

**ADRIANO MARTINEZ BASSO
MARIA DE FÁTIMA VITÓRIA DE MOURA**

Jaca

**UM ESTUDO DE SUA QUÍMICA
E UMA RESENHA DE SUA HISTÓRIA**

**ADRIANO MARTINEZ BASSO
MARIA DE FÁTIMA VITÓRIA DE MOURA**

Jaca

**UM ESTUDO DE SUA QUÍMICA
E UMA RESENHA DE SUA HISTÓRIA**



editoraifrn

Natal, 2017

Presidente da República
Michel Miguel Elias Temer Lulia

Ministro da Educação
José Mendonça Bezerra Filho

Secretária de Educação Profissional e Tecnológica
Eline Neves Braga Nascimento



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte

Reitor
Wyllys Abel Farkatt Tabosa
Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação
Márcio Adriano de Azevedo
Coordenadora da Editora IFRN
Darlyne Fontes Virginio

Conselho Editorial

Albino Oliveira Nunes
Alexandre da Costa Pereira
Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira
Anísia Karla de Lima Galvão
Cláudia Battestin
Darlyne Fontes Virginio
Emiliana Souza Soares Fernandes
Fabiola Gomes de Carvalho
Francinaide de Lima Silva Nascimento
Francisco das Chagas de Mariz Fernandes
Francisco das Chagas Silva Souza
Genoveva Vargas Solar
José Augusto Pacheco
José Everaldo Pereira
José Gilauco Smith Avelino de Lima
Jozilene de Souza

Jussara Benvindo Neri
Lenina Lopes Soares Silva
Liege Monique Filgueiras da Silva
Márcio Adriano de Azevedo
Maria da Conceição de Almeida
Maria Josely de Figueiredo Gomes
Melquiades Pereira de Lima Junior
Nadir Arruda Skeete
Neyvan Renato Rodrigues da Silva
Rejane Bezerra Barros
Régia Lúcia Lopes
Rodrigo Siqueira Martins
Samuel de Carvalho Lima
Sílvia Regina Pereira de Mendonça
Valcinete Pepino de Macedo
Wyllys Abel Farkatt Tabosa

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa
Charles Bamam Medeiros de Souza

Revisão Linguística
Maria Clara Lucena de Lemos

Fotos (capa e capítulos): pixabay e freepik

Prefixo editorial: 94137
Linha Editorial: Acadêmica
Disponível para *download* em:
<http://memoria.ifrn.edu.br>



Contato

Endereço: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol.
CEP: 59015-300, Natal-RN.

Fone: (84) 4005-0763 | E-mail: editora@ifrn.edu.br

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo Amor e pela Vida.

A Jesus Cristo, por mostrar o caminho.

Ao M.G., por colocar Luz nesse caminho.

A meu pai Nicodemo Caetano e minha mãe Carmen Lúcia.



Os textos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores. É permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

B322j Basso, Adriano Martinez.
Jaca: um estudo de sua química e uma resenha de sua história / Adriano Martinez Basso, Maria de Fátima Vitória de Moura; projeto gráfico, diagramação e capa, Charles Bamam Medeiros de Souza; revisão linguística, Maria Clara Lucena de Lemos - Natal: IFRN, 2017.
102 p : il. color.

ISBN: 978-85-94137-09-8

1. Química - Jaca. 2. Composição química - Jaca. 3. Jaca – Rio Grande do Norte. I. Basso, Adriano Martinez. II. Título.

CDU 54

Catálogo da publicação na fonte elaborada pela Bibliotecária
Patrícia da Silva Souza Martins – CRB: 15/502

Esta obra foi submetida e selecionada por meio de edital específico para publicação pela Editora IFRN, tendo sido analisada por pares no processo de editoração científica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar.

À Química Danielle Cristina de Vasconcelos Ferreira da Silva, pela amizade, apoio e empenho.

Ao Técnico Joadir Humberto da Silva Júnior, pela amizade incondicional.

À Química Heloísa Gabriela Clemente de Castro, pelos ensinamentos e apoio.

Ao Prof. Dr. Djalma Ribeiro da Silva e ao Servidor Ms. Breno Gustavo Porfírio Bezerra, pelo suporte técnico junto ao ICP-OES.

À Prof^a Dr^a Sibeles Berenice Castellã Pergher e ao Químico Artur Oliveira de Santana, por disponibilizar e auxiliar no uso do liofilizador.

Ao Instituto de Física da UFRN, pelo fornecimento do nitrogênio líquido.

À minha querida Elisa, por ter me proporcionado conhecer a UDV.

Ao M.G., por me guiar nesse caminho de Luz, Paz e Amor.

APRESENTAÇÃO

Inicialmente considero necessário um breve esclarecimento com respeito a este livro. Ele é o resultado de parte de minha dissertação de mestrado. Digo parte porque muitas informações teóricas, referências, metodologias e alguns resultados foram suprimidos para tornar este material mais digestível para o público em geral, além dos limites da esfera científica. Dessa maneira, os leitores mais atentos às questões de ordem acadêmica poderão sentir um vácuo de informações em alguns pontos do livro. Caso isso venha a ocorrer, sugiro que busquem as respostas na dissertação original.

A dissertação que ora dá origem a este livro foi fruto da pesquisa no Laboratório de Química Analítica Aplicada (LAQUANAP) do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, na cidade de Natal, realizada entre os meses de abril a dezembro de 2016. A temática de trabalho foi a fruta e a semente da árvore da jaqueira.

A jaca é uma fruta largamente consumida em todo o mundo, especialmente no nordeste brasileiro. Embora já tenham sido feitos muitos estudos sobre a composição dessa fruta, analisando sua polpa, semente, casca, raiz, caule e farinha, os resultados mostram que a pluralidade de composições químicas é muito distan-

te entre espécies de um mesmo país. Além disso, não existe nenhum trabalho de pesquisa enfocando a jaca produzida no Estado do Rio Grande do Norte.

Atualmente existe um apelo muito grande quanto ao consumo de produtos mais saudáveis. Os produtos liofilizados são uma destas alternativas que estão começando a surgir, ainda que incipientes, notadamente, no que se refere a produtos comerciais. Por esse motivo, a análise da composição da polpa liofilizada das duas espécies de jaca é tão importante, além de ser este um trabalho inédito.

O Brasil é um grande celeiro para a produção de frutas. A sua grande diversidade de fauna e flora permite a produção dos mais variados tipos frutíferos. Desde aqueles que crescem preferencialmente em regiões frias aos que crescem em regiões quentes, com pouco ou muito recurso hídrico. A região nordeste se caracteriza por uma diversidade enorme de árvores produtoras de frutos. Uma fruta muito consumida é a Jaca.

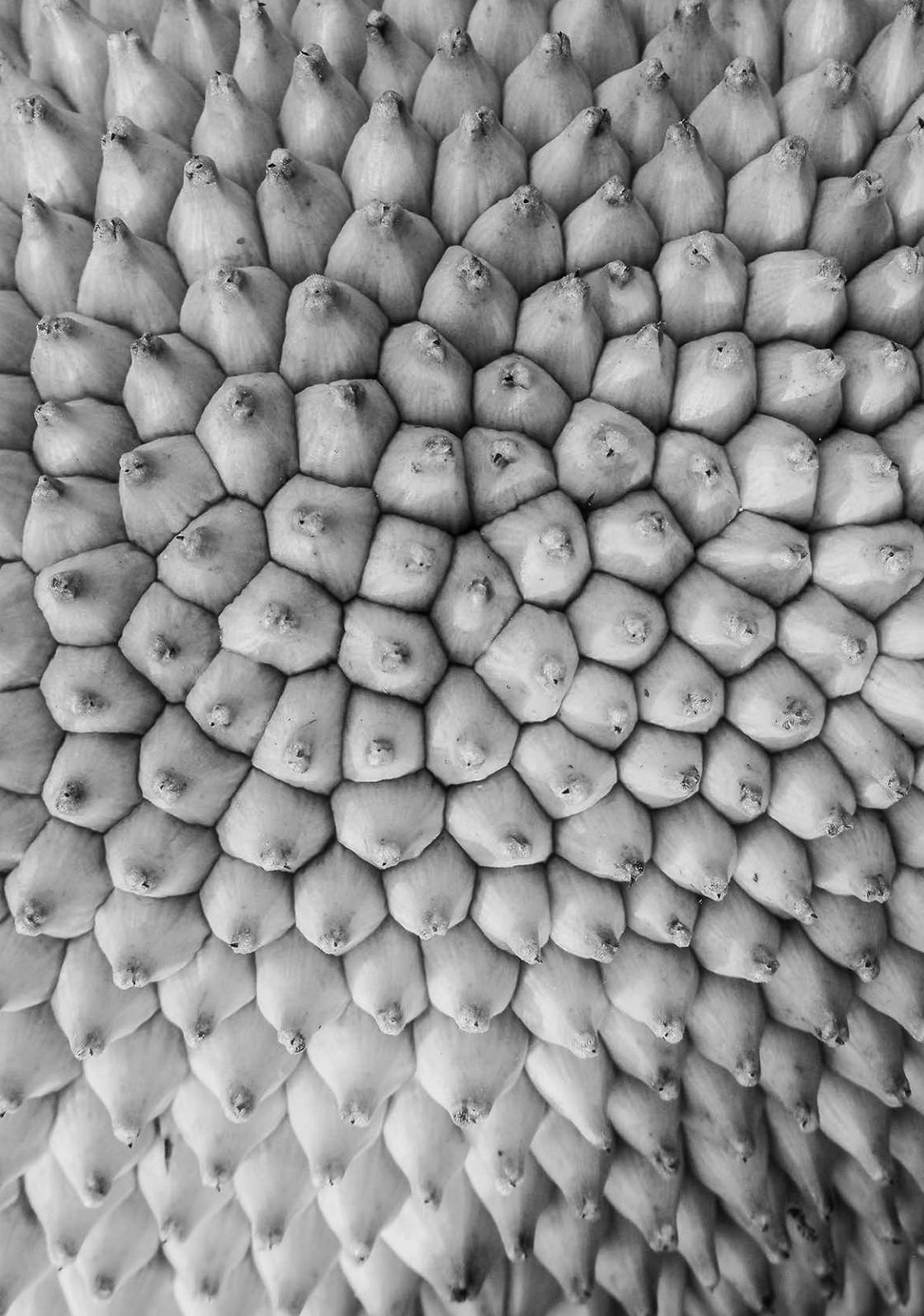
A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) é uma árvore de grande porte, originária da Ásia e cultivada em regiões tropicais. Segundo Souza et al. (2009), no Brasil, ela é encontrada em toda a costa litorânea. Devido à sua incidência em diversas partes do mundo, existem muitas variações do fruto, com composições químicas também diferentes, o que torna necessário o conhecimento da composição química da jaqueira norte-rio-grandense, que até então não foi estudada.

A parte comestível da jaca é sua polpa, consumida *in natura*, e sua semente, utilizada assada ou cozida



SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS	5
APRESENTAÇÃO	7
CAPÍTULO 1	
JACA: <i>ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS</i> LAM	13
CAPÍTULO 2	
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA JACA	25
CAPÍTULO 3	
AS TÉCNICAS DE ANÁLISE	35
CAPÍTULO 4	
MÉTODO DE ESTUDO DA JACA	45
CAPÍTULO 5	
RESULTADOS ANALÍTICOS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89



CAPÍTULO 1



JACA

ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS LAM

A jaca pertence à Família *Moraceae*, Subfamília *Artocarpoideae*, Gênero *Artocarpus* e Espécie *Artocarpus heterophyllus* Lam. Além dessa espécie, existe outra que também é cultivada, porém apenas em países asiáticos, a *Artocarpus integer* (Thumb.) Merr., conhecida como *Cempedak*, muito comum na península da Malásia (HAQ, 2006). Existem ainda mais duas espécies que não são cultiváveis, sendo encontradas apenas em florestas de países asiáticos. São a *Artocarpus odoratissimos* Blanco e a *Artocarpus rigidus* Blume (HAQ, 2006).

A palavra *Artocarpus* deriva do grego. *Artos* significa pão e *carpos* significa fruta (BAILEY, 1942). A taxonomia oficial de *Artocarpus heterophyllus* Lam. foi dada por Lamarck, por este motivo é usada a palavra Lam. ou Lamk. ao final de seu nome científico (CORNER, 1938). Mas,

existe muita confusão relativa ao seu nome devido aos vários sinônimos que existem. Esta espécie também é conhecida como *Artocarpus philippinensis* Lam., *Artocarpus maxima* Blanco, *Soccus arboreus major* Rumph., *Polyphema jaca* Lour. e *Artocarpus brasiliensis* Gomez (SOEPADMO, 1992). Como essa fruta é encontrada em diferentes partes do planeta, existe uma enorme pluralidade de sinônimos que ela pode ter. A Tabela 1 lista os principais nomes comuns que tem essa fruta em diferentes partes do mundo.

