 4,5) [23]. Para isso, em tubos de ensaio foram pipetados 400 μL do extrato diluído (1:10) e adicionado 3,60 mL do tampão KCl (0,025 M) (pH 1,0). Em outro tubo, foram pipetados 400 μL do extrato diluído (1:10) e adicionado 3,60 mL do tampão $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$ (0,40 M) (pH 4,5). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, previamente calibrado utilizando como controle negativo (branco) a água destilada em conjunto com os tampões (pH 1 e 4,5). Após transferidos para a cubeta, o conteúdo do tubo de ensaio foi lido nos comprimentos de onda (λ) de 520 nm e 700 nm e os dados foram utilizados para determinação da concentração total de antocianinas de acordo com as Equações 2 e 3.

$$Ar = (A_{520} - A_{700}) \text{pH}_1 - (A_{520} - A_{700}) \text{pH}_{4,5} \quad (\text{Equação 2})$$

$$C(\text{mg/L}) = \frac{Ar \cdot PM \cdot FD \cdot 1000}{E \cdot L} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde Ar = Absorbância real; C = concentração em mg/L; E = Coeficiente de absorvidade molar, que para a cianidina-3-glicosídeo é igual a 26900 L/cm. Mol; FD = fator de diluição da amostra; PM = peso molecular, que para a cianidina-3-glicosídeo é igual a 449,2 g/mol; L= Largura da cubeta, que de acordo com a metodologia é de 1 cm.

Para o cálculo da concentração de antocianina em mg/g amostra foi utilizada a Equação 4:

$$C \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{c \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \cdot V}{m} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: V = volume de extração em L; m = massa da amostra (g).

2.3.2.5 Capacidade Antioxidante - ABTS

O método de captura do radical ABTS^{•+} foi realizado de acordo com o método descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA [24]. O preparo da solução do radical ABTS^{•+} se deu a partir da reação de 5 mL da solução aquosa de ABTS (7mM) com 88 µL da solução de persulfato de potássio 140 (mM), ao abrigo da luz e em temperatura ambiente por 16h. O radical ABTS^{•+} foi diluída em etanol até obter absorvância de 0,700 ± 0,05 em comprimento de onda igual a 734 nm. Após a adição de 30 µL do extrato a 3000 µL da solução de ABTS^{•+}, homogeneização e repouso de 6 minutos, foi medida a absorvância a 734nm em espectrofotômetro (Rayleigh UV-2601). Uma curva de calibração foi feita utilizando Trolox (0 – 2000 µmol/L) como padrão. A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (µmol de Trolox/g de amostra).

2.3.3.6 Capacidade Antioxidante – FRAP

O ensaio FRAP (*Ferric Reducing Ability Power*) foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) [25] com modificações. A solução FRAP foi preparada com a mistura de soluções do tampão acetato (0,3 mol.L⁻¹, pH 3,6), TPTZ (10,0 mmol.L⁻¹) e FeCl₃ (20,0 mmol.L⁻¹) na proporção 10:1:1, respectivamente, e em seguida, ao abrigo de luz, foi aquecida a 37°C até o seu uso. Foram coletados 100 µL do extrato, 300 µL de água destilada e adicionados a 3000 µL do reagente de FRAP, permanecendo, por 30 minutos, à temperatura de 37°C, ao abrigo da luz. A absorvância foi medida em comparação com um branco a 593 nm. A curva de calibração foi obtida mediante soluções aquosas de concentrações conhecida de Fe (II), na faixa de 0 - 2000 mmol/L (FeSO₄.7H₂O). Os resultados foram expressos em µmol de Fe₂SO₄/100 g de amostra.

2.4 Análise estatística dos dados

Os dados de biometria dos frutos e sementes foram analisados por meio de análise estatísticas descritivas e distribuição de frequência. A primeira, compreenderam as medidas de posição (média, valor máximo e mínimo) e dispersão (coeficiente de variação, assimetria, curtose e desvio padrão). Os coeficientes de correlação de Spearman (rS) foram estimados ao nível de 5% de probabilidade para a associação entre as características biométricas de frutos e sementes por meio do teste t [26]. As análises de correlação foram realizadas com auxílio do software R na versão 4.1.1, utilizando o pacote corrplot [27], e a distribuição de frequência dos dados, com auxílio do pacote histogram [28].

A identificação dos parâmetros biométricos que influenciam no rendimento da polpa de jambolão será através do coeficiente de correlação de Speraman (rS) e da análise estatística

multivariada (Análise dos componentes principais – ACP), com o auxílio do software R e do pacote FactoMineR [29]. Já a composição físico-química e os compostos bioativos foram analisados através de estatística descritiva, sendo determinados parâmetros como média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras. Sendo todos os testes realizados em triplicata e os valores analisados com auxílio do Software Sisvar na versão 5.8 [30].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características climáticas de Garanhuns - PE

Quanto às características climáticas, Garanhuns é caracterizada quanto um clima tropical de altitude, correspondendo a um clima do tipo Cw'a na classificação Köppen-Geiger. Além disso, devido a suas características climáticas, a região também vem sendo classificada como de clima mediterrâneo (classificação CS'a na escala Köppen-Geiger) com verões quentes e chuvas no outono e inverno [31].

Já em relação a sua temperatura, Garanhuns apresenta uma temperatura média mínima anual de 16,9°C, uma máxima média anual de 25,5°C e uma média anual de 20,5°C. Além disso, há registros de precipitação média na região na ordem de 870 mm, sendo considerada elevada em relação às áreas semiáridas circundantes [32].

3.2 Caracterização Biométrica do Fruto do Jambolão

Na Tabela 1 é possível observar o resultado da análise descritiva das características biométricas analisadas no fruto e na semente do jambolão comercializado no município de Garanhuns – PE. Inicialmente, observa-se que dentre as variáveis analisadas, somente o Diâmetro Horizontal e Vertical da semente, e o rendimento (%) apresentaram um coeficiente de variação (CV) próximo dos 10%, indicando, nesses casos, uma distribuição mais homogênea dos dados, ou seja, esses apresentam-se de forma menos dispersa [27]. Dessa forma, observa-se que as demais variáveis, incluindo o peso do fruto, apresentaram um CV maior que 10%, indicando dados menos homogêneos.

Tabela 1: Características físicas da fruta e da semente do jambolão (*Syzygium cumini* L.) comercializado no município de Garanhuns – PE, safra 2021.

Parâmetro Biométrico	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV	Curtose	Assimetria
Fruto							
Peso do Fruto (g)	4,11	7,45	2,07	1,06	0,26	0,04	0,40
Diâmetro Vertical (mm)	27,37	91,80	14,11	7,47	0,27	56,77	6,44
Diâmetro Horizontal (mm)	15,55	29,95	11,36	2,77	0,18	10,89	2,82
Volume do Fruto (cm ³)	3,47	10,00	1,00	1,20	0,35	7,69	1,62
Semente							
Peso da Semente (g)	1,39	2,22	0,62	0,34	0,25	-0,44	0,13
Diâmetro Horizontal (mm)	9,25	16,96	6,92	1,24	0,13	14,44	2,56
Diâmetro Vertical (mm)	19,66	32,04	15,14	2,54	0,13	4,43	1,18
Volume da Semente (cm ³)	1,22	4,00	0,50	0,52	0,43	7,01	2,10
Rendimento (%)	65,15	88,71	31,00	8,57	0,13	1,78	-0,62

DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Segundo Rebouças et al. (2008) [12], altos valores de CV para a massa fresca (peso do fruto), superiores a 20%, são um indicador determinante em processos industriais de seleção de frutos,

visto que frutos com maiores massa fresca (peso), tendem a apresentar maiores rendimento ao longo do processamento. Demonstrando assim a necessidade de um melhor acompanhamento dessa variável.

Já em relação a assimetria e curtose dos parâmetros analisados, observa-se que nas características do fruto e da semente, somente os pesos apresentaram valores de curtose e assimetria próximos a zero (inferiores $\pm 1,0$), comportamento também observado no rendimento da polpa (%). Segundo Oliveira et al. (2019) [33] e Zuffo et al. (2016) [34], esse comportamento é observado em variáveis que apresentam seus dados através de uma distribuição normal.

Na Tabela 1 ainda é possível observar que o peso do fruto (PF) apresentou um valor médio de $4,11 \pm 1,06$ g, com maiores frequências entre 3 e 5 gramas (Figura 1A). Por sua vez, os diâmetros verticais (DVF) e horizontais (DHF) do fruto apresentaram valores médios de $27,37 \pm 7,47$ e $15,55 \pm 2,77$ mm, com maiores frequências entre 20 e 40 mm e 10 e 20 mm, respectivamente (Figuras 1B e 1C).

Tal resultado é semelhante ao encontrado por Steiner et al. (2017) [13] que, ao avaliarem as características biométricas de frutos e sementes do jambolão (*Syzygium cumini* L.) produzidos no município de Marechal Cândido Rondon (PR), identificaram que os frutos da região apresentaram um valor médio de massa fresca (peso do fruto) de 4,82 g, com diâmetro vertical e longitudinal apresentando valores médios na ordem de 28,07 mm e 16,67 mm, respectivamente.

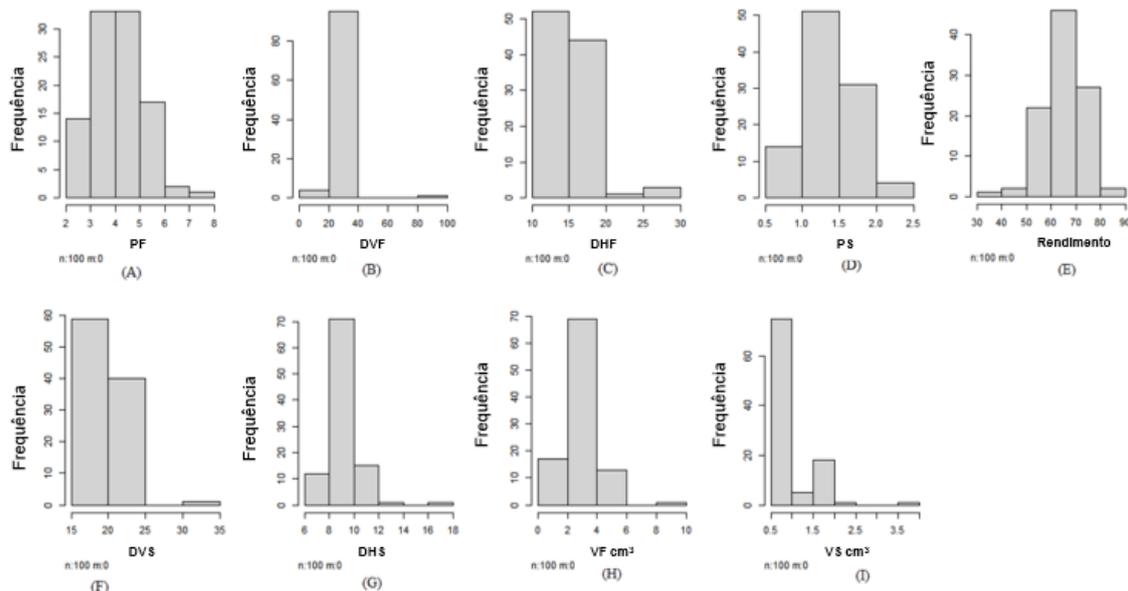


Figura 1: Distribuição de Frequência dos dados biométricos analisados. Onde: PF (Peso do Fruto); DVF (Diâmetro Vertical do Fruto); DHF (Diâmetro Horizontal do Fruto); PS (Peso da Semente); DVS (Diâmetro Vertical da Semente); DHS (Diâmetro Horizontal da Semente); VF (Volume do Fruto); VS (Volume da Semente); RE (Rendimento da Polpa); Densidade do Fruto (DF).

Ferraz et al. (2014) [35], ao avaliarem a influência das características biométricas no rendimento da polpa do jambolão (*Syzygium cumini* L.) produzido na cidade de Capitão Poço, PA, identificaram frutos com massa média de 4,02 g, semelhante ao encontrado no presente trabalho. Porém, ao avaliarem o comprimento vertical do fruto, identificaram valores médios próximos a 22,6 mm, resultado inferior ao encontrado no presente trabalho. Além disso, quanto ao comprimento horizontal, os autores encontraram que o fruto do jambolão da região apresentou valores médios de 16,5 mm.

Observando-se os resultados descritos acima, identifica-se que os frutos do jambolão tendem a apresentar diferenças entre os valores do diâmetro vertical e diâmetro horizontal, chegando o primeiro a representar cerca de duas vezes o segundo. Tal característica (relação diâmetro horizontal e vertical dos frutos), tem sido utilizada como ferramenta norteadora dos processos

industriais no que tange a seleção de matérias-primas e suas etapas de processamento [36], além de que, segundo Fortaleza et al. (2005) [37], frutos “ablongos” (diâmetro vertical maior que o diâmetro horizontal) tendem a apresentarem maiores rendimento (cerca de 10%) no processo de extração do suco da fruta, quando comparados com os frutos redondos.

Outro fator importante, é a diferença entre as características biométricas estudadas em frutos de uma mesma espécie, como por exemplo, os diâmetros horizontais dos frutos. Tal diferença pode estar associada a diversos fatores, incluindo os pluviométricos, de qualidade do solo, de diferenças climáticas, entre outros [37]. Demonstrando assim a importância da realização de estudos biométricos de frutos e sementes, visto que a variabilidade genética, somada aos fatores ambientais, podem ser usados como ferramentas para ampliar os programas de melhoramento e seleção de espécies vegetais [38], possibilitando que espécies mais “rentáveis” sejam selecionadas pelo mercado extrativista.

Em relação ao volume do fruto (VF), observou-se que o jambolão produzido na região de Garanhuns – PE apresentou um volume médio de $3,47 \pm 1,20 \text{ cm}^3$, com maiores frequências entre 2 e 4 cm^3 (Figura 1H). Tal comportamento foi semelhante ao encontrado no trabalho desenvolvido por Ferraz et al. (2014) [34], cujos frutos do jambolão apresentaram volumes com maiores frequências variando entre 2,89 e $3,91 \text{ cm}^3$.

Analisando os dados das sementes (Tabela 1), é possível observar que estas apresentaram um peso médio (PS) de $1,39 \pm 0,34 \text{ g}$, com maiores frequências entre 1 e 2 gramas (Figura 1D). Nesse sentido, a semente representou cerca de 34% do peso fresco do fruto, valor esse semelhante ao reportado no trabalho desenvolvido por Ferraz et al. (2014) [35], cuja semente representou cerca de 34,5% do peso total do fruto (0,78 g), porém superior ao reportado no trabalho de Steiner et al. (2017) [13], cuja semente do jambolão representou cerca de 27% do peso fresco da fruta, em média 1,23 g.

Já os diâmetros horizontais (DHS) e verticais da semente (DVS), apresentaram valores médios de $9,25 \pm 1,24$ e $16,66 \pm 2,54 \text{ mm}$, respectivamente (Tabela 1). Além disso, essas variáveis apresentaram maiores frequências entre 8 e 10 mm e 15 e 25 mm (Figuras 1F e 1G), respectivamente. Apresentando um comportamento semelhante entre os frutos e sementes, visto que em ambos, o diâmetro vertical apresenta-se aproximadamente duas vezes maior que o diâmetro horizontal. Os resultados descritos assemelham-se aos apontados por Steiner et al. (2017) [13], cujos diâmetros horizontais e verticais das sementes do jambolão apresentaram valores médios de 9,35 e 16,19 mm, estando as maiores frequências para ambas as variáveis localizadas entre as classes de distribuição de 8,01 a 10,04 mm para o diâmetro horizontal e 16,19 a 21,35 mm para o diâmetro vertical, valores esses semelhantes ao encontrados no presente trabalho.

Tal semelhança entre as características das sementes em ambos os estudos, pode estar associada ao fato de as sementes serem estruturas fisiológicas dos vegetais que tem uma taxa de desenvolvimento mais estável, quando submetidas a diferentes condições ambientais, visto que a planta adota mecanismos próprios que irão garantir uma taxa constante de nutrientes que serão assimilados pela mesma, diminuindo as taxas de variação entre essa estrutura [39, 40].