Tabela 1 – Nome da jaca em alguns países

PAÍSES	NOMES COMUNS (POPULARES)
Alemanha	Jacabaum, jackbaum
Bangladesh	Kanthal
Brasil	Jaca
China	Po-lo-mi
Colômbia	Jaqueira
Cuba	Rima
Espanha	Jaca, jacquero
E.U.A.	Jack, jackfruit, jak, jaca-tree
França	Jacque, jacquier, jack
Holanda	Nangka, jacca
Índia	Kanthal, kathal, kantaka, jaka, pilavu chakka, halasu, chakka
Indonésia	Nangka, nongka, lamasa, malasa
Inglaterra	Jack, jackfruit, jak, jaca-tree
Malásia	Nangka, tsjaka, jaka, chakka

PAÍSES	NOMES COMUNS (POPULARES)
Filipinas	Langka, nangka, nanka, sagakat, badak, ananka, yanka
Tailândia	Khanum, Makmi, Banum
Porto Rico	Jaca
Portugal	Jaca, jaqueira
Vietnã	Mit

Fonte: HAQ, 2006.

A nomenclatura popular do fruto, como mostrado na Tabela 1, é bastante diversificada. O nome Jaca vem de *Chakka*, como é chamada na Índia e na Malásia (VAZHACHARICKAL, *et al*, 2015). O nome *chakka* foi dado a primeira vez por Hendrik van Rheede (1678-1703) em seu livro, em latim, *Hortus Malabaricus*, vol. III (YULE; JORDANUS, 2011). O termo em inglês *Jackfruit* deriva da tradução direta do português para o inglês (ASIA-PACIFIC ASSOCIATION OF AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTIONS, 2012). Outras adaptações comuns do português para o inglês são *jak* ou *jack* (POPENOE, 1974).

A jaca é cultivada desde a pré-história (PRAKASH *et al.*, 2009). O registro mais antigo do uso da jaca é da Grécia antiga, feita pelo discípulo de Aristóteles, Teofrasto (372 - 287 a.C.) (HORT, 1916 apud KHAN *et al*, 2010). Há, ainda, referência a essa árvore no período entre 1330 a 700 a.C., sendo sua madeira usada como carvão vegetal na região do vale do Rio Ganges, na Índia (SARASWAT, 2004). O médico e naturalista português Garcia da Orta faz referência à jaca em seu livro *Colo-*

quios dos simples e drogas da Índia, escrito em 1563 e publicado em 1891, com a nomenclatura em inglês de *jackfruit* (TEJPAL; AMRITA, 2016).

Acredita-se que a jaca teve sua origem nas florestas tropicais das cordilheiras ocidentais da península indiana, os chamados Gates Ocidentais da Índia (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016; TEJPAL; AMRITA, 2016). No entanto, há controvérsias entre alguns pesquisadores a respeito da origem dessa planta. De acordo com Jarret (1959), não seria possível identificar o progenitor da jaca nem sua exata localização. Segundo Bashar e Hossain (1993) e Haq (2006), a jaca teve sua origem nas Ilhas Andamão, um arquipélago indiano do Mar de Andamão, no Oceano Índico. Outros autores acreditam que ela teve origem na Malásia, devido à grande diversidade dessa fruta na região (BARRAU, 1976).

Um estudo bastante interessante e inovador, feito por Blench (2008), relata que há evidências distintas de jaqueiras tanto na Índia quanto na Malásia. Esse estudo mostra que as origens dos nomes dessa árvore nessas regiões são completamente independentes e não foram transmitidos de um povo para outro, mostrando que a ideia de que a jaca migrou da Índia para o sul da Ásia é controversa. Khan et al. (2009) destaca que existem jaqueiras selvagens, isto é, não cultivadas, em Bangladesh. Isso, segundo o autor, é um indicativo de que a jaca pode ter também se originado nesse país e não ter sido transportada para lá. Mais recentemente, pesquisas em nível molecular estão trazendo à luz novas informações a respeito da exata origem dessa planta. Contudo, este

trabalho ainda não pode ser tão conclusivo, uma vez que as amostras até agora analisadas são apenas das regiões do Japão, Tailândia e EUA (SCHNELL et al., 2001). Disso se conclui que a origem exata da jaca ainda permanece incerta.

O que pode ser afirmado com certeza é que a jaqueira teve sua origem nas florestas do sul da Ásia, particularmente na Índia, Myanmar, China, Sri Lanka, Malásia, Indonésia, Tailândia e Filipinas (PRAKASH et al., 2009). Da Ásia, ela foi para a costa leste da África e de lá se espalhou para os trópicos (HAQ, 2006). No século XVII chegou à América Central, mais precisamente, na Jamaica (TEJPAL; AMRITA, 2016). No século XVIII, a jaca foi introduzida e difundida no Brasil pelos portugueses (OLIVEIRA, 2009). No mesmo século, já era muito popular na América do Norte, especialmente na região estadunidense da Flórida (TEJPAL; AMRITA, 2016).

No Brasil, ela é cultivada em toda a região Amazônica e em toda a costa tropical brasileira, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro. Também pode se desenvolver em regiões de clima semiárido e subtropical, desde que haja a utilização da irrigação artificial, como ocorre no Estado do Ceará. (SOUZA et al., 2009).

A jaqueira é uma árvore de tamanho médio, com altura variando de 8 a 25 metros e diâmetro do tronco de 3 a 7 metros (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016). Algumas árvores podem chegar a até 30 metros de altura, atingindo seu tamanho adulto em cerca de cinco anos. As folhas têm limbo em forma oblonga, isto é, nem arredondada nem quadrada, variando entre o oval e o elíptico.

São mais compridas do que largas, com medidas de 4 a 25 centímetros de comprimento e 2 a 12 centímetros de largura (HAQ, 2006). Quando jovens, as folhas têm lobos, e quando adultas, ficam ovaladas (ELEVITCH; MANNER, 2006).

A jaqueira é uma planta monoica, produzindo flores macho e fêmea na mesma árvore. A floração na Ásia é entre dezembro e março (HAQ, 2006). No Brasil, sua floração ocorre entre dezembro e abril (SOUZA et al., 2009). É considerada a maior fruta comestível do mundo, de acordo com Goswami e Chacrabati (2016). A Figura 1 mostra uma flor masculina e outra feminina e folhas jovens e adultas da *Artocarpus heterophyllus* Lam.

Figura 1 – À esquerda, flor masculina (menor) e flor feminina (maior). À direita, acima, folha jovem com lobos e, abaixo, folha adulta sem lobos



Uma árvore pode produzir até 700 frutos por ano. Seu fruto pode atingir até 50 quilos em massa, com comprimento variando entre 60 a 90 centímetros. A jaca com maior massa encontrada até hoje foi de 81 quilos, na cidade de Panruti, na Índia (AAPARI, 2012). A fruta da jaca é formada por uma parte externa, a casca, e quatro partes internas: a polpa ou bagos, o mesocarpo, o pedúnculo ou eixo e as sementes. A Figura 2 apresenta as quatro partes internas separadamente. O mesocarpo é tudo que está entre a casca e a polpa. O pedúnculo é o eixo central de sustentação da fruta.

Figura 2 - Partes internas da jaca



Fonte: PRETTE, 2012.

Suas partes rotineiramente consumíveis são as sementes cozidas ou assadas e a polpa *in natura* ou desidratada (SWAMI, *et al*, 2012). O mesocarpo e o pedúnculo não são normalmente consumidos, porém, podem servir de alimento na forma de farinha (PRETTE, 2012). A casca pode ser usada na alimentação animal (FONSECA, 2010). Todas as partes da planta produzem um látex que não é consumível como alimento (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016). A Figura 3 mostra a jaca e todas as suas partes, num corte transversal.

Figura 3 – (A) jaca; (B) corte transversal da jaca, mostrando

casca, bagos, mesocarpo, pedúnculo e sementes



Fonte: SWAMI et al., 2012.

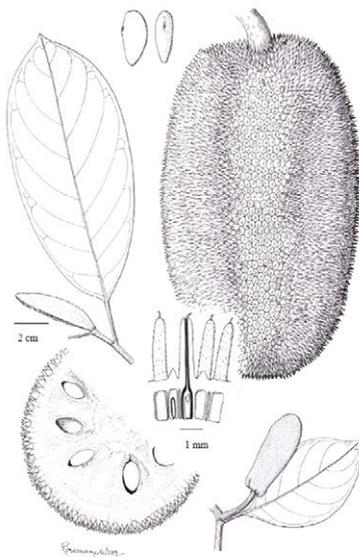
A superfície ou a casca da fruta é muito áspera, fibrosa e com inúmeras saliências piramidais, formadas por partes florais não fertilizadas (NARASIMHAM, 1990). Cada perianto das flores fica carnudo, transformando-se na parte comestível da fruta, seu pericarpo. A semente fica envolta desde o pericarpo, que pode ser amarelo ou amarelo esbranquiçado. Cada conjunto de pericarpo e semente é uma fruta individual: biologicamente, um óvulo que foi fecundado (CORNER, 1938). As sementes medem de 2 a 4 centímetros de comprimento e uma fruta pode conter de 100 a 500 sementes, representando um máximo de 15% da massa da fruta (MADRUGA, *et al.* 2014).

A partir dos estudos de Pushpakumara et al. (1996), sobre polinização biológica, a jaqueira tem a preferência pela polinização feita pelo vento, a anemofilia. A frutificação ocorre em cerca de 70% e 75% de todas as flores fêmeas polinizadas. O fruto verdadeiro da jaca, do ponto de vista morfológico, são exatamente

seus bulbos, ou sua parte comestível (HAQ, 2006). A maturação da fruta ocorre entre 79 a 163 dias, ou em períodos mais longos de 180-240 dias (YAP, 1972). A polpa da fruta oferece cerca de 2 megajoules de energia por quilo de bagos maduros *in natura* (AHMED et al., 1986). Em termos da massa total da fruta, os bagos correspondem a cerca de 30% (OLIVEIRA, 2009). As jaqueiras começam a dar frutos cerca de quatro a oito anos depois de seu plantio (HAQ, 2006).

As inflorescências masculina e feminina crescem separadamente e diretamente do tronco principal da árvore ou em ramos laterais mais velhos. As cabeças das flores masculinas têm formato oblongo de 1 a 4 centímetros de comprimento e 1 centímetro de largura. Quando madura, a cabeça fica coberta com um pólen amarelado. As cabeças das flores femininas são muito parecidas com aquelas masculinas, a diferença é a ausência de pólen naquelas (HAQ, 2006; GOSWAMI; CHACRABATI, 2016). A Figura 4 mostra as características morfológicas de formação de um fruto.

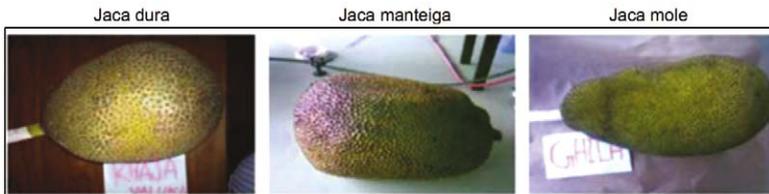
Figura 4 – Características morfológicas da Jaca



Fonte: HAQ, 2006

O fruto da jaqueira pode ser encontrado em três tipos ou variedades diferentes, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Três variedades do fruto da Jaca



Fonte: GOSWAMI; CHAKRABATI, 2010.



CAPÍTULO 2



COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA JACA

Conforme mostrado neste livro, existem muitas informações com respeito à composição química da fruta da jaqueira. Já foram feitos muitos estudos sobre sua polpa e semente. A maioria dos trabalhos aborda a jaca mole em diferentes partes do mundo, especialmente na Ásia, onde seu consumo é maior. Com o objetivo de tornar a leitura deste material mais agradável, estão resumidos, na Tabela 2, os resultados mais recentes a respeito da composição de sua polpa.

Tabela 2 - Composição da polpa da jaca em 100 gramas

COMPOSIÇÃO	JACA MADURA
Umidade (%)	72 a 94
Cinzas (%)	0,8 a 0,9
Lipídeos (%)	0,1 a 0,4
Proteínas (%)	1,2 a 1,9
Fibras (%)	1,0 a 1,5
Carboidratos (%)	16 a 25
Açúcar Total	20,6
Cálcio (mg)	20 a 37
Magnésio (mg)	27
Fósforo (mg)	38 a 41
Potássio (mg)	191 a 407
Sódio (mg)	2 a 41
Ferro (mg)	0,5 a 1,1
Vitamina A (RE)	52 a 162
Tiamina (mg)	0,03 a 0,09
Riboflavina (mg)	0,05 a 0,4
Vitamina C (mg)	7 a 10
Calorias (cal)	88 a 410

Fonte: TEJPAL; AMRITA, 2016.