Quanto ao rendimento, obtido no processo de extração da polpa do jambolão é possível observar (Tabela 1) que o fruto apresentou um rendimento médio de $65,15 \pm 8,57 \%$, sendo os valores mínimos e máximos de extração 31,00 e 87,71%, respectivamente. Além disso, é possível observar na Figura 1E, que essa variável apresentou maiores frequências (mais de 80 %) nas classes entre 50 e 80% de rendimento.

Os resultados apresentados no parágrafo anterior, são ligeiramente inferiores aos encontrados no estudo de caracterização biométrica do jambolão produzido no município de Marechal Cândido Rondon - Paraná, visto que os frutos dessa região apresentaram rendimento médio de polpa de 73% [13]. Já nos frutos do jambolão produzidos no município de Capitão Poço – PA, observou-se um rendimento médio de polpa na casa dos 80,8%, com massas de polpa variando entre 2,94 e 3,47 g por fruto analisado [35].

Um fator importante e que deve ser levado em consideração como uma das possíveis justificativas entre as diferenças nos rendimentos encontrados nos estudos e o do presente trabalho, está no fato de que em todos eles, o processo de retirada da polpa não ocorreu de forma mecanizada, com uso de despoldadeiras, por exemplo, e sim manualmente, dificultando o

processo de padronização e conseqüentemente influenciando nos percentuais de rendimento de polpa encontrados nos presentes trabalhos.

Além o exposto acima, é importante ressaltar que variações nas condições climáticas, bem como na disponibilidade de nutrientes ao longo do desenvolvimento do fruto são fatores que também podem vir a influenciar em suas características produtivas [41] e apesar das diferenças apontadas acima, segundo Lima et al. (2002) [42] frutos cujo percentual de polpa seja superior a 50%, apresentam potencial para industrialização, mesmo em estágios avançados de maturação. Apontando assim, as potencialidades de uso do jambolão como um fruto para o setor extrativista e de produção de polpa de frutas.

No mais, observa-se relação de proximidade entre os teores de polpa do jambolão com outros frutos da família Myrtaceae, dentre esses, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Bueno et al. (2017) [43] que ao avaliarem as características químicas e físicas de frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica*) produzidos na micro região de Sete Lagoas, identificaram rendimento de polpa variando entre 83,70 a 93,80 % e o trabalho desenvolvido por Silva et al. (2016) [44] que ao avaliarem o rendimento da polpa produzida por frutos Araçá Amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) oriundos do município de Santana do Acaraú – CE, reportaram rendimentos médios de polpa em torno de 94%.

É notório que o rendimento da polpa seja uma variável primordial quando se objetiva processos de industrialização do material vegetal [33], nesse contexto, avaliar as características biométricas de forma isolada, torna-se um fator limitante do processo de caracterização das variáveis de interesse, sendo assim necessária uma análise global do comportamento e da influência das demais características biométricas no parâmetro analisado [44].

Para isso, Zuffo et al. (2016) [34] recomendam um estudo de associações entre as variáveis analisadas, permitindo inclusive a seleção indireta com base na interação entre os parâmetros avaliados. Tal avaliação pode ser realizada através da análise do coeficiente de correlação de Spearman (r_s), visto que este permite identificar numericamente associações entre variáveis numéricas.

3.3 Coeficientes de correlação de Spearman (r_s) das variáveis biométricas do fruto do jambolão

A correlação entre as variáveis biométricas, pode ser observada inicialmente na matriz de correlação apresentada na Figura 2. Essa ferramenta, usa as diferenças na intensidade da cor (vermelho e azul) e no tamanho das esferas como ferramenta visual para identificar os efeitos entre duas variáveis. Dessa forma, e utilizando a variável “rendimento” como referência de análise, é possível observar que esta sofre efeitos positivos (azul) de variáveis como o peso do fruto (PF), os diâmetros horizontais e verticais do fruto (DHF e DVF), o volume (VF) e a densidade do fruto (DF). Por sua vez, um comportamento inverso (vermelho) é observado nas variáveis relacionadas com a semente (peso, diâmetro horizontal e vertical, e volume).

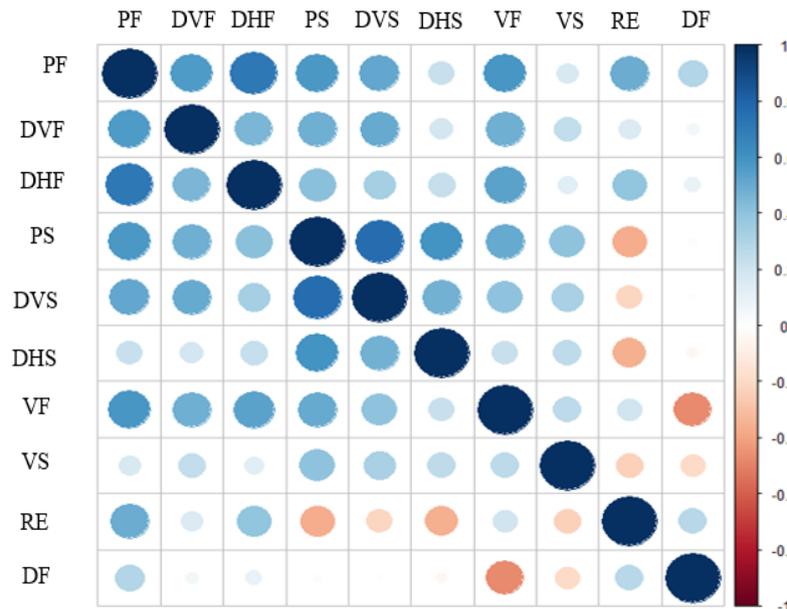


Figura 2: Matriz de correlação de Spearman (r_S) das variáveis biométricas do jambolão (*Syzygium cumini* L.) comercializado no município de Garanhuns – PE. Onde: PF (Peso do Fruto); DVF (Diâmetro Vertical do Fruto); DHF (Diâmetro Horizontal do Fruto); PS (Peso da Semente); DVS (Diâmetro Vertical da Semente); DHS (Diâmetro Horizontal da Semente); VF (Volume do Fruto); VS (Volume da Semente); RE (Rendimento da Polpa); DF (Densidade do Fruto).

O resultado na Figura 2, pode ser expresso numericamente através dos coeficientes de correlação de Spearman (r_S) encontrados na Tabela 2. Nela, é possível observar numericamente que, dentre as variáveis biométricas analisadas, as únicas que influenciaram positiva e significativamente ($p < 0,05$) no rendimento da polpa foram o peso do fruto (PF), com uma correlação (r_S) de 0,493, e o diâmetro horizontal do fruto (DHF), com uma correlação (r_S) de 0,391. Ou seja, aproximadamente, entre 40% e 50% do rendimento da polpa do fruto do jambolão é determinado por fatores ligados ao DHF e o PF. Sendo que este último parâmetro, peso do fruto, ainda é influenciado cerca de 71,9% ($r_S = 0,719$) pelo DHF. Dessa forma, quanto maior o DHF, maior será o PF e, conseqüentemente, haverá maior disponibilidade de polpa, aumentando o rendimento (RE) no processo de extração.

Esses resultados podem ser levados em consideração no planejamento de processos industriais e aquisição de matérias-primas para a indústria de processamento de frutas, mais especificamente no processamento do jambolão. De tal forma que equipamentos de seleção podem ser desenvolvidos levando em consideração variáveis como o DHF e o PF, permitindo a seleção de frutos mais rentáveis do ponto de vista extrativista.

Steiner et al. (2017) [13] e Ferraz et al. (2014) [35], também identificaram efeitos positivos da massa fresca do fruto do jambolão no rendimento da polpa do fruto, obtendo-se coeficientes de correlação na faixa de $r_S = 0,794$ e $0,974$, em ordem. Os primeiros autores ainda enfatizam que programas de melhoramento genético que visem obtenção de maiores rendimentos de polpa, podem utilizar frutos com maiores massa fresca em seus processos de desenvolvimento.