De acordo com Mukprasirt e Sajjaanantakul (2004), a jaca contém vitaminas A e C, tiamina, riboflavina, cálcio, potássio, ferro, sódio, zinco e niacina em quantidades maiores que as de outros nutrientes. Sua polpa contém também uma diversidade de compostos, especialmente compostos fenólicos, flavonoides,

arilbenzofuranos, carotenoides, lignanas, isoflavonas, saponinas, ácidos voláteis e tiaminas, dependendo da variedade da fruta (SWAMI et al., 2012, apud VAZHACHARICKAL et al., 2015).

Os carotenoides também estão presentes de maneira bem intensa e plural. O trabalho de De Faria et al. (2009) encontrou 18 carotenoides na polpa da jaca *in natura*, totalizando uma massa de 107,98 microgramas dessa classe de compostos. O estudo feito por Soobrattee et al. (2005) revelou que uma porção de 100 gramas de polpa de jaca contém 4 miligramas de niacina ou vitamina B3. Segundo Nur Arina e Azrina (2016), seu conteúdo fenólico total é de 71,1 miligramas equivalente de Ácido Gálico (GAE) / 100 gramas de matéria seca.

Um estudo recente e inédito, feito por Srinivasan e Kumaravel (2016), determinou os principais compostos encontrados no extrato etanólico da polpa da jaca por espectroscopia de massa. Seus resultados identificaram 27 compostos orgânicos diferentes, com predominância do Ácido n-Hexadecanoico ($C_{16}H_{32}O_2$) e da cetona Lup-20(29)-en-3-ona ($C_{30}H_{48}O$). Seus estudos concluíram que a jaca tem predominância de compostos fitoquímicos, como ácidos graxos e esteroides, com grande potencial para as indústrias de alimento, de cosméticos, farmacêutica e de bionanotecnologia.

Apesar da composição química da semente da jaca ser bem conhecida, os resultados variam muito, tanto nos valores como também nos parâmetros analisados. As publicações mais recentes a respeito desse material

vegetal estão mais concentradas na composição química e no rendimento de seu amido bem como na produção de sua farinha. A Tabela 3 resume os resultados mais recentes sobre a composição química da semente da jaca.

Tabela 3 - Composição da semente da jaca em 100 gramas

COMPOSIÇÃO	SEMENTE
Umidade (%)	51 a 64
Cinzas (%)	0,9 a 1,2
Lípídeos (%)	0,4
Proteínas (%)	6,6 a 7,0
Fibras (%)	1 a 1,5
Carboidratos (%)	25 a 38
Cálcio (mg)	50
Magnésio (mg)	54
Fósforo (mg)	38 a 97
Potássio (mg)	246
Sódio (mg)	63,2
Ferro (mg)	1,5

Fonte: GOSWAMI; CHACRABATI, 2016.

Além dos resultados mostrados na Tabela 3, Albuquerque (2011) determinou a composição centesimal das sementes da jaca mole e da jaca dura produzidas no Estado da Paraíba. Para a jaca mole, os resultados indicaram: umidade (48,04%), proteína (7,98%), lipídeos (0,59%) e cinzas (2,16%). Para a jaca dura, encon-

trou os seguintes valores: umidade (58,48%), proteína (5,56%), lipídeos (0,24%) e cinzas (1,48%).

Gupta et al. (2011) analisam os teores de alguns metais com os seguintes resultados: bário (0,275 ppm), estrôncio (0,031 ppm), crômio (0,018 ppm), cádmio (0,010 ppm). Haq (2006), Swami et al. (2012), Vazhacharickal et al., (2015), Goswami e Chacrabati (2016) reportaram também teores de tiamina (0,25 mg), riboflavina (0,11 a 0,30 mg), vitamina A (3,0 a 5,1 RE) e vitamina C (11,0 mg) em cada 100 gramas de semente.

As sementes de jaca também contêm β -caroteno, β -caroteno, β -zeacaroteno e crocetina, principalmente na forma trans (CHANDRIKA et al., 2005; DE FARIA et al., 2009; JAGTAP; BAPAT, 2010; BALIGA et al., 2011). O teor proteico das sementes de jaca é tão alto quanto o da carne vermelha e peixes. A principal proteína presente é a jacalina, encontrada em um teor superior a 50% (VAZHACHARICKAL et al., 2015). Essa proteína está associada a atividades imunológicas (GUPTA et al., 2011).

Estudos realizados com a semente da jaqueira também mostraram seu alto poder antioxidante associado aos seus compostos fenólicos. Os valores encontrados de compostos de natureza fenólica foram de 1,45 – 2,12 μ g GAE/ mg de extrato da semente. Outra substância encontrada e associada a propriedades medicinais foi a saponina (6,32 g/100 g) (GUPTA et al., 2011).

Okoye (2015) analisou qualitativamente e quantitativamente alguns fitonutrientes da semente de jaca e

algumas características físico-químicas do óleo obtido de sua semente. Os resultados estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise fitoquímica da semente da jaca e características físico-químicas do óleo da semente da jaca

SEMENTE		ÓLEO DA SEMENTE	
Fitoquímica	Valores (%)	Características	Valores
Alcalóide	0,55	Índice de Saponificação	149,00 KOH/g
Flavonóide	0,41	Índice de Iodo	54,42 g
Tanino	0,24	Índice de Peróxido	6,4 mg/kg
Saponino	2,74	Índice de Acidez	5,4
Fenol	0,08	Rendimento de óleo	4,99%
HCN	11,58	Ácido Oléico	0,66 g
Ácido Fítico	0,18	Ácido Esteárico	0,62 g
Gordura	4,93	Ácido Carboxílico	0,57 g

Fonte: OKOYE, 2015.

As sementes da jaca são formadas predominantemente por amido. Os teores de amido da semente de jaca publicados recentemente mostram valores bem próximos. Madruga et al. (2014) encontraram valores de 92,8% e 94,5% para as variações mole e dura, respectivamente, de jaqueiras brasileiras do Estado da Paraíba. Madrigal-Aldana et al. (2011), estudando as sementes de jacas mexicanas, reportaram valores de 81,16% para seu teor de amido. Mais recentemente, Zhang et al. (2016), estudando cinco jaqueiras da Chi-

na, encontraram valores de amido nas sementes entre 99,06 e 99,17%.

A farinha da jaca é uma alternativa de produto que está sendo estudada. Seu valor comercial está associado à sua maior durabilidade, já que a semente é rapidamente perecível (GUPTA et al., 2011). Os resultados mais recentes publicados sobre sua composição química estão mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição química da farinha da semente da jaca.

COMPOSIÇÃO	FARINHA /%
Umidade	14,00
Lipídeos	1,10
Cinza	3,01
Proteína	9,00
Fibra	2,55
Carboidrato	70,26

Fonte: ARPIT; JOHN, 2015.

A casca também foi estudada por Moorthy et al. (2017), sendo muito rica em fibras, cálcio e pectina, podendo ser, portanto, uma alternativa alimentar como farinha. Sua casca também produz um látex, que foi estudado por Gohain e Sahu (2016), encontrando na composição deste 71,8% de resina. O látex seco produz artostenona, que se converte em artosterona, que tem uma potente propriedade androgênica, isto é, possui atividade hormonal masculina (GOHAIN; SAHU, 2016).

Além do uso alimentar, existem diversas outras aplicações para a jaca que vão muito além do uso de sua polpa e semente. Na realidade, todas as partes da árvore da jaqueira podem ser utilizadas com benefícios para a saúde humana. A jaca pode ser considerada como um alimento funcional devido aos valiosos compostos que compõem as diferentes partes desta fruta (SWAMI et al., 2012). A sua semente contém a proteína jacalina, que tem sido testada com efeitos positivos na melhora da imunidade de pacientes infectados com o vírus do tipo 1 da imunodeficiência (HAQ, 2006). Theivasanthi e Alagar (2011) estudaram o efeito de nanopartículas da semente de jaca contra as bactérias *Escherichia coli* e *Bacillus megaterium*. Eles concluíram que há muita eficiência contra esses organismos. Todas as partes da jaqueira têm atividades farmacológicas (TEJPAL; AMRITA, 2016). A Tabela 6 resume as principais delas.

Tabela 6 - Principais atividades farmacológicas da jaca

ATIVIDADE FARMACOLÓGICA	PARTES DA PLANTA
1. Anti-infecciosa	
Antifúngica	Folha e semente
Antiviral	Semente
Antibacteriana	Cascas do caule e da raiz, folha e fruto
Anticâncer	Folhas e caule
Antimalárica	Cascas do caule e da raiz



CAPÍTULO 3



AS TÉCNICAS DE ANÁLISE

A conservação dos alimentos é uma preocupação que vem desde o homem pré-histórico. A descoberta do fogo trouxe consigo alguns métodos de conservação de alimentos, como a defumação e a salga. Existem relatos da conservação de carne, por fenícios, usando mel e de povos asiáticos usando a banha (OLIVEIRA, 2009). No entanto, a conservação de alimentos só passou a ser utilizada em maior escala na Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918) devido às forçosas necessidades de se manter os alimentos estocados por períodos longos e em localidades de acesso muito restrito. Com a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1944), houve um vultoso crescimento de metodologias de desidratação de frutas e vegetais (OLIVEIRA, 2009).

Atualmente, é crescente a busca mercadológica por produtos processados de alta qualidades sensorial, nutricional e funcional – não apenas alimentos prontos

para o consumo imediato, mas também produtos como temperos, cremes, conservantes, cereais, frutas desidratadas e muitos outros (LANDIM et al., 2016). Uma das causas da deterioração dos alimentos é a quantidade de água livre neles presente (OLIVEIRA, 2009). Por esse motivo, é necessário encontrar maneiras de aumentar a vida útil dos alimentos, preservando suas características organolépticas e nutricionais.

Secagem é o processo no qual um líquido é eliminado da superfície de um material (CELESTINO, 2010). Neste estudo, “a definição de secagem é a eliminação da água (desidratação) de um alimento sólido, na forma de vapor, por meio de um mecanismo de vaporização térmica numa temperatura inferior à de ebulição da água” (CELESTINO, 2010, p. 9). Algumas propriedades nutritivas do alimento podem ser perdidas, especialmente as vitaminas, em processos com tratamento térmico de secagem. Apesar disso, a desidratação apresenta algumas vantagens em relação ao material *in natura*, como o aumento da vida útil, concentração dos nutrientes por eliminação da água e facilidade de transporte pela compactação e menor massa. Além disso, o processo de secagem é econômico, tem baixo custo, não precisa de mão de obra especializada e os produtos desidratados têm baixo custo de armazenamento (CELESTINO, 2010).

Existem diferentes métodos de secagem de alimentos que podem ser agrupados em dois grandes grupos: a secagem natural e a secagem artificial. A secagem natural é aquela feita pela incidência direta da radiação solar, e a secagem artificial é aquela que faz uso

de algum equipamento para a eliminação da água. A maneira mais comum de se desidratar artificialmente um alimento é utilizando um forno de um fogão residencial. Além disso, existem outros secadores mais especializados, mas que se prestam à mesma função e se baseiam no mesmo princípio do forno residencial, que é o aquecimento. Todavia, nesses secadores mais específicos o aquecimento não é a gás, mas sim a eletricidade, que proporciona um aquecimento em uma temperatura mais controlada e mais constante. Segundo Celestino (2010), dentre esses modelos existem os secadores de bandeja, de túnel, de esteira, de tambor rotativo e de leito fluidizado ou leito de jorro. Além dessas técnicas, há desidratações que se baseiam em outros princípios, como a secagem por atomização, usada para alimentos líquidos, e a liofilização (CELESTINO, 2010).

A liofilização é uma técnica de secagem de alimentos que preserva altos níveis de compostos bioativos totais em frutas quando comparada com a secagem tradicional pela ação do ar e calor (RUDY et al., 2015). A liofilização é recomendada quando existem compostos sensíveis à degradação térmica, como os antioxidantes do tipo tocoferóis, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos (RUDY et al., 2015).

Alimentos liofilizados têm alto valor agregado porque retêm grande parte de seus nutrientes originais já que não empregam altas temperaturas (VIEIRA et al., 2012). No entanto, seu custo de produção ainda é elevado quando comparado ao dos mesmos produtos secos por outras técnicas mais convencionais. Por esse moti-

vo, são necessárias pesquisas que minimizem os custos operacionais para poder oferecer produtos com um preço mais competitivo (VIEIRA et al., 2012).