Por sua vez, um comportamento oposto é observado (Tabela 2) nas variáveis relacionadas com a semente (Diâmetro Vertical e Horizontal (DVS e DHS), Volume (VS) e Peso (PS)). Nessas variáveis os coeficientes de correlação de Spearman (r_S) apresentaram valores negativos e significativos ($p < 0,05$), influenciando, conseqüentemente, negativamente no rendimento da polpa (RP). Nesse sentido, entende-se que frutos com dimensões maiores das sementes, tendem a apresentar menores rendimento de extração da polpa, sendo esse um ponto negativo para a indústria extrativista.

Levando em consideração as dificuldades para mensurar na prática as dimensões das sementes, novas tecnologias precisam ser desenvolvidas que visem um melhor mapeamento dessa variável, como por exemplo, o uso de tecnologias de ultrassom, ou raio-X no processo de identificação das

dimensões das sementes, permitindo uma melhor seleção dos frutos, com base também nessas variáveis.

Além dessas oportunidades, Souza et al. (2018) [46] levantam a teoria da análise do estágio de maturação do fruto como uma ferramenta para mensurar os efeitos da semente no conteúdo de polpa. Para os autores, um fruto quando atinge seu estado fisiológico de maturação, a semente tende a diminuir seu tamanho e peso, aumentando conseqüentemente o espaço no interior do fruto e o rendimento da polpa. Assim, para que maiores rendimentos de polpa sejam alcançados, uma avaliação do estágio de maturação do fruto deve ser realizada no momento da colheita, por exemplo, utilizando o teor de sólidos solúveis totais (SST), devendo os frutos serem selecionados no momento ideal do estágio de maturação.

Tabela 2: Coeficiente de Correlação de Spearman (r_S) de diferentes características físicas do jambolão (*Syzygium cumini* L.) comercializado no município de Garanhuns – PE.

Variáveis	PF	DVF	DHF	VF	PS	DVS	DHS	VS	RP
PF	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVF	0,570*	-	-	-	-	-	-	-	-
DHF	0,719*	0,452*	-	-	-	-	-	-	-
VF	0,581*	0,482*	0,536*	-	-	-	-	-	-
PS	0,576*	0,480*	0,419*	0,504*	-	-	-	-	-
DVS	0,516*	0,505*	0,331*	0,409*	0,764*	-	-	-	-
DHS	0,228*	0,184*	0,232*	0,226*	0,597*	0,477*	-	-	-
VS	0,163 ^{NS}	0,067*	0,126 ^{NS}	0,266*	0,408*	0,322*	0,259*	-	-
RP	0,493*	0,154 ^{NS}	0,391*	0,192 ^{NS}	-0,367*	-0,216*	-0,357*	-0,232*	-
DF	0,291*	0,050 ^{NS}	0,094 ^{NS}	-0,473*	-0,020 ^{NS}	0,017 ^{NS}	-0,047 ^{NS}	-0,193 ^{NS}	0,270*

PF (Peso do Fruto); DVF (Diâmetro Vertical do Fruto); DHF (Diâmetro Horizontal do Fruto); VF (Volume do Fruto); PS (Peso da Semente); DVS (Diâmetro Vertical da Semente); DHS (Diâmetro Horizontal da Semente); VS (Volume da Semente); RP (Rendimento da Polpa); Densidade do Fruto (DF).

*significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}: Não Significativo ao nível de 5% de significância.

3.3 Análise dos componentes principais das características biométricas do fruto do jambolão

Quanto a análise dos componentes principais (Figura 3), observa-se que os primeiros componentes principais representam juntos 50,32% da variação presente nos dados, estando as variáveis ligadas diretamente com a semente no quadrante contrário e negativo ao rendimento da polpa (Rendimento). Ou seja, essas variáveis biométricas têm uma influência oposta e negativa quando a referência é o rendimento da polpa.

Observa-se ainda na Figura 3 que novamente que o peso do fruto (PF) e o diâmetro horizontal do fruto (DiaHorFrut) são as variáveis que mais se aproximam e se correlacionam com o Rendimento, corroborando as análises estatísticas descritas anteriormente.

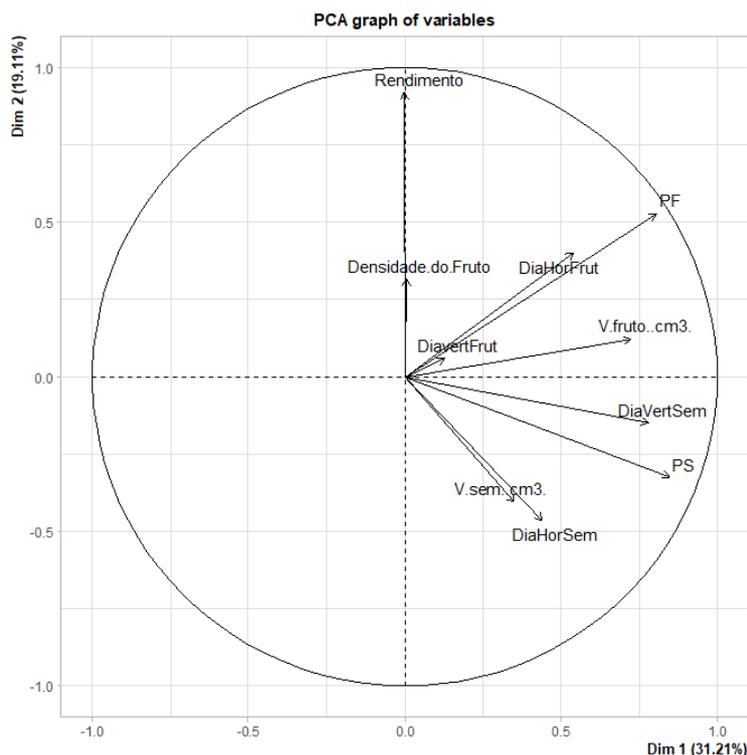


Figura 3: Análise de Componentes Principais (PCA) para a biometria de frutos e sementes do jambolão (*Syzygium cumini* L.), comercializado no município de Garanhuns, PE.

Dessa forma, para que ocorra uma elevada eficiência no processo de extração da polpa do jambolão, diversos fatores devem ser avaliados. Porém, para que tal matéria-prima seja utilizada e comercializada, é fundamental estudos que visem a sua caracterização. Nesse sentido, nos próximos itens serão apresentados os resultados da caracterização físico-química, bem como da quantificação dos compostos bioativos e das propriedades antioxidantes da polpa do jambolão (*Syzygium cumini* L.) comercializada no município de Garanhuns – PE.

3.5 Caracterização físico-química da polpa do fruto do jambolão

Os resultados da caracterização físico-química da polpa do jambolão podem ser encontrados na Tabela 3. Quanto a composição físico-química geral da polpa de jambolão, observou-se que esta apresentou um teor de umidade em torno de $84,90 \pm 0,22$ %. Tal resultado é semelhante ao achado por Santos et al. (2020) [47], que ao avaliarem as propriedades bioativas de extratos fenólicos da polpa e da semente do jambolão (*Syzygium cumini* L.), identificaram teores de umidade na ordem de $83,51 \pm 0,05$ % na polpa do fruto. Semelhantemente, Do Carmo Brito et al. (2017) [8] avaliaram as características físico-químicas da polpa do jambolão oriundos da região amazônica antes do processo de extração de pigmentos do fruto. Na pesquisa, os autores encontraram valores de umidade na ordem de 87,20 %, superiores aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 3: Caracterização físico-química e física da polpa de jambolão (*Syzygium cumini* L.).