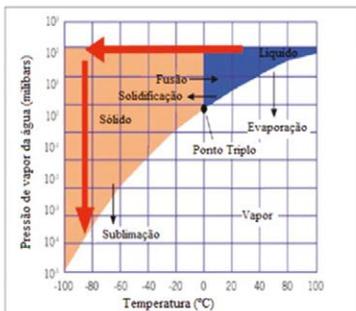
Além disso, a liofilização é conhecida por aumentar a vida útil do alimento, evitando o crescimento de microrganismos e retardando a oxidação lipídica. Esse processo é aplicado para alimentos que serão estocados por um longo período para seu uso em escala industrial (RUDY et al., 2015). As frutas com alto teor de glicídios, como a jaca, são altamente higroscópicas. Essa característica se deve ao estado amorfo de seus açúcares, que retém grandes quantidades de água, contribuindo para a deterioração dos alimentos pela proliferação microbiana, por exemplo (CANUTO et al., 2014).

O registro do primeiro produto alimentar liofilizado vem da América do Sul, no ano de 1890, na preservação de batatas sob condições de vácuo a 0° C (JADHAV; MOON, 2015). Muitos anos mais tarde, o interesse nesse processo, agora chamado liofilização, aumentou significativamente com o número crescente de antibióticos e outros produtos farmacêuticos sensíveis (JADHAV; MOON, 2015).

Do ponto de vista operacional, a liofilização é definida como um método controlado de desidratação por dessecação a vácuo (JADHAV; MOON, 2015). Tecnicamente, a liofilização pode ser definida como um método de desidratação em que a água é congelada e depois eliminada por sublimação e por dessorção (NIREESHA et al., 2013). A liofilização tem que ocorrer em uma condição de pressão e temperatura abaixo do ponto triplo da água para

garantir a completa sublimação do solvente (JADHAV; MOON, 2015). A Figura 6 mostra esse processo.

Figura 6 – Processo de secagem por congelamento com o ponto triplo da água a $0,01^{\circ}\text{C}$ e $0,00603\text{ atm}$



Fonte: NIREESHA et al., 2013.

Enquanto muitos elementos químicos são tóxicos dependendo do grau de exposição, muitos desses elementos também podem ser essenciais ao funcionamento do organismo. Por esse motivo, é fundamental conhecer os limites que tornam um elemento essencial, pouco tóxico, medianamente tóxico ou muito tóxico para um organismo vivo (NUNES, 2009).

Os elementos químicos responsáveis pela manutenção das funções fisiológicas normais, participando de reações químicas no organismo animal, são chamados de elementos essenciais. Em sua ausência, o organismo não consegue completar a reação química, podendo comprometer seu funcionamento ou crescimento. Os elementos essenciais são classificados de acordo com a concentração em que são encontrados nos tecidos ou nos fluidos corporais (NUNES, 2009).

Os elementos essenciais chamados de *maiores* são aqueles cujo teor nos fluidos seja em torno de 1 mg/L e, nos tecidos, menor que 100 mg/kg. Já os elementos encontrados em teores menores que 10 µg/L nos fluidos e menores que 100 mg/kg nos tecidos corporais são classificados como *traço*. Existem, ainda, os *ultra-traços*, com teores menores que 1 µg/L nos fluidos biológicos (NUNES, 2009).

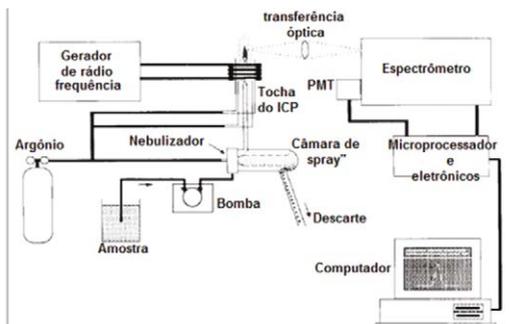
Os elementos de que não se conhece nenhum efeito benéfico são chamados de elementos não-essenciais. Neste grupo, pode-se ter elementos que nos teores de traço podem ser altamente tóxicos. É o caso do arsênio, cádmio, mercúrio e chumbo. Os elementos não-essenciais também podem ser classificados como de média e baixa toxicidade, como alumínio, bismuto, gálio, ouro, lítio, platina, estanho, bário, berílio, níquel, germânio, índio, prata, titânio e telúrio. Nesse grupo estão também alguns elementos essenciais como cobalto, cromo trivalente, cobre, ferro, magnésio, manganês, molibdênio, selênio e zinco (KLAASSEN, 2001).

A análise mineral qualitativa e quantitativa pode ser feita por diversas técnicas de espectroscopia. Neste trabalho, foi usada a técnica de ICP-OES. Em meados dos anos 60, o Plasma Indutivelmente Acoplado, ICP (*Inductively Coupled Plasma*), foi desenvolvido para ser usado na Espectrometria de Emissão Óptica, OES (*Optical Emission Spectrometry*), na Universidade do Estado de Iowa, nos Estados Unidos, e por Fassel e por Greenfield na Albright & Wilson Ltd., na Inglaterra. O primeiro instrumento de ICP-OES disponível comercialmente foi desenvolvido em 1974. Atualmente, o ICP não é apenas a fonte de íons mais popular para OES, mas é também

uma excelente fonte de íons para a Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICPMS). O ICP-OES é um sucesso comercial comprovado. A sua defectibilidade aumentou muito nos últimos 35 anos (HOU; JONES, 2000).

A técnica de ICP-OES é usada em muitos laboratórios devido a algumas características como robustez, o fato de não ser poluente para o meio ambiente e, principalmente, devido à sua capacidade de realizar análise de mais de 70 elementos, incluindo o P e o S (SALIHA; JAAFAR, 2013). Além da calibração e definição dos comprimentos de onda e curvas analíticas usadas, existe também o sistema de introdução da amostra, que é composto por três partes: bomba peristáltica (para a propulsão da solução a ser analisada), nebulizador (responsável por fazer o aerossol) e câmara de nebulização ou câmara de expansão (para permitir que apenas as menores gotículas do aerossol cheguem ao plasma). A Figura 7 resume os principais componentes de um ICP-OES convencional.

Figura 7 – Principais componentes de um equipamento típico de ICP-OES



Fonte: BOSS, FREDEEN, 2004a.

A técnica de ICP-OES tem como diretriz básica a emissão de radiação eletromagnética por átomos/íons. Essa radiação é gerada por um plasma de argônio. Dessa maneira, a parte mais importante desse equipamento é a fonte geradora desse plasma. O plasma é um gás ionizado de argônio que é formado dentro de um equipamento chamado de *tocha*.

A formação do plasma ocorre em várias etapas. Inicialmente, é purgado o gás argônio até o compartimento da tocha. Através da passagem de uma corrente elétrica por uma bobina que envolve a tocha, é gerado um campo magnético que oscila de acordo com o sentido da corrente. Essa oscilação se deve a uma fonte de rádio frequência. Para a maioria dos equipamentos de ICP/OES, o gerador de rádio frequência tem uma frequência de 27 ou 40 MHz. Através de uma descarga elétrica, um ignitor chamado *Tesla* promove a ionização do argônio. Os íons e elétrons gerados são acelerados pelo campo magnético e colidem com diversos átomos de argônio, causando uma ionização em cadeia. O plasma consiste exatamente nessas partículas aceleradas e carregadas (HOU; JONES, 2000; RAINONE, 2011).

O plasma de argônio tem uma temperatura muito elevada, podendo chegar a até 10.000 K. Essa alta temperatura é uma das grandes vantagens do uso do ICP em relação a outras técnicas. Outro aspecto importante do uso do plasma de argônio é a elevada energia média de seus íons, de cerca de 15,76 eV. Como a energia média dos metais varia de 7 a 8 eV, a energia do plasma é suficiente para garantir a excitação e a emissão desses analitos. Essa energia é consumida pelo aerossol que chega ao plasma durante os vários processos que ocor-



CAPÍTULO 4



MÉTODO DE ESTUDO DA JACA

Os procedimentos experimentais utilizados são baseados na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL) de 2008. A variedade da jaca mole foi adquirida junto ao comércio da cidade de Santa Cruz-RN. A variedade da jaca dura foi adquirida junto ao comércio da cidade de Macaíba-RN. A condução dessa metodologia teve por objetivo:

- determinar, nas sementes desidratadas, nas polpas desidratadas e nas polpas liofilizadas da jaca mole e da jaca dura, produzidas no Estado do RN, a composição química de umidade, lipídeos, cinza, proteína, carboidrato, Ca, Mg, K, Na, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn;
- determinar nas polpas *in natura* da jaca mole

e da jaca dura, produzidas no Estado do RN, a composição química de Ca, Mg, K, Na, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn.

Além disso, foram feitas as comparações entre alguns resultados, sendo estes analisados com teste estatístico, como identificado abaixo:

- as sementes de jaca mole e de jaca dura;
- as polpas desidratadas de jaca mole e de jaca dura;
- as polpas desidratadas em estufa e liofilizadas de jaca mole e de jaca dura.

As metodologias de cada um dos parâmetros estudados estão descritas resumidamente a seguir. Informações mais detalhadas poderão ser encontradas na dissertação que dá origem a este livro.

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE – MÉTODO CLÁSSICO

As jacas mole e dura foram lavadas com água destilada e abertas. As sementes foram separadas da polpa e trituradas em um liquidificador com pás de metal. Foram separados quatro recipientes de vidro de dimensões de 20 cm de largura por 25 cm de comprimento, onde foram acondicionadas, separadamente, as sementes trituradas e as polpas das duas variedades de jaca. Em doze cápsulas de porcelana de 8 cm

de diâmetro, limpas, secas e com massas previamente determinadas, foram colocadas as amostras e levadas para a estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, com circulação forçada de ar e com medição de massa a cada 3 h até massa constante.

DETERMINAÇÃO DE CINZAS

A metodologia se baseia na queima de toda a matéria orgânica seguida de incineração no forno do tipo mufla. A matéria inorgânica que permanece são as cinzas. Doze cadinhos de porcelana de 4 cm de diâmetro, limpos, secos e com massas previamente determinadas, foram separados para acondicionar as amostras desidratadas da polpa e das sementes pulverizadas das jacas mole e dura. Em seis outros cadinhos, em iguais condições e mesmas dimensões, foram colocadas as amostras das polpas pulverizadas das duas variedades de jaca desidratadas por liofilização. Os cadinhos com as amostras foram aquecidos no bico de Bunsen até não sair mais fumaça e colocados na mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 h.

DETERMINAÇÃO DE LIPÍDEOS

O método se baseia na extração de lipídeos via Soxhlet usando éter etílico a quente como solvente. Na determinação de lipídeos, as amostras da semente, da polpa desidratada e da polpa liofilizada foram pesadas e colocadas em cartuchos de papel toalha de 8 cm de

altura e 2 cm de diâmetro. Os cartuchos e o solvente foram colocados separadamente no extrator de Soxhlet. O sistema ficou em refluxo por 4 h. Foi utilizado um cartucho vazio como branco.

DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS

Foi utilizado o método de Kjeldahl para a determinação do teor de nitrogênio total de origem orgânica. O procedimento se baseou na digestão das amostras pulverizadas da polpa desidratada, da polpa liofilizada e das sementes da jaca mole e da jaca dura, por 4 horas, a 350° C, com 4 mL de ácido sulfúrico concentrado por amostra e 2,05 g da mistura homogênea catalisadora de sulfato de potássio e sulfato de cobre II, na proporção de 4:1 por amostra. Dessa forma, todo o carbono e o hidrogênio foram reduzidos a gás carbônico e água e o nitrogênio das amostras foi reduzido a sulfato de amônio. Cada uma das amostras digeridas foi então destilada em meio alcalino pela adição de uma solução de hidróxido de sódio 40%. Esse procedimento levou o nitrogênio, ora reduzido a sulfato de amônio, a ser liberado na forma gasosa de amônia. Essa amônia foi recolhida em um erlenmeyer com 25 mL de ácido bórico, formando o borato de amônio, o qual foi quantificado por titulação com ácido clorídrico 0,1028 mol/L padronizado com carbonato de sódio. Nessa titulação, foi usado como indicador a mistura de azul de metileno e vermelho de metila na proporção de 3:1. O mesmo procedimento

foi feito para a determinação do volume de HCl gasto na titulação do branco. O fator de conversão usado foi 6,25. As equações químicas do procedimento de determinação de proteínas estão mostradas abaixo.

DETERMINAÇÃO DE CARBOIDRATOS

A determinação de carboidrato foi feita pela diferença de massa entre o teor percentual de matéria seca e a soma dos teores percentuais de cinzas, lipídeos e proteínas.

DESIDRATAÇÃO POR LIOFILIZAÇÃO

As polpas das jacas mole e dura foram acondicionadas em três recipientes plásticos tarados para cada variedade, totalizando seis recipientes. As massas do conjunto “amostra” e “recipiente” foram medidas. As amostras foram colocadas no congelador para a preservação da composição. Após esse congelamento inicial, as amostras foram partidas em pedaços grandes e colocadas em nitrogênio líquido. Em seguida, elas foram acondicionadas no liofilizador, permanecendo lá por 72 horas. Depois da liofilização, as amostras foram pesadas, retiradas dos recipientes e pulverizadas no almofariz com o pistilo. As amostras pulverizadas foram guardadas no dessecador para futuras análises.

DETERMINAÇÃO DOS MINERAIS

As cinzas foram dissolvidas com ácido nítrico a 10%. Esse conteúdo foi filtrado num funil de vidro com papel de filtro e transferido para o balão volumétrico com auxílio de um bagueta. O volume do balão volumétrico foi completado com água destilada, as amostras foram homogeneizadas e transferidas para frascos plásticos para posterior análise no ICP-OES.

TRATAMENTO DOS DADOS

Quando os resultados da análise de uma mesma variável em plantas diferentes não são iguais, é necessário fazer uso de algum tratamento estatístico para poder mensurar se essas diferenças são significativas ou não. Um dos testes indicados é o *teste t de Student*. Os valores da maioria dos parâmetros analisados para as diferentes variedades da jaca apresentaram aparente disparidade. Para avaliar o grau de semelhança, foram realizados testes t de Student pareados, num nível de 95% de confiança, com as triplicatas de cada parâmetro ou com as duplicatas quando algum valor tinha uma disparidade muito grande e devia ser descartado.

Em cada comparação, foi verificada a hipótese de igualdade entre cada parâmetro das propriedades bromatológicas e a hipótese de igualdade entre o teor de cada metal nas propriedades minerais. Apenas na comparação entre a polpa desidratada na estufa e liofilizada de cada variedade só foi avaliada a hipótese de



CAPÍTULO 5



RESULTADOS ANALÍTICOS

Para organizar melhor a exposição dos resultados, serão apresentados, num primeiro momento, os resultados das análises das sementes da jaca dura e da jaca mole, iniciando pela análise dos parâmetros físico-químicos, seguida da análise da composição mineralógica. Num segundo momento, serão apresentados os resultados das análises das composições físico-química e mineralógica das polpas das duas espécies de jaca desidratada e a composição mineralógica da polpa *in natura* bem como o efeito da liofilização sobre suas composições. Todos os coeficientes de variação estiveram abaixo de 3%. Todos os testes estatísticos foram retirados deste material por este livro se tratar de uma publicação mais voltada ao público em geral. Esses testes são encontrados na dissertação original.

5.1 SEMENTE

Os parâmetros físico-químicos analisados nas sementes das duas espécies de jaca foram umidade, carboidrato, proteína, cinza e lipídeos. Os resultados e seus desvios padrão estão mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição físico-química das sementes de jaca mole e dura (%)

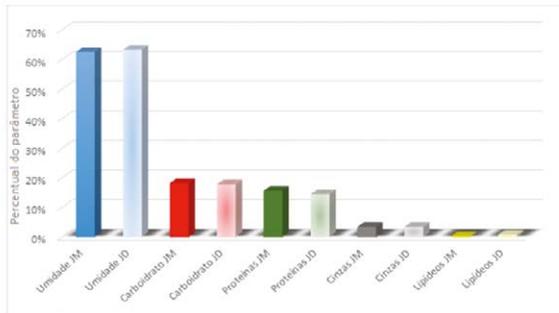
	JACA MOLE	JACA DURA
Umidade ^b	62,54 ± 0,09	63,32 ± 0,02
Carboidrato ^b	18,8 ± 0,1	17,9 ± 0,2
Proteína ^b	14,9 ± 0,2	14,5 ± 0,3
Cinza ^b	3,46 ± 0,03	3,45 ± 0,04
Lipídeos ^a	0,4 ± 0,1	0,9 ± 0,1

Fonte: elaborada pelo Autor.

a = diferença significativa a 95% de confiança; b = diferença não significativa a 95% de confiança

Os resultados apresentados mostram que, do ponto de vista físico-químico, há uma semelhança significativa nos teores de umidade, proteína, cinza e carboidrato. A única diferença significativa é no teor de lipídeos. A semente da jaca dura tem um teor de lipídeos 2,25 vezes maior que a semente da jaca mole. A Figura 9 ilustra esses resultados graficamente.

Figura 9 – Composição físico-química das sementes das jacas mole e dura



Fonte: elaborada pelo Autor.

De acordo com a publicação mais recente de Goswami e Chacrabati (2016), onde foi estudada a jaca da região da Índia, sem se especificar qual a variedade da fruta, o teor de umidade está dentro dos valores por eles reportados (51% a 64%). O teor de carboidrato (25% a 34%) ficou um pouco abaixo. O teor de proteína (6,6% a 7,0%) e o teor de cinzas (0,9% a 1,2%) foram bem maiores nas sementes das jacas norte-rio-grandenses. O teor de lipídeos por eles reportados (0,4%) foi intermediário em relação àqueles medidos nas jacas brasileiras.

Um trabalho muito parecido foi feito por Gupta et al. (2011), estudando a jaca da Índia, sem se especificar qual a variedade. Eles estudaram os mesmos parâmetros físico-químicos, encontrando resultados muito parecidos: 61,8% de umidade, 26,2% de carboidrato, 11,8% de proteína e 1,0% de lipídeos. O teor de cinzas de 0,15% foi bem inferior.

Tendo como base o estudo de Abedin et al. (2012), em que foram analisadas as sementes da jaca mole e da jaca dura da região de Bangladesh, os resultados de proteína foram bem consistentes (14,8% - JM e 13,1% - JD). Os dados de cinzas foram próximos, embora variando muito entre si (2,1% - JM e 4,1% - JD). Os teores de umidade foram bem mais baixos (42,2% - JM e 35,9% - JD). Neste estudo, não foram analisados nem lipídeos nem carboidratos.

Comparando os resultados obtidos com a jaca brasileira, um estudo recente e relevante é o de Prette (2012), em que foi estudada a jaca mole produzida no Estado de São Paulo. Os teores de umidade (74,9%) e de lipídeos (0,53%) foram um pouco maiores, os teores de cinza (3,38%) e de proteína (15,51%) foram equivalentes e os carboidratos não foram medidos neste estudo.

O trabalho que melhor serve de comparação é aquele escrito por Albuquerque (2011), em que foram estudadas as sementes das jacas mole e dura produzidas no município de João Pessoa, no Estado da Paraíba. Os resultados de Albuquerque (2011) revelaram umidade bem inferior (48,08% - JM e 58,48% - JD), assim como proteína (7,98% - JM e 5,56% - JD), lipídeos bem próximos (0,59% - JM e 0,24% - JD) e cinzas também próximas (2,16% - JM e 1,48% - JD). Não foi analisado carboidrato.

Foram selecionados os seguintes metais para este estudo: cálcio, cobre, ferro, magnésio, cromo, manganês, potássio, sódio, zinco, níquel e cobalto. Até o mo-

mento, não foi encontrado nenhum registro na literatura de um único trabalho em que tenha sido feito um estudo comparativo da composição mineralógica das sementes da jaca mole e da jaca dura envolvendo um grupo tão vasto de metais. Os resultados dessa análise estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição química dos metais nas sementes da jaca mole e da jaca dura (mg/100g de amostra seca)

METAIS	JACA MOLE	JACA DURA
Cálcio ^a	66,5 ± 0,4	87,2 ± 0,6
Cobre ^b	0,72 ± 0,01	0,75 ± 0,02
Ferro ^a	2,5 ± 0,1	1,7 ± 0,1
Magnésio ^c	249 ± 1	209 ± 13
Cromo	<LD*	0,03 ± 0,0
Manganês ^a	0,79 ± 0,03	0,50 ± 0,05
Potássio ^c	1482 ± 2	1510 ± 39
Sódio ^a	5,07 ± 0,07	27,86 ± 0,07
Zinco ^c	2,3 ± 0,1	7 ± 1
Níquel	<LD*	<LD*
Cobalto	<LD*	<LD*

Fonte: elaborada pelo Autor.

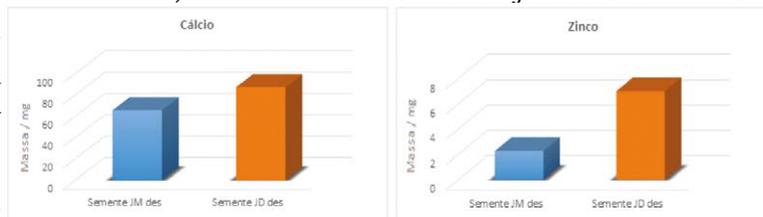
* <LD = menor que o limite de detecção do elemento (Ni e Co - 0,0006 mg/L, Cr - 0,0027 mg/L)

a = diferença significativa a 95% de confiança; b = diferença não significativa a 95% de confiança;

c = não foi possível fazer a análise de significância.

De um modo geral, comparando o total de metais, as sementes das duas variedades de jaca têm alguma semelhança. A jaca dura e a jaca mole apresentaram 1844 mg e 1808 mg, respectivamente, de metais em 100 g de matéria seca. No entanto, analisando individualmente cada metal, as sementes das duas variedades de jaca são bem distintas. As variações mais significativas foram nas concentrações de cálcio, ferro manganês e sódio. A concentração de cobre é significativamente igual. Não foi detectado níquel nem cobalto. O cromo foi encontrado apenas nas sementes de jaca dura e num teor muito baixo, de 0,03 mg/L.

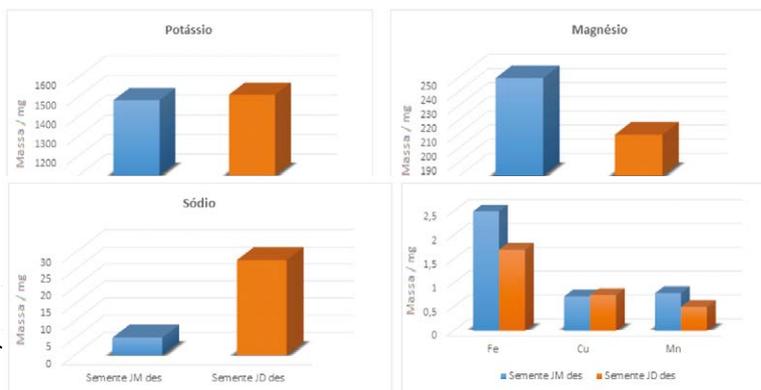
As medidas referentes à determinação dos teores de potássio, magnésio e zinco nas sementes de jaca mole foram muito reprodutíveis, apresentando desvios padrão bem baixos, conforme foi mostrado na Tabela 8. No entanto, as medições para esses mesmos analitos nas sementes de jaca dura apresentaram um desvio padrão bem maior, embora com coeficiente de variação baixo e aceitável. Dessa maneira, quando aplicado o teste *t* de Student pareado numa significância de 95%, comparando o teor de potássio entre as duas variedades de sementes, o valor da variância da jaca dura foi muito



tássio e o magnésio, respectivamente. A concentração de potássio nas sementes das duas variedades de jaca

é bem elevada, sendo um pouco superior na jaca dura (1482 mg - JM e 1510 mg - JD). A semente da jaca mole é cerca de 16% mais rica em magnésio que a jaca dura (249 mg - JM e 209 mg - JD).

Figura 10 – Teores de potássio e magnésio nas sementes de jaca mole e de jaca dura (mg/100g amostra seca)



três vezes maiores nas sementes de jaca dura (7,0 mg contra 2,3 mg).

Figura 11 – Teores de cálcio e zinco nas sementes de jaca mole e de jaca dura (mg/100g amostra seca)

Fonte: elaborada pelo Autor.

A Figura 12 ilustra as concentrações de sódio, ferro, cobre e manganês. As sementes da jaca dura apresentam um teor significativo de sódio, cerca de 5,5

vezes maior que aquele encontrado nas sementes de jaca mole (27,86 mg contra 5,07 mg). O teor de ferro foi significativamente mais acentuado nas sementes de jaca mole (2,5 mg contra 1,7 mg). Os valores de cobre são significativamente iguais nas espécies analisadas (0,72 mg - JM contra 0,75 mg - JD) e o teor de manganês é, significativamente, cerca de 37% maior nas sementes de jaca dura (0,79 mg contra 0,50 mg).

Figura 12 – Teores de sódio, ferro, cobre e manganês nas sementes de jaca mole e de jaca dura (mg/100g amostra seca)

Fonte: elaborada pelo Autor.