Parâmetros Físico-Químicos	Média ± Desvio Padrão
Umidade (%)	84,90 ± 0,22
Atividade de Água (Aw)	0,97 ± 0,01
pH	3,84 ± 0,03
Acidez Total Titulável (g de ácido cítrico/100g)	0,66 ± 0,02
Sólidos Solúveis (°Brix)	15,23 ± 0,06
Rácio (SS/ATT)	22,72 ± 0,76
Cinzas (g/100g)	0,36 ± 0,01
Carboidratos Totais (g/100g)	8,48 ± 0,84
Lipídeos (g/100g)	0,18 ± 0,03
Proteína (g/100g)	1,57 ± 0,37
Coordenadas colorimétricas	
L*	12,33 ± 1,01
a*	+6,43 ± 1,33
b*	-5,07 ± 0,93

As diferenças nos teores de umidade podem estar associadas a diversos fatores, incluindo o estágio de maturação dos frutos analisados, processo de congelamento, despulpamento, transporte, entre outros. Apesar disso, é importante salientar que polpas de frutas são produtos que podem apresentar teores de umidade variando entre 65 e 95% [48]. Valor este, dentro dos resultados encontrados no presente trabalho.

Um parâmetro fundamental, principalmente no processo de controle do desenvolvimento microbiano em polpas de frutas, é a atividade de água (Aw). Em relação a esse parâmetro, foram encontrados valores médios de $0,97 \pm 0,01$ na polpa do jambolão. Sendo esse valor elevado e característico de polpas de frutas, demonstrando a necessidade de adoção de tecnologias alternativas de conservação desses produtos, visto que teores de Aw maiores que 0,6, tendem a proporcionar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis em produtos alimentícios [48]. Além disso, valores elevados de Aw tendem a favorecer, devido a elevada disponibilidade de água livre, processos oxidativos, de escurecimento e hidrólises nos alimentos [49], alterando assim, suas características físicas e sensoriais.

Outros fatores, que influenciam diretamente na qualidade sensorial e na estabilidade de polpas de frutas são o pH e a acidez. Tais parâmetros impactam diretamente em fatores como a retenção do sabor-odor, a estabilidade dos corantes naturais e sintéticos, bem como na maturação dos frutos [50].

Nesse estudo, a polpa do jambolão elaborada apresentou um pH em torno de $3,84 \pm 0,03$, uma acidez total titulável (ATT) de $0,66 \pm 0,02$ g de ácido cítrico por 100 g de polpa (Tabela 3). Valores esses, próximos aos encontrados por Lago, Gomes e Silva (2006) [6], que antes de desenvolverem uma geleia de jambolão (*Syzygium cumini* L.), caracterizaram a polpa do fruto coletado no Distrito de São José do Rio Preto, SP, encontrando assim, valores de pH e acidez da polpa na ordem de $3,90 \pm 0,02$ e $0,59 \pm 0,01$ g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

Já Mussi et al. (2015) [7], ao avaliarem os efeitos da cinética de secagem na atividade antioxidante no teor de antocianinas e nos nutrientes no resíduo do jambolão (*Syzygium cumini* L.), encontraram valores de pH para a polpa na ordem de $3,63 \pm 0,01$, classificando a polpa do fruto como ácida, segundo os autores.

Outro resultado do trabalho apontado no parágrafo anterior está relacionado ao teor de sólidos solúveis totais (SST) da polpa do jambolão, visto que os autores encontraram valores de SST na ordem de $11,4 \pm 0,2$ °Brix, inferior ao encontrado nesta pesquisa, $15,23 \pm 0,06$ °Brix. Já Lago et al. (2006) [6], encontraram 9,0 °Brix como teores de sólidos solúveis para a polpa do jambolão analisada. Nesse contexto, é de se compreender que os maiores valores encontrados, podem estar associados a diferenças no estágio de maturação dos frutos que deram origem a polpa [50], bem

como a fatores climáticos, visto que o clima na época da colheita, pode influenciar nas taxas de fotossíntese nas plantas, impactando diretamente na síntese de açúcares nos frutos.

Já em relação ao índice, expresso através da relação SST/ATT, a polpa do jambolão apresentou valor médio de $22,72 \pm 0,76$. Tal parâmetro é fundamental na análise de frutos e seus produtos derivados, principalmente na avaliação do perfil de sabor desses alimentos [51]. Batista et al. (2013) [52] reforça que essa relação (SST/AAT) é uma das melhores formas de avaliação do sabor e do grau de maturação dos frutos e seus derivados, visto que, segundo os autores, quando essa relação assume valores mais elevados, o fruto encontra-se em bom estado de maturação e com o sabor adocicado predominante, devido a um decréscimo dos ácidos orgânicos e um aumento do conteúdo de sólidos dissolvidos no meio.

Ao comparar os resultados encontrados neste trabalho, com outros que avaliaram as características físico-químicas de outras *myrtaceas*, observa-se um elevado potencial de industrialização do jambolão, visto que ao realizar a caracterização físico e química da casca e polpa do jambo vermelho (*Syzygium malaccensis* (L.) Merryl & Perry), Augusta et al. (2010) [53] encontraram valores de índice próximos a 5,0. Complementando, Bueno et al. (2017) [43] ao avaliar as características de frutos de *Eugenia dysenterica* DC. (cagaita), encontraram valores de relação SST/ATT, na ordem de 12,34, 11,53 e 19,12, para os frutos analisados dos municípios de Caetanópolis, Paraopeba e Prudente Moraes, respectivamente.

Analisando o teor de cinzas da polpa, observou-se que esta apresentou em média $0,39 \pm 0,01$ g de cinzas por 100 g da polpa da fruta. Já em relação as principais biomoléculas fontes de energia, observou-se que a polpa apresentou o teor de carboidratos em torno de $8,48 \pm 0,84$ g por 100 g de polpa de frutas, sendo essa a biomolécula com maior concentração, quando comparado aos teores de lipídeos ($0,18 \pm 0,03$ g/100 g) e proteínas ($1,57 \pm 0,37$ g/100 g) encontrados na polpa.

Dentre os valores encontrados no presente trabalho, somente o teor de carboidrato (CBO) se assemelhou aos resultados apresentados por Santos et al. (2020) [47] para o mesmo fruto, visto que os pesquisadores encontraram cerca de $8,52 \pm 0,65$ g de CBO por 100 g da polpa da fruta. Já em relação das demais macromoléculas, proteínas (PTH) e lipídeos (LPD), os autores encontraram cerca de 5,65 g de PTH e 0,97 g de LPD por 100 g de polpa do fruto. Já no estudo desenvolvido por Brito et al. (2017) [9] foram encontrados, ao caracterizar a polpa de jambolão, 0,85, 0,49 e 11,40 g de proteínas, lipídeos e carboidratos por 100 g de polpa do fruto analisado.

Um fator importante e que deve ser levado em consideração, é o fato de que a composição química dos vegetais, sofre influência de diversos fatores, incluindo o tipo de solo e as práticas agrícolas adotadas, bem como as condições climáticas e o estágio de maturação do fruto a ser coletado e analisado [48], tais variáveis, isoladas ou simbioticamente, podem ter contribuído para as diferenças nos valores dos macronutrientes apresentados nos parágrafos anteriores. De toda forma, é evidente as potencialidades do jambolão como uma fonte de nutrientes, podendo ser uma fruta com potencial de incorporação na dieta regular.

Quanto aos indicadores colorimétricos, estes também podem ser observados na Tabela 3. A polpa do jambolão apresentou para o parâmetro luminosidade (L^*) valores próximos a $12,33 \pm 1,01$, valor esse inferior ao encontrado na polpa do jambolão avaliada por Brito et al. (2017) [9], $L^* = 22,20 \pm 0,06$. Tal parâmetro, segundo Menezes Filho et al. (2019) [54], varia de 0 a 100, indicando coloração que migra do preto ao branco, respectivamente. Dessa forma, observa-se que a polpa avaliada apresentou tons de luminosidade mais escuros.

Tais observações podem ser complementadas através da análise dos níveis de saturação (a^* e b^*) da polpa [53], que no estudo em questão apresentou tonalidades próximas ao vermelho ($a^* = +6,43 \pm 1,33$) e azul ($b^* = -5,07 \pm 0,93$). As características descritas acima, classifica o jambolão na escala de cor CIELAB no quadrante do círculo de cores correspondente a região roxo-avermelhado ou púrpura-vermelho [8].