No entanto, os valores reportados pela literatura variam muito, não existindo uma uniformidade. Isso deve ser atribuído, especialmente, ao vasto espaço em que a planta é cultivada, uma vez que ela cresce em muitas regiões diferentes do mundo. Pensando apenas no território brasileiro, ainda assim, os resultados de análise de metal são bem plurais. A única concordância está no potássio como sendo o mais abundante. Como nunca foi reportado nenhum trabalho específico sobre a semente da jaca norte-riograndense, as referências comparativas ficam bem limitadas.

Um trabalho que pode ser também usado como comparação é o de Ocloo et al. (2010), com a ressalva de que foi feita a análise mineralógica da farinha da semente da jaca produzida no país africano de Gana, sem especificar a variação, mole ou dura. Os teores de potássio (1478,1 mg/100g), cobre (1,0 mg/100g) e sódio (6,1 mg/100g) estiveram bem próximos daqueles encontrados para a jaca mole, magnésio foi superior (338,0 mg/100g), ferro (13,1 mg/100g) e cálcio (308,7 mg/100g) foram bem superiores, manganês ficou bem abaixo (0,12 mg/100g) e zinco ficou fora do limite de detecção.

5.2 POLPA

As polpas da jaca mole e da jaca dura foram submetidas à desidratação na estufa e foram determinadas suas composições físico-química e inorgânica. Para verificar o efeito da liofilização sobre estas composições, as polpas da jaca dura e da jaca mole foram liofilizadas e os mesmos estudos minerais e bromatológicos foram realizados e comparados com o material desidratado na estufa. Além disso, devido ao consumo da fruta ser feito no seu aspecto natural, foi feita a estimativa do conteúdo mineralógico da fruta *in natura*, exatamente como ela é usada na alimentação. Todos os coeficientes de variação estiveram abaixo de 3%.

Nas polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa, foram analisados os parâmetros físico-químicos de umidade, carboidrato, proteína, cinza

e lipídeos. Os resultados das análises bromatológicas das polpas da jaca mole e da jaca dura, após o procedimento, estão mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição físico-química das polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa (%)

	JACA MOLE	JACA DURA
Umidade ^a	80,1 ± 0,4	71,9 ± 0,7
Carboidrato ^a	8,7 ± 0,6	16,4 ± 0,7
Proteína ^a	6,7 ± 0,2	6,4 ± 0,4
Cinza ^a	4,37 ± 0,01	3,78 ± 0,02
Lipídeos ^a	0,16 ± 0,07	1,53 ± 0,05

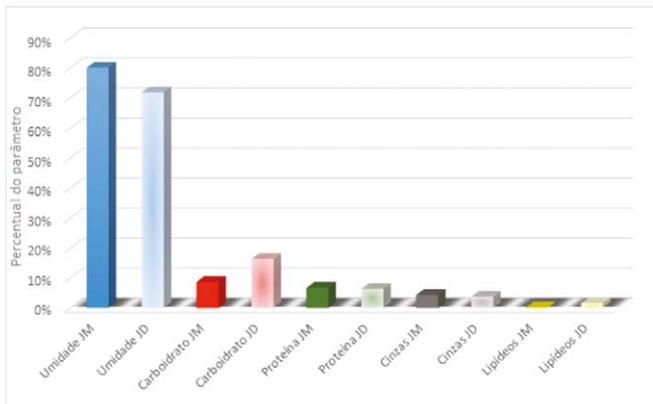
Fonte: elaborada pelo Autor.

a = diferença significativa a 95% de confiança; b = diferença não significativa a 95% de confiança

Do ponto de vista físico-químico, os resultados apresentados mostram uma grande distinção entre as duas polpas destas espécies de jaca. A jaca dura tem significativamente 10% menos umidade e tem um teor de carboidrato significativamente duas vezes maior que o da jaca mole. No entanto, a propriedade mais variante foi o índice de lipídeos. A jaca dura tem significativamente 9,5 vezes mais lipídeos que a jaca mole. A quantidade de proteína é significativamente igual e o teor de cinzas é significativamente superior na jaca mole. A quantidade de cinzas é 14% maior na jaca mole, evidenciando uma maior quantidade de compo-

nentes minerais nessa espécie. A Figura 13 ilustra esses dados comparativos.

Figura 13 – Composição físico-química das polpas de jaca mole e jaca dura desidratadas na estufa



Fonte: elaborada pelo Autor.

Os resultados reportados pela literatura são muito distintos, a exemplo do que aconteceu com a análise das sementes. Isso se deve, provavelmente, à diferença de solos onde cada jaqueira cresce, à disponibilidade de água e aos nutrientes. No trabalho mais recente de Tejpal e Amrita (2016), não é especificado qual a variação, mole ou dura, da jaca proveniente da Ásia foi estudada. Os valores de umidade são entre 76% a 85%, carboidrato 23,5%, proteína 1,72%, lipídeos 0,64% e cinzas não foram mensuradas.

Outro trabalho bastante relevante é o de Goswami e Chacrabati (2016), estudando a jaca da Índia, sem especificar a variedade. O índice de umidade é de 72%

a 94%, carboidrato de 16% a 25%, proteína de 1,2% a 1,9%, cinzas de 0,8% a 0,9% e lipídeos de 0,1% a 0,4%. Desses resultados, é possível perceber que as jacas provenientes da região asiática têm um percentual proteico e de cinzas menor do que o daquela do hemisfério sul.

Comparando os resultados com uma jaqueira do Brasil, o trabalho mais relevante é o de Oliveira (2009), estudando a polpa da jaca mole do Estado do Rio de Janeiro. Seu trabalho encontrou umidade de 73,07%, carboidrato 16,69%, proteína 6,63%, cinzas 3,31% e lipídeos 0,30%. Estes resultados se aproximam daqueles encontrados com este estudo para a jaca mole, mostrando que a influência do solo e tipo de clima são muito determinantes na composição bromatológica.

Foram selecionados os seguintes metais: cálcio, cobre, ferro, magnésio, cromo, manganês, potássio, sódio, zinco, níquel e cobalto. Até o momento, não foi encontrado na literatura qualquer trabalho que aborde a análise de um grupo tão vasto de metais na polpa da jaca, muito menos uma análise deste tipo, comparando as duas variedades da fruta. A Tabela 10 resume os resultados da análise da composição mineral das polpas da jaca mole e da jaca dura desidratadas em estufa.

Tabela 10 - Composição química dos metais nas polpas da jaca mole e da jaca dura desidratadas na estufa (mg/100g de amostra seca)

METAIS	JACA MOLE	JACA DURA
Cálcio ^c	71 ± 15	129 ± 4
Cobre ^a	0,57 ± 0,03	0,48 ± 0,01
Ferro ^b	1,45 ± 0,07	1,11 ± 0,07
Magnésio ^c	328 ± 21	232 ± 8
Cromo	0,03 ± 0,00	<LD*
Manganês ^a	0,77 ± 0,03	0,57 ± 0,02
Potássio ^c	2373 ± 133	1600 ± 27
Sódio ^a	33,2 ± 0,5	17,4 ± 0,3
Zinco ^b	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2
Níquel	<LD*	<LD*
Cobalto	<LD*	<LD*

Fonte: elaborada pelo Autor.

* <LD = menor que o limite de detecção do elemento (Ni e Co - 0,0006 mg/L, Cr - 0,0027 mg/L)

a = diferença significativa a 95% de confiança; b = diferença não significativa a 95% de confiança

c = não foi possível fazer a análise de significância.

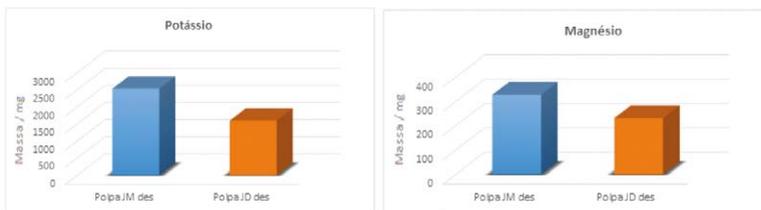
De um modo geral, comparando as duas variedades de jaca, existe uma grande diferença em suas composições quanto à concentração dos metais analisados. A jaca mole tem um quantitativo de metais maior, de 2809,85 mg contra 1982,29 mg da jaca dura por 100 g de amostra seca. As variações estatisticamente significativas foram nos teores de sódio, cobre e manganês. Níquel e cobalto não foram detectados e cromo só

foi observado na polpa da jaca mole e num teor muito baixo, de 0,03 mg/L.

A comparação entre as variedades de polpa de jaca para os teores de cálcio, magnésio e potássio não pode ser feita com significância estatística, considerando 95% de probabilidade, uma vez que as variâncias foram muito altas para a jaca mole. Eses desvios podem ter origem em erros operacionais, como preparo da curva analítica inadequado para essas amostras. No entanto, mesmo sem a significância estatística, os resultados tiveram desvio aceitável, considerando que o coeficiente de variação ficou abaixo de 3%.

A Figura 14 ilustra as diferenças nas concentrações de potássio e magnésio na polpa das jacas. A jaca mole tem cerca de 33% mais potássio que a jaca dura (2373 mg contra 1600 mg). As concentrações magnesianas nas polpas da jaca mole e da jaca dura têm valores muito diferentes. A polpa da jaca mole tem cerca de 29% mais magnésio que a polpa da jaca dura.

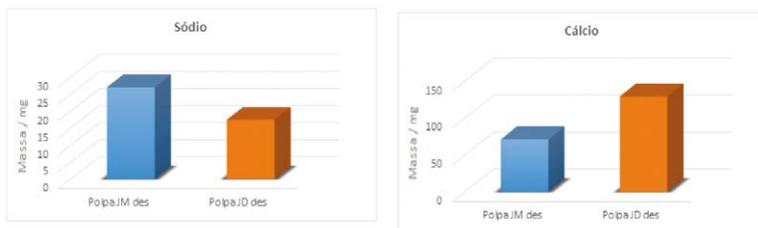
Figura 14 – Teores de potássio e magnésio nas polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa (mg/100g amostra seca)



Fonte: elaborada pelo Autor.

A Figura 15 mostra as concentrações de sódio e cálcio nas polpas de jaca mole e de jaca dura. A polpa da jaca mole tem significativamente 47% mais sódio que a polpa da jaca dura. O teor de cálcio da jaca dura é 45% maior do que aquele da jaca mole (129 mg contra 71 mg). A análise estatística para a concentração de cálcio não pôde ser realizada de modo satisfatório. No entanto, considerando a importância desse metal na possível justificativa da diferença de consistência entre as duas variedades de jaca, foi feita a análise estatística para o teor de cálcio nas polpas liofilizadas de jaca mole e de jaca dura. O resultado desse teste mostrou que a diferença entre as concentrações deste metal é significativa com 95% de confiança.

Figura 15 – Teores de sódio e cálcio nas polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa (mg/100g amostra seca)

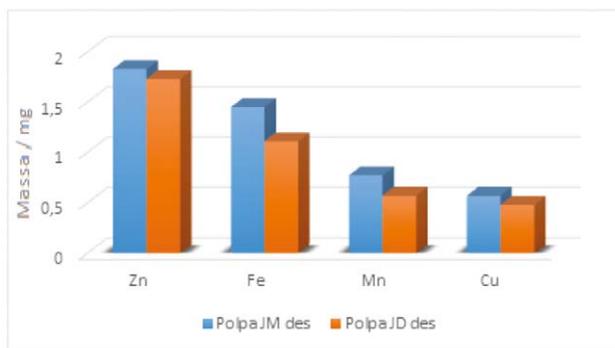


Fonte: elaborada pelo Autor.

A Figura 16 traça um perfil comparativo das concentrações de zinco, ferro, manganês e cobre. A concentração de zinco é significativamente a mesma nas duas variedades de jaca (1,8 mg – JM e 1,7 mg – JD). A diferença mais significativa é no teor de manganês. A

polpa de jaca mole tem 26% mais manganês (0,77 mg contra 0,57 mg) que a polpa da jaca dura. A concentração de cobre na jaca mole é significativamente maior (0,57 mg contra 0,48 mg), o que equivale a 16% a mais desse metal. O teor de ferro nas polpas das variedades de jaca estudadas foram 1,45 mg para a jaca mole e 1,11 mg para a jaca dura. O teste *t* pareado revelou serem as concentrações de ferro nas jacas mole e dura significativamente iguais.

Figura 16 – Teores de zinco, ferro, manganês e cobre nas polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa (mg/100g amostra seca)



Fonte: elaborada pelo Autor.

Um trabalho recente que pode ser usado como comparativo é o de Tejpal e Amrita (2016). Sempre se deve ter a ressalva de que se trata da análise de uma fruta de procedência asiática, portanto, de um solo e de recursos hídricos bem distintos da jaca produzida no nordeste brasileiro, e sem especificar a variação mole ou dura. Seus resultados são bastante distintos. O teor de potás-

sio foi o mais alto (303 mg/100g de amostra seca), porém, muito abaixo do resultado deste trabalho. Magnésio também foi o segundo mais abundante (37 mg/100g de amostra seca), porém, muito distante do valor da jaca potiguar, o mesmo acontecendo com o teor de cálcio (34 mg/100g de amostra seca). O nível de sódio vem a seguir, com apenas 3,3 mg/100g de amostra seca. Os teores de ferro (0,6 mg/100g de amostra seca), zinco (0,42 mg/100g de amostra seca) e manganês (0,197 mg/100g de amostra seca) foram os menos abundantes das análises deste trabalho. Realmente existe uma correlação em termos de abundância relativa de cada metal, na ordem potássio, magnésio, cálcio e sódio, no entanto, os valores são bem diferentes.

Dos trabalhos reportados com resultados de estudo mineralógico de jacas nacionais, são analisados um grupo muito restrito de metais. O trabalho que melhor serve de comparação é o de Lemos et al. (2012), em que foram estudadas as jacas mole e dura do Estado do Ceará. Todavia, foram analisados apenas cálcio e ferro. Seus resultados da análise de cálcio para a jaca mole ficaram um pouco mais próximos (51,11 mg/100g de amostra seca), mas, para a jaca dura, foram muito diferentes (25,93 mg/100g amostra seca). Para os teores de ferro, os resultados também foram diferentes (0,27 mg/100g de amostra seca – JM e 0,40 mg/100g de amostra seca – JD).

Isso evidencia a pluralidade de características mineiras que o mesmo tipo de fruto pode ter, tendo crescido num solo diferente. Deste modo, as comparações ficam

muito aleatórias e pouco conclusivas, sendo o mais adequado considerar cada fruta de cada região como um tipo único e específico, com características e composições próprias.

5.3 POLPA *IN NATURA*

É importante mencionar que, na literatura, não foi encontrado até agora nenhuma publicação a respeito do conteúdo dessa fruta em seu aspecto natural, sendo, portanto, esta exposição uma análise inédita e de grande valia. O propósito principal em determinar as concentrações dos metais da polpa *in natura* não é a comparação dos teores desses metais nas amostras desidratadas e/ou liofilizadas, mas, sim, fornecer uma informação nutricional de um produto largamente consumido nas mais variadas formas, principalmente *in natura*, por todo o mundo. A Tabela 11 mostra os resultados deste estudo.

Tabela 11 - Composição química das polpas da jaca mole e da jaca dura *in natura* (mg/100g de amostra *in natura*)

PARÂMETROS**	JACA MOLE	JACA DURA
Cálcio	14 ± 3	36 ± 1
Cobre	0,11 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Ferro	0,29 ± 0,01	0,31 ± 0,02
Magnésio	65 ± 4	65 ± 2
Cromo	0,01 ± 0,00	<LD*
Manganês	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,01

PARÂMETROS**	JACA MOLE	JACA DURA
Potássio	472 ± 26	449 ± 8
Sódio	6,6 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Zinco	0,36 ± 0,01	0,49 ± 0,05
Níquel	<LD*	<LD*
Cobalto	<LD*	<LD*

Fonte: elaborada pelo Autor.

* <LD = menor que o limite de detecção do elemento (Ni e Co - 0,0006 mg/L, Cr - 0,0027 mg/L)

** não foi feita análise estatística de significância para estes resultados.

Os metais mais abundantes na polpa das variedades de jaca são o potássio e, em seguida, o magnésio e o cálcio. Os teores são muito menores do que quando comparados com os mesmos materiais desidratados e liofilizados, devido à presença da água. Desse modo, para uma mesma massa de material vegetal desidratado, o produto *in natura* terá muito menos polpa de jaca devido à água contida na amostra.

A composição inorgânica das polpas da jaca mole e da jaca dura *in natura* são muito parecidas. Os valores mais discordantes são as concentrações de cálcio, sódio e zinco. Os teores de potássio, ferro, cobre, magnésio e manganês são muito próximos ou mesmo iguais. É interessante observar que, quando foram comparadas as concentrações dos metais nas polpas desidratadas, a jaca mole teve concentração superior à da jaca dura em todos os metais, exceto cálcio.

A Figura 17 mostra os valores de sódio e de cálcio. A concentração de sódio nas matrizes *in natura* (6,6 mg – JM e 4,9 mg – JD) é bastante próxima. Como não foi feita análise estatística dos resultados *in natura*, não é possível fazer afirmações em termos de significância. A jaca dura *in natura* tem um teor de cálcio muito superior ao da jaca mole (14 mg – JM e 36 mg – JD). Essa grande diferença, também encontrada na polpa desidratada e comprovada estatisticamente na polpa liofilizada, pode ser considerada como um dos principais fatores para a diferença na consistência da polpa da jaca dura comparada com a polpa da jaca mole.

Figura 17 – Teores de sódio e cálcio nas polpas de jaca mole e de jaca dura *in natura* (mg/100g amostra *in natura*)



Fonte: elaborada pelo Autor.

Como o próprio nome sugere, a polpa de jaca dura é bem mais firme que a polpa da outra variedade. Como o cálcio é um metal associado à estruturação, ele pode ser o responsável pela maior firmeza dessa polpa. Segundo o trabalho de 2012 de Lemos et al., as concentrações das polpas da jaca mole e da jaca dura brasileiras também foram bastante diferentes (51,11 mg – JD e 25,93 mg – JM), embora esse resultado seja

para o material desidratado. O fato de o resultado desta pesquisa se referir ao material vegetal *in natura* somente referenda mais a conclusão de ser o cálcio um dos prováveis responsáveis pelas diferentes consistências das duas variedades de jaca.

A Figura 18 mostra as diferenças nas concentrações de potássio e de magnésio para as polpas *in natura* da jaca dura e da jaca mole. A jaca mole tem um teor 5% maior de potássio que o da jaca dura (472 mg – JM e 449 mg – JD). O teor de magnésio nas polpas *in natura* foi o mesmo.

Figura 18 – Teores de potássio e de magnésio nas polpas de jaca mole e de jaca dura *in natura* (mg/100g amostra *in natura*)

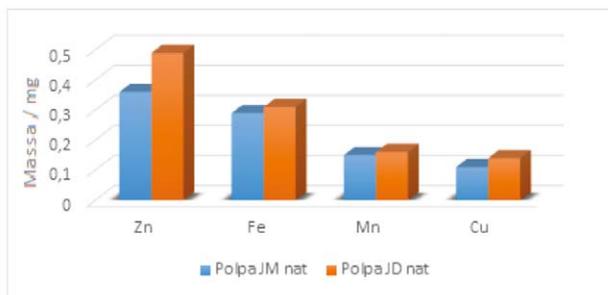


Fonte: elaborada pelo Autor.

Esse dado é bastante interessante, pois a jaca mole tem cerca de 29% mais Mg nas amostras desidratadas. No entanto, devido ao teor de umidade 10% maior na variedade mole, há uma compensação, equiparando as quantidades de magnésio. Sendo assim, o consumo desse importante metal para o melhoramento da retenção de cálcio pelo organismo humano, por exemplo, é equivalente nessas duas espécies.

A Figura 19 mostra os valores de concentração de zinco, ferro, manganês e cobre para as matrizes *in natura*. Os teores são praticamente idênticos. A maior diferença está no teor de zinco, 27% maior na jaca dura.

Figura 19 – Teores de zinco, ferro, manganês e cobre nas polpas de jaca mole e de jaca dura *in natura* (mg/100g amostra *in natura*)



Fonte: elaborada pelo Autor.

5.4 POLPA LIOFILIZADA

A literatura registra a liofilização de diversas frutas tropicais, como abacaxi, cajá, mangaba, goiaba, caju, dentre outras. No entanto, a liofilização da polpa da jaca ainda não foi reportada, muito menos numa comparação entre as duas variedades mais comuns dessa fruta.

Para estudar os efeitos que a liofilização pode causar na composição da jaca, foram feitas duas análises distintas. Na primeira, foi estudada a comparação entre as composições físico-químicas da jaca dura liofilizada e desidratada na estufa e, em outro estudo, a comparação entre as composições físico-químicas da jaca mole

liofilizada e desidratada na estufa. Num segundo momento, foram feitas as correlações entre as composições inorgânicas da jaca dura liofilizada e desidratada e outra correlação entre as composições inorgânicas da jaca mole liofilizada e desidratada.

Inicialmente, foi feita uma avaliação para se certificar se a desidratação na estufa era significativamente diferente da desidratação por liofilização. O resultado mostrou que há uma diferença significativa entre as duas técnicas de desidratação, sendo aquela feita na estufa mais eficiente, no que se refere à retirada de água. No entanto, para se entender a extensão da ação dessas duas técnicas sobre as propriedades bromatológicas, foram feitas as comparações mostradas a seguir. Os resultados da comparação entre as propriedades bromatológicas da polpa desidratada na estufa e liofilizada das jacas dura e mole estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Composição físico-química das polpas desidratadas e liofilizadas da jaca dura e da jaca mole (%)

PARÂMETROS	JACA DURA		JACA MOLE	
	DESIDRATADA	LIOFILIZADA	DESIDRATADA	LIOFILIZADA
Umidade	71,9 ± 0,7 ^a	67,4 ± 0,5 ^a	80,1 ± 0,4 ^c	75,3 ± 0,5 ^c
Carboidrato	16,4 ± 0,7 ^a	23,8 ± 0,3 ^a	8,7 ± 0,6 ^a	15,9 ± 0,1 ^a
Proteína	6,4 ± 0,4 ^a	5,0 ± 0,2 ^a	6,7 ± 0,2 ^a	5,2 ± 0,3 ^a
Cinza	3,78 ± 0,02 ^a	2,94 ± 0,01 ^a	4,37 ± 0,01 ^a	3,29 ± 0,05 ^a
Lípideos	1,53 ± 0,05 ^a	1,03 ± 0,12 ^a	0,20 ± 0,06 ^a	0,39 ± 0,15 ^a

Fonte: elaborada pelo Autor.

a = diferença significativa a 95% de confiança; c = não foi feita a análise de significância.

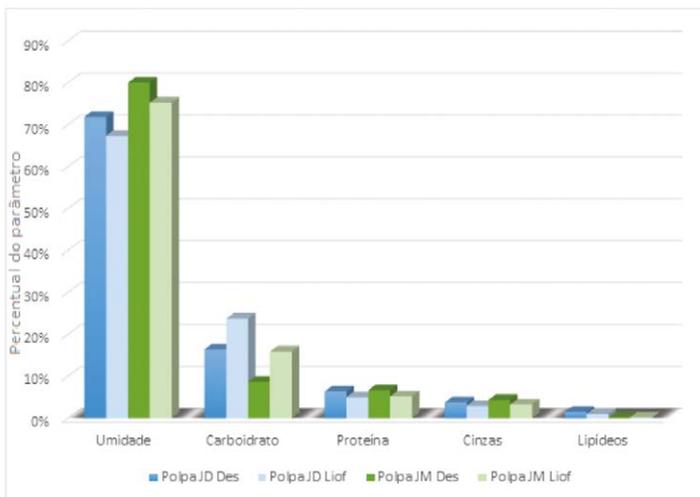
Como a liofilização é um processo de retirada de água menos agressivo à matéria orgânica do que a desidratação em estufa usando a temperatura de 105°C, existe, naquele processo, de acordo com Nireesha et al. (2013), uma menor decomposição química e uma preservação da matéria orgânica dominante.

No caso da jaca, é justamente o carboidrato esse conteúdo orgânico dominante. Por esse motivo, o teor de carboidrato é maior nas amostras das jacas dura e mole liofilizadas quando comparadas com as mesmas desidratadas na estufa. De acordo com a análise estatística, as diferenças nos teores de carboidrato são significativas, com 95% de confiança – a jaca mole liofilizada preservou duas vezes mais e a jaca dura preservou 1,5 mais. Embora, segundo Jadhav et al. (2015), a liofilização preserve as estruturas e conformação das proteínas, neste estudo das polpas da jaca, o teor proteico nas amostras liofilizadas foi menor. Na jaca mole e na jaca dura as amostras desidratadas na estufa tiveram, cada uma, 22% mais proteína que nas amostras liofilizadas. Essas diferenças foram significativas, a 95% de confiança.

O mesmo comportamento foi observado na análise do teor de cinza, menor nas amostras liofilizadas. A jaca mole teve 25% mais cinza e a jaca dura 22% mais cinza nas amostras desidratadas na estufa. Essas diferenças são significativas com 95% de confiança. O teor de lipídeos teve um comportamento muito particular. A jaca dura desidratada na estufa teve 33% mais lipídeos que a jaca liofilizada. No entanto, a jaca mole liofilizada

teve o dobro de lipídeos que sua matriz desidratada na estufa. Estatisticamente, essas diferenças são significativas com 95% de confiança. A Figura 20 ilustra esses resultados.