3.6 Compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa do fruto do jambolão

Quanto as propriedades bioativas, na Tabela 4 é possível observar que a polpa do jambolão apresentou um teor de compostos fenólicos totais em torno de $445,69 \pm 6,90$ mg EAG/g. Tal resultado, foi superior ao conteúdo de compostos fenólicos encontrado no trabalho desenvolvido

por Santos et al. (2020) [47]. É importante ressaltar, que o processo de extração utilizado no trabalho em questão, utilizou como solução extratora uma mistura composta por etanol, metanol e acetona, nas proporções com a polpa de 1:1:1 (g/v/v/v), sem o uso do banho de ultrassom. Procedimento distinto ao utilizado neste trabalho, já que foi utilizada como solução extratora, o etanol 70%, na proporção de 1:10 (g/v), com auxílio do banho de ultrassom.

Tabela 4: Caracterização dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante da polpa de jambolão (*Syzygium cumini* L.).

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão
Compostos Fenólicos Totais (mg EAG/g)	445,69 ± 6,90
Flavonoides Totais (mg EQ/100g)	361,67 ± 37,01
Antocianinas Monoméricas Totais (mg cianidina-3-glicosídeo/100g)	305,59 ± 106,19
ABTS (µmol de Trolox equivalente/g)	3291,92 ± 96,10
FRAP (µmol Fe ₂ SO ₄ /100g)	11876,97 ± 619,61

Além do exposto no parágrafo anterior, Borges et al. (2011) [55] elenca alguns fatores que podem influenciar na composição de fenólicos de frutos de regiões distintas. Segundo os autores, as condições de cultivo, o estágio de maturação e fatores sazonais, genéticos e agrônômicos são importantes agentes influenciadores nos teores de compostos fenólicos dessas frutas.

Já em relação aos flavonoides totais, a polpa apresentou um teor de 361,57 ± 37,01 mg Equivalente em Quercetina (EQ) por 100 gramas de polpa do fruto. Valor superior ao encontrado por Branco et al. (2016) [56], ao avaliar a influência da pasteurização na capacidade antioxidante da polpa do jambolão. Os autores encontraram teores de Flavonoides Totais na ordem de 25,29 ± 0,22 e 29,45 ± 2,15 mg EQ/100 g da polpa não pasteurizada e pasteurizada, respectivamente. Resultados inferiores, para flavonoides totais, também foram encontrados por Benherlal e Arumughan (2007) [57] (7 mg / 100 g matéria fresca) e Farias et al. (2011) [9] (91.2 ± 15.7 mg de EC (Equivalente de Catequina)/100 g).

Apesar dos valores superiores encontrados é importante ressaltar que questões metodológicas adotadas no processo de extração, bem como as condições empregadas na reação, são alguns dos fatores que podem vir a influenciar nos teores de compostos fenólicos e flavonoides em um mesmo material vegetal [55]. Podendo essas diferenças terem causado as divergências entre os valores.

Quanto ao teor de antocianinas monoméricas totais, observou-se que a polpa apresentou um teor de 305,59 ± 106,19 mg equivalente em cianidina-3- glicosídeo por 100 gramas da polpa do fruto. Esse valor foi superior aos reportados por outros autores ao avaliarem a composição de antocianinas de polpas de jambolão. Benherlal e Arumughan (2007) [57] encontraram 134 mg/100g. Brito et al. (2017) [8], por sua vez, encontraram a um valor mais próximo ao encontrado neste trabalho que foi 296 mg cyd 3-Glu/100 g.

Como já apontado, são diversos os fatores que podem influenciar no teor de compostos fenólicos de materiais vegetais, principalmente aqueles ligados às condições climáticas e edáficas. A incidência solar, por exemplo, é um dos principais fatores que pode influenciar no teor de antocianinas dos materiais vegetais, uma vez que a redução em 15% desta, pode acarretar diminuição de cerca de 60% desse composto, por ação principalmente na diminuição da atividade da enzima fenilalanina amônia liase (FAL), principal enzima envolvida na síntese de antocianinas e outros flavonoides [57]. Vale ressaltar, que os frutos coletados para o desenvolvimento desta pesquisa, foram adquiridos nos primeiros meses do ano, época essa com maior incidência solar na região.

Por sua vez, os valores encontrados para as antocianinas do jambolão foram inferiores aos encontrados por Costa et al. (2018) [58] em polpa de açaí (575,6 ± 15,3 mg/L) e Haminiuk et al. (2011) [59] em polpa de jabuticaba (342 mg / 100g de massa fresca), respectivamente. Dessa forma, considerando que os frutos açaí e jabuticaba são considerados referências de frutos com

altos teores de antocianinas, o jambolão pode ser considerado como uma rica fonte de antocianinas [7], podendo ser incorporado a dieta, bem como ser processado gerando outros produtos.

Por sua vez, a atividade antioxidante da polpa foi determinada através de duas metodologias (Tabela 4). A primeira consistiu na avaliação da capacidade de sequestro do radical ABTS^{•+}, e a segunda no potencial de redução do ferro pelo método FRAP.

Quanto ao poder de sequestro do radical ABTS^{•+}, observou-se a presença de compostos capazes de inibir agente de maneira equivalente a $3.291,92 \pm 96,10$ μmol de Trolox. Valor semelhante ao encontrado por Vizzoto e Pereira (2013) [60] ao avaliar o potencial antioxidante do jambolão (*Syzygium cumini* L.) ($3.107,43$ μmol de Trolox/g de polpa) e inferior ao reportado por Resende et al. (2021) [61] que antes de caracterizar e avaliar a estabilidade de um corante antocianínico a base do jambolão, analisou as características da matéria-prima, encontrando um potencial de sequestro do radical ABTS^{•+} equivalente a $8.465,65 \pm 5,13$ μmol de trolox/g extrato seco da polpa.

Além dos estudos descritos acima, destacam-se os desenvolvidos por Rufino et al. (2010) [62] e Sousa et al. (2021) [63], que ao analisarem a polpa do jambolão, encontraram potencial antioxidante equivalente a Trolox na ordem $125 \pm 10,8$ μmol e $54,54 \pm 0,06$ μmol , respectivamente. Valores estes inferiores aos encontrados neste estudo e como já apresentado anteriormente, tais diferenças na quantificação desses compostos podem estar associadas as metodologias utilizadas, bem como as condições climáticas, de plantio, colheita e processamento do fruto.

Ainda é importante ressaltar que, comparando com outros frutos, o jambolão apresenta-se como uma fruta de elevada potencialidade no que tange o a capacidade antioxidante, visto que apresenta uma capacidade de sequestro de radical ABTS^{•+} maior que frutos como o mirtilo ($3,39 \pm 0,06$ μmol de trolox/g de polpa fresca) [63], a amora ($6,34 \pm 0,04$ μmol de trolox/g de polpa fresca) [64], o açaí ($15,1 \pm 4,1$ μmol de trolox/g), a acerola ($96,1 \pm 6,1$ μmol de trolox/g) e a jabuticaba ($37,5 \pm 1,4$ μmol de trolox/g) [62].

Já em relação a capacidade de doação de elétrons, medida através do poder de redução férrica pelo método FRAP, observou-se uma capacidade de $11.876,97$ μmol Fe₂SO₄ por 100 gramas de polpa do fruto. Tais valores foram semelhantes aos encontrados por Seraglio et al. (2018) [65] ao avaliarem a capacidade antioxidante em frutos do jambolão maduro através do potencial de redução do ferro, encontrando valores na ordem de $13.7777,52 \pm 269,16$ μmol Fe₂SO₄ por 100 gramas. Os autores ainda encontraram uma capacidade de redução do complexo [Fe (III) - (TPTZ)₂]³⁺, na ordem de $24.956,05 \pm 143,50$ μmol Fe₂SO₄ por 100 gramas e $15.188,28 \pm 490,3$ μmol Fe₂SO₄ por 100 gramas em frutos maduros Jabuticaba e Guabiju, respectivamente, superiores aos encontrados no presente trabalho.

Já Rufino et al. (2010) [62] ao pesquisar o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante de 18 não tradicionais frutas tropicais encontradas no Brasil, encontrou para o jambolão uma capacidade de redução do Fe³⁺ em Fe²⁺ na ordem de $17.300,00 \pm 10,8$ μmol Fe₂SO₄ por 100 gramas do fruto.

Assim, é possível observar as potencialidades de uso da polpa do jambolão seja de forma *in-natura*, processada ou incorporada em diferentes produtos alimentícios, visto que além de fonte de macro nutrientes, esta é rica em compostos com propriedades bioativas, que inclusive, garantem a polpa de jambolão uma elevada capacidade antioxidante. Porém, para que haja um pleno uso do fruto, estudos que visem desenvolver melhores técnicas de conservação desta matéria-prima precisam ser desenvolvidos, e somados a isso. Pesquisas que objetivem extrair os principais componentes do fruto, visando aplicações em escala industrial, seja de forma integral, incorporada a determinados produtos ou encapsuladas, podem garantir um melhor aproveitamento desse vegetal pela indústria farmacêutica, de alimentos e até cosméticos.

4. CONCLUSÃO

Os frutos do jambolão avaliados nesta pesquisa apresentaram um peso médio de $4,11 \pm 1,06$ g, com rendimento médio de polpa na ordem de $65,15 \pm 8,57$ %. Essa última variável biométrica foi

influenciada positiva e significativamente ($p < 0,05$) pelo peso do fruto (PF) e o diâmetro horizontal do fruto (DHF), determinado através dos coeficientes de correlação de Spearman (rS), de tal forma, que quanto maior o DHF, maior será o PF e, conseqüentemente, haverá maior disponibilidade de polpa, aumentando o rendimento (RP) no processo de extração.

Já em relação a composição físico-química, observou-se que a polpa dos frutos de jambolão apresentou uma constituição ideal para o processamento pela indústria de polpa de frutas e seus derivados, visto que esta é composta por diversos constituintes, incluindo os essenciais para dietas, como os carboidratos. Além disso, observou-se na polpa analisada, elevada concentração de compostos com propriedades bioativas, bem como uma boa capacidade antioxidante, medida através do potencial de sequestro de radical ABTS e da neutralização dos íons de Fe (FRAP).

Porém, para que haja o máximo aproveitamento possível dos frutos do jambolão pela indústria, seja de alimentos, farmacêutica ou outras, novas tecnologias devem ser adotadas, visando o melhoramento nos processos de colheita e conservação do fruto. Além disso, este estudo mostrou que parâmetros como o peso e tamanho do fruto pode ser usado como critério de seleção de maneira a garantir maiores rendimento de polpa e conseqüentemente trazendo resultados melhores de rendimento no processamento do fruto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Warrier P, Nambiar V, Ramankutty C. Indian Medical Plants. Vol. 5. 1st ed. Hyderabad: Orient Longman Ltd.; 1996.
- Oliveira GF, Furtado NAJS, Silva Filho AA, Martins CHG, Bastos JK, Cunha WR, et al. Antimicrobial activity of *Syzygium cumini* (Myrtaceae) leaves extract. Braz J Microbiol. 2007 Jun;38:381-4. doi: 10.1590/S1517-83822007000200035
- Sabino LBS, De Brito ES, Da Silva Júnior IJ. Jambolan - *Syzygium jambolanum*. In: Rodrigues S, Silva EO, Brito ES, editors. Exotic Fruits. New York(US): Elsevier; 2018. p. 251-6. doi 10.1016/B978-0-12-803138-4.00032-0
- Kishore K. Phenological growth stages and heat unit requirement of Indian blackberry (*Syzygium cumini* L., Skeels). Sci Hortic. 2019 Apr;249:455-460. doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.032.
- Noomrio MH, Dahot MU. Nutritive value of *Eugenia jambosa* fruit. J Islam Acad Sci. 1996;9(1):9-12.
- Lago ES, Gomes E, Silva R. Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. Food Sci Technol. 2006 dez;26(4):847-852. doi: 10.1590/S0101-20612006000400021
- Mussi LP, Guimarães AO, Ferreira KS, Pereira NR. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: Drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contents. Food Sci Technol. 2015 Apr;61(1):80-8. doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.040
- Brito BNC, Da Silva Pena R, Santos Lopes A, Campos Chisté R. Anthocyanins of jambolão (*Syzygium cumini*): Extraction and pH-dependent color changes: Anthocyanins of *Syzygium cumini*. J Food Sci. 2017 Oct;82(10):2286-90. doi: 10.1111/1750-3841.13847
- Faria AF, Marques MC, Mercadante AZ. Identification of bioactive compounds from jambolão (*Syzygium cumini*) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. Food Chem. 2011 Jun;126(4):1571-8. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.12.007
- Baliga MS, Bhat HP, Baliga BRV, Wilson R, Palatty PL. Phytochemistry, traditional uses and pharmacology of *Eugenia jambolana* Lam. (black plum): a review. Food Res. 2011;44:1776-89. doi: 10.1016/j.foodres.2011.02.007
- Gusmão E, Vieira FA, Fonseca-Júnior EM. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). Cerne. 2006 jan/mar;12(1):84-91.
- Rebouças ER, Gentil DFO, Ferreira SAN. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba-da-costa-rica, produzidos em Manaus, Amazonas. Rev Bras Frutic. 2008 jun;30(2):546-8. doi: 10.1590/S0100-29452008000200048
- Steiner F, Zuffo AM, Zoz T. Physical characterization of fruits and seeds of jambolan [*Syzygium cumini* (L.) Skeels] (Myrtaceae). Acta Iguazu. 2017 Dec;6(3):79-90. doi: 10.48075/actaiguaz.v6i3.16551
- Bhavamishra. Bhavprakash Nighantu. Mishra B, editor. 11th ed. Varanasi: Chaukhamba Sanskrit Bhawan; 2007.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades: Garanhuns [Internet]; [citado em 12 dez 2021]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/garanhuns>
- Basso SMS. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC. e *Lotus* L. 1. ed. Pelotas (RS): UFRGS; 1999.

17. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). Official Methods of Analysis. 17. ed. Washington (US): AOAC; 2002.
18. Ribeiro AB, Bonafé EG, Silva BC, Montanher PF, Santos Júnior OO, Boeing JS, et al. Antioxidant capacity, total phenolic content, fatty acids and correlation by principal component analysis of exotic and native fruits from Brazil. *J Braz Chem Soc.* 2013 May;24:797-804. doi: 10.5935/0103-5053.20130105
19. Singleton VL, Joseph A, Rossi J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *J Enol Vitic.* 1965;16(2):144-9. doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144
20. Boroski M, Morais DR, Visentainer JV, Cottica SM. Antioxidantes: Princípios e métodos analíticos. 1. ed. Curitiba (PR): Appris Ltda.; 2015.
21. Dowd LE. Spectrophotometric determination of quercetina. *Anal Chem.* 1959 Jul;31(7):1184-7.
22. Lee JH, Durst RW, Wrolstad RE. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juice, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. *J AOAC Int.* 2005;88(5):1269-78.
23. Granato D, Nunes DS. Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: Uma abordagem teórico-prática. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier; 2016.
24. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Fortaleza (CE): Embrapa Agroindústria Tropical; 2007. (Comunicado técnico, 128). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf
25. Benzie IFF, Strain JJ. The Ferric Reducing Ability Power (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem.* 1996 Jul;239:70-6. doi: 10.1006/abio.1996.0292
26. Lemos A. Cibercultura: tecnologia e vida social na cultura contemporânea. 7. ed. Porto Alegre (RS): Sulina; 2015.
27. Zar JH. Biostatistical analysis. 4. ed. New Jersey: River, Prentice-Hall/Upper Saddle; 1996.
28. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
29. Mildenerberger T, Rozenholc Y, Zasada D. Histogram: Construction of regular and irregular histograms with different options for automatic choice of bins. R package version 0.0-25 [Internet]; 26 abr 2019 [citado em 1 nov 2023]. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=histogram>
30. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotec.* 2011 Dec;35(6):1039-42. doi: 10.1590/S1413-7054201100060000
31. Soares AB, Troleis AL. A expansão urbana de Garanhuns-PE entre 1811 e 2016 e suas implicações socioambientais. *Rev Mov Soc Din Espac.* 2018 Jul;7(1):185-209. doi: 10.51359/2238-8052.2018.230751
32. Jatobá L. Clima. In: Andrade COM, organizador. Atlas Escolar Pernambuco. 2. ed. João Pessoa (PB): Grafset; 2004. p. 45-54.
33. Oliveira CES, Zuffo AM, Fonseca WL, Steiner F. Physical characterization of fruits and seeds *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae - Mimosaceae). *Rev Agric Neotr.* 2019 Jul/Sep;6(3):105-11. doi: 10.32404/rean.v6i3.3006
34. Zuffo AM, Gesteira GS, Zuffo Júnior JM, Andrade FR, Soares IO, Zambiazzi EV, et al. Caracterização biométrica de frutos e sementes de mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) e de inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) na região sul do Piauí, Brasil. *Rev Ciênc Agr.* 2016;3(39):331-40. doi: 10.19084/RCA15152
35. Ferraz YT, Reis ATS, Souza NS, Almeida GM, Okumura RS. Influência biométrica sobre o rendimento da polpa do jmelão (*Syzygium jambolanum* Dc.) em Capitão Poço/PA. *Enciclopédia Biosf.* 2014;10(19):1-9.
36. Andrade JS, Aragão CG, Ferreira SAN. Caracterização física e química dos frutos de araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D.C.) *Acta Amaz.* 1993;23(3):213-7.
37. Fortaleza JM, Peixoto JR, Junqueira NTV, Oliveira AT, Rangel LEP. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. *Rev Bras Frutic.* 2005 abr;27(1):124-7. doi: 10.1590/S0100-29452005000100033
38. Botezelli L, Davide AC, Malavasi MM. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). *Cerne.* 2000;6(1):9-18.
39. Carvalho JEU, Nazaré RFR, Oliveira WM. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. *Rev Bras Frutic.* 2003;25(2):326-8. doi: 10.1590/S0100-29452003000200036
40. Marcos Filho J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 1. ed. Piracicaba (SP): Fealq; 2005.
41. Moreira WKO, Oliveira SS, Reis JS, Paraense LRC, Guimarães AT, Silva RTL. Análise de correlação em frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* KUNTH). *Glob Sci Technol.* 2016 set/dez;9(3):106-15.