Figura 20 – Composição físico-química das polpas da jaca dura e da jaca mole desidratadas na estufa e liofilizadas



Fonte: elaborada pelo Autor.

De acordo com Celestino (2010), as frutas mais propensas à degradação são aquelas menos ácidas e mais ricas em açúcares, como é o caso da jaca. Além disso, como carboidrato é constituído basicamente por açúcar e, segundo Oliveira et al. (2011), a liofilização pode gerar um aumento de até cinco vezes no teor de açúcar, é bem conclusivo e esperado o teor de carboidrato ser dominante na polpa da jaca dura liofilizada em relação à amostra desidratada na estufa. Some-se

a isso o fato de que, de acordo com Vazhacharickal et al. (2015), a jaca tem um teor de 20% de açúcares totais.

Os demais parâmetros analisados são muito próximos em valores nominais, de modo que pode-se dizer que a liofilização pouco interferiu no teor de cinzas, proteína e lipídeos. Nesses dois últimos itens, se fosse usada uma amostra com teor de lipídeos e/ou proteína maior, é provável que a liofilização preservasse mais este material, como fez com os carboidratos. Como as espécies de jaca apresentam um percentual muito baixo de lipídeos e de proteína, é razoável não se apresentar uma grande diferença.

O estudo dos efeitos da liofilização sobre a composição mineral na polpa da jaca dura e da jaca mole, em relação à desidratação na estufa, está mostrado na Tabela 13.

Tabela 13 - Composição química dos metais nas polpas das jacas dura e mole desidratadas e liofilizadas (mg/100g de amostra seca)

PARÂMETROS	JACA DURA		JACA MOLE	
	DESIDRATADA	LIOFILIZADA	DESIDRATADA	LIOFILIZADA
Cálcio	128 ± 4	100,4 ± 0,4 ^a	71 ± 15	33,0 ± 0,2 ^a
Cobre ^c	0,48 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,57 ± 0,03	0,64 ± 0,03
Ferro ^c	1,11 ± 0,07	1,22 ± 0,01	1,45 ± 0,07	1,30 ± 0,05
Magnésio ^c	232 ± 8	179 ± 6	328 ± 21	167 ± 18
Cromo ^c	<LD*	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Manganês ^c	0,57 ± 0,02	0,46 ± 0,01	0,77 ± 0,03	0,57 ± 0,01
Potássio ^c	1600 ± 27	1313 ± 21	2535 ± 254	1440 ± 47
Sódio ^c	17,4 ± 0,3	17,4 ± 0,6	27 ± 6	19,7 ± 0,4

PARÂMETROS	JACA DURA		JACA MOLE	
	DESIDRATADA	LIOFILIZADA	DESIDRATADA	LIOFILIZADA
Zinco ^c	1,7 ± 0,2	1,00 ± 0,05	1,83 ± 0,05	0,98 ± 0,03
Níquel ^c	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*
Cobalto ^c	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*

Fonte: elaborada pelo Autor.

* <LD = menor que o limite de detecção do elemento (Ni e Co - 0,0006 mg/L, Cr - 0,0027 mg/L)

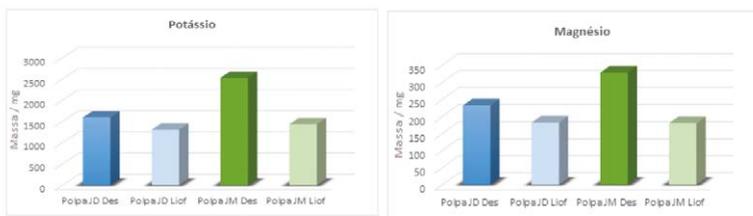
a = diferença significativa a 95% de confiança; c = não foi feita a análise de significância.

A liofilização é um processo de desidratação em que há perda de água por sublimação, preservando ao máximo a matéria orgânica, segundo Celestino (2010). No que se refere ao conteúdo de metais, a desidratação retira mais a água do que o método liofilizado, que é mais brando. Sendo assim, as diferenças observadas nas concentrações dos metais na matéria desidratada e liofilizada se referem à maior quantidade de água nesta, comparada com aquela. Um trabalho que serve de parâmetro é o de Bozza (2009), analisando os mesmos metais, por ICP-OES, nos frutos das polpas desidratadas e liofilizadas da palmeira butiá. Seus resultados mostram que há um decréscimo na concentração de praticamente todos os metais nas polpas liofilizadas, com pequenos aumentos apenas no cobre, zinco e cromo.

A Figura 21 ilustra as concentrações de potássio e de magnésio nas matrizes analisadas. Para o potássio, a polpa da jaca mole liofilizada tem um teor 43%

menor. Na jaca dura liofilizada, a concentração é 18% menor. Para o magnésio, a jaca dura desidratada tem um teor 23% maior que sua polpa liofilizada, enquanto que a popa de jaca mole desidratada tem teor desse metal duas vezes maior que o de sua polpa liofilizada.

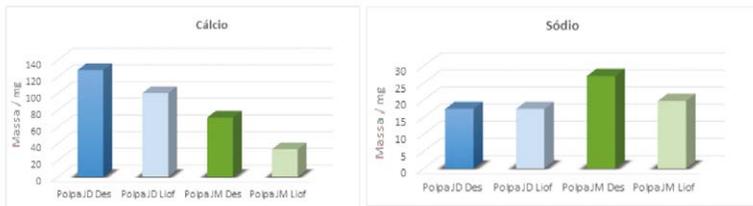
Figura 21 – Teor de potássio nas polpas da jaca dura e da jaca mole desidratadas na estufa e liofilizadas (mg/100g amostra seca)



Fonte: elaborada pelo Autor.

As concentrações de cálcio e sódio são mostradas na Figura 22. Na determinação desse metal, muito abundante na jaca dura, a polpa desidratada apresentou 22% mais desse conteúdo mineralógico. Nas polpas da jaca mole, a variação foi maior. A amostra desidratada na estufa reteve cerca de 53% mais cálcio que a amostra liofilizada. O teor de sódio se mostrou igual nas amostras de jaca dura. A polpa liofilizada da jaca mole reteve 27% menos sódio.

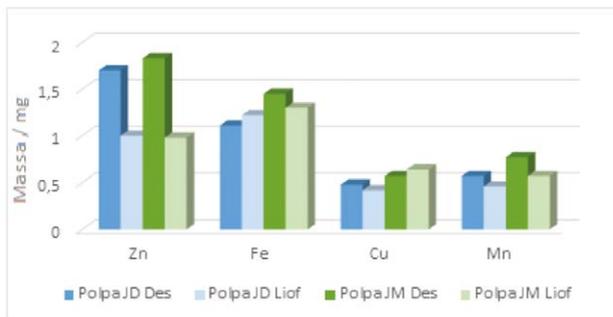
Figura 22 – Teor de cálcio nas polpas de jaca mole e de jaca dura desidratadas na estufa e liofilizadas (mg/100g amostra seca)



Fonte: elaborada pelo Autor.

A Figura 23 ilustra os valores de zinco, ferro, cobre e manganês. Nas polpas da jaca dura, as concentrações desses metais são muito próximas, exceto para zinco. As polpas da jaca dura também têm teor de zinco bem maior para a amostra desidratada na estufa e apresentam o teor de cobre maior na amostra liofilizada. As maiores diferenças foram nas concentrações de zinco. A polpa desidratada da jaca dura tem 41% mais zinco que aquela liofilizada, enquanto que a polpa desidratada da jaca mole tem 46% mais zinco que a polpa liofilizada.

Figura 23 – Teores de zinco, ferro, cobre e manganês nas polpas da jaca dura e da jaca mole desidratadas na estufa e liofilizadas (mg/100g amostra seca)



Fonte: Elaborada pelo Autor.

De um modo geral, as concentrações dos metais majoritários da polpa da jaca dura liofilizada tiveram valores menores, porém, mais próximos daqueles obtidos para a polpa desidratada. Isso é esperado uma vez que seus teores de água nas amostras desidratadas na estufa são menores. Da mesma maneira, as concentrações dos metais majoritários da polpa liofilizada da jaca mole foram menores em relação aos mesmos valores na polpa desidratada.

Como já foi mencionado, esse resultado era esperado e já tinha sido reportado por Bozza (2009) para outro tipo de planta. A explicação está na quantidade de água, que é maior nas amostras liofilizadas, ocasionando uma maior diluição dos analitos. Isso fica mais perceptível nos teores dos metais maiores, cujas diferenças têm valores mais vultosos. Nas concentrações dos metais menores, as diferenças são bem menos significativas, já que as concentrações são mais baixas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os dados obtidos nos resultados e de acordo com o que foi determinado nos objetivos, é possível extrair muitas conclusões a respeito das composições bromatológicas e minerais das sementes e da polpa das duas espécies de jaca. Uma análise complementar que seria de grande valia para um trabalho futuro nesta mesma linha de abordagem metodológica seria uma análise complementar do solo onde foi coletado o material vegetal, comparada com os resultados obtidos. Para este trabalho, essa análise não foi feita, mas fica a sugestão para futuras pesquisas. A seguir estão listadas, resumidas, as principais conclusões:

- as sementes de jaca mole e de jaca dura foram muito parecidas na composição físico-química; a única diferença significativa é no teor de lipídeos, maior nas sementes de jaca dura;
- as sementes de jaca têm um teor proteico, um teor de carboidrato e um teor de lipídeos bem superior ao das polpas de jaca;
- do ponto de vista mineralógico, as sementes de jaca mole e de jaca dura mostraram ter composições bem distintas;
- dos metais analisados nas sementes da jaca dura, 93% foi de potássio e magnésio;

- dos metais analisados nas sementes da jaca mole, 96% foi de potássio e magnésio;
- as sementes de jaca mole têm mais ferro, magnésio e manganês que as sementes de jaca dura;
- as sementes da jaca dura mostraram ter mais potássio, sódio, cálcio e zinco que as sementes de jaca mole;
- o teor de cobre nas sementes da jaca foi significativamente o mesmo;
- não foi encontrado níquel nem cobalto nas duas variedades das sementes;
- cromo só foi encontrado nas sementes de jaca dura;
- as polpas de jaca mole e de jaca dura mostraram ter uma grande distinção nas propriedades físico-químicas;
- a polpa da jaca mole é mais úmida e tem mais cinza que a polpa da jaca dura;
- a polpa da jaca dura tem mais carboidrato e lipídeos que a da jaca mole;
- o teor de proteína das polpas foi significativamente o mesmo;
- do ponto de vista mineralógico, as polpas de jaca mole e de jaca dura apresentaram composições bem diferentes;
- dos metais analisados na polpa da jaca mole, 96% foi de potássio e magnésio;
- dos metais analisados na polpa da jaca dura, 92% de foi potássio e magnésio;
- a polpa de jaca mole teve 33% mais potássio,

29% mais magnésio, 48% mais sódio, 16% mais cobre, 24% mais ferro e 26% mais manganês que a polpa de jaca dura;

- o teor de cálcio da polpa da jaca dura foi 45% maior que o da jaca mole;
- a concentração de zinco nas polpas da jaca mole e da jaca dura foi significativamente idêntica;
- níquel e cobalto não foram detectados nas duas variedades das polpas;
- cromo só foi encontrado nas polpas de jaca mole;
- a composição química das polpas da jaca mole e da jaca dura *in natura* foram muito parecidas em relação às concentrações de Fe, Cu, Mn e Mg;
- as polpas da jaca dura *in natura* têm mais Ca e Zn;
- as polpas da jaca mole *in natura* têm K e Na;
- o alto teor de cálcio da polpa *in natura* da jaca dura pode ser um dos fatores determinantes para essa fruta ter uma consistência mais firme que a jaca mole;
- a liofilização preservou mais os carboidratos da jaca em relação à desidratação na estufa;
- a desidratação na estufa foi mais eficiente que a liofilização nas duas variedades;
- a jaca de uma região do Brasil ou do mundo tem composições muito próprias, o que pode tornar cada uma delas um tipo muito específico em termos das composições bromatológica e

mineral. Isso pode ser atribuído aos diferentes ecossistemas nos quais a planta cresce, sendo, por esse motivo, necessário o conhecimento das suas composições nas mais diferentes regiões do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDIN, M. S.; NURUDDIN, M. M.; AHMED, K. U.; HOSSAIN, A. “Nutritive compositions of locally available jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*) in Bangladesh”, in *International Journal of Biosciences*, v.2, n.8, p.1-7, 2012.

AHMED K, M. M.; JAHAN