42. Lima EDPA, Lima CAA, Aldrigues ML, Gondim PJS. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp) em cinco estádios de maturação da polpa congelada e néctar. *Rev Bras Frutic.* 2002 ago;24(2):338-43. doi: 10.1590/S0100-29452002000200013
43. Bueno GH, Guedes MNS, Souza AG, Madeira APC, Garcia EM, Taroco HA, et al. Caracterização física e físico-química de frutos de *Eugenia dysenterica* Dc originados em região de clima tropical de altitude. *Rev Bras Biom.* 2017;35(3):515-22.
44. Silva MCB, Moreira FJC, Tavares MKN, Silva KF. Biometria de frutos e sementes, análise química e rendimento de polpa de araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine). *Rev Bras Prod Agroind.* 2016;18(3):313-23. doi: 10.15871/1517-8595/rbpa.v18n3p313-323
45. Zuffo AM, Andrade FR, Zuffo Júnior JM. Caracterização biométrica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na região leste de Mato Grosso, Brasil. *Rev Ciênc Agr.* 2014;37(4):463-71. doi: 10.19084/rca.16859
46. Souza NDS, Silva MKF, Oliveira LJDS, Carvalho HDC, Lima ILE, Santa Brígida MRS. Biometria de frutos e sementes de jambo-vermelho (*Syzygium malaccensis* (L) Meer & Perry) nativo em Capitão Poço, Pará. *Rev Verde Agroecol Desenv Sust.* 2018;13(5):605-11. doi: 10.18378/rvads.v13i5.5750
47. Santos CA, Almeida FA, Quecán BXV, Pereira PAP, Gandra KMB, Cunha LR, et al. Bioactive properties of *Syzygium cumini* (L.) skeels pulp and seed phenolic extracts. *Front Microbiol.* 2020 May;11:1-16. doi: 10.3389/fmicb.2020.00990
48. Chitarra AB, Chitarra MIF. Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2. Ed. Lavras (MG): UFLA; 2005.
49. Chisté R, Cohen C, Mathias KOEA, Ramos Júnior AGA. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. *Ciência Tecnol Alime.* 2006 Dez;26(4):861-4. doi: 10.1590/S0101-20612006000400023
50. Brasil AS, Sigarini KS, Pardini FC, Faria RAPG, Siqueira NFMP. Avaliação da qualidade físico-químicas de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá-MT. *Rev Bras Frutic.* 2016 Jan-Feb;38(1):167-75. doi: 10.1590/0100-2945-253/14
51. Lima TLS, Cavalcante CL, Sousa DG, Silva PHA, Sobrinho LGA. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. *Rev Verde Agroecol Desenv Sust.* 2015;10(2):49-55. doi: 10.18378/rvads.v10i2.3378
52. Batista AG, Oliveira BD, Oliveira MA, Guedes TJ, Silva DF, Pinto NAVD. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. *Tecnol Ciência Agropec.* 2013;7(4):49-54.
53. Augusta IM, Resende JM, Borges SV, Maia MCA, Couto MAPG. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). *Ciência Tecnol Alim.* 2010 Dez;30(4):928-32. doi: 10.1590/S0101-20612010000400014
54. Menezes Filho ACP, Oliveira Filho J, Deminski G, Jesus A, Andrade M, Castro CFS. Avaliação colorimétrica e caracterização morfológica por microscopia óptica de alta resolução das farinhas dos frutos do jatobá, jambolão e siriguela. *Multi-Science J.* 2019 fev;2(1):16-22. doi: 10.33837/msj.v2i1.544
55. Borges GSC, Vieira FGK, Copetti C, Gonzaga LV, Zambiasi RC, Mancini-Filho J, et al. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Res Int.* 2011 Aug;44(7):2128-33. doi: 10.1016/j.foodres.2010.12.006
56. Branco IG, Moraes ICF, Argandoña EJS, Madrona GS, Dos Santos C, Ruiz ALTG, et al. Influence of pasteurization on antioxidant and in vitro anti-proliferative effects of jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit pulp. *Ind Crops Prod.* 2016 Oct;89:225-30. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.04.055
57. Benherlal PS, Arumughan C. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on *Syzygium cumini* fruit: Composition and antioxidant studies on *S. cumini* fruit. *J Sci Food Agric.* 2007 Nov;87(14):2560-9. doi: 10.1002/jsfa.2957
58. Costa HCB, Silva DO, Vieira LGM. Physical properties of açai-berry pulp and kinetics study of its anthocyanin thermal degradation. *J Food Eng.* 2018 Dez;239:104-13. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.07.007
59. Haminiuk CWI, Plata-Oviedo MSV, Guedes AR, Stafussa AP, Bona E, Carpes ST. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. *Int J Food Sci Technol.* 2011;46(7):1529-37. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02653.x
60. Vizzoto M, Pereira MC. Caracterização das propriedades funcionais do jambolão. Pelotas (RS): EMBRAPA; 2013. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 79). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15431415.pdf>
61. Resende LGM, Santos J, Santos BS, Teles ARS, Constant PBL. Corante antociânico extraído do fruto jambolão: formulação e avaliação da estabilidade dos compostos bioativos. *Interação.* 2021 mar;21(1):645-58. doi: 10.53660/inter-072-SS07

62. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem. Barking*, 2010;121(4):996-1002. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037
63. Sousa MM, Lima RMT, Lima A, Reis AC, Cavalcante AACM, Sattler JAG, et al. Antioxidant action and enzyme activity modulation by bioaccessible polyphenols from jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels). *Food Chem.* 2021 Nov;363:130353. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130353
64. Rojas-Ocampo E, Torrejón-Valqui L, Muñoz-Astecker LD, Medina-Mendoza M, Mori-Mestanza D, Castro-Alayo EM. Antioxidant capacity, total phenolic content and phenolic compounds of pulp and bagasse of four Peruvian berries. *Heliyon*. 2021 Aug;7(8):e07787. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07787
65. Seraglio SKT, Schulz M, Nehring P, Della Betta F, Valesse AC, Daguer H, et al. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. *Food Chem.* 2018 Jan;239:649-56. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.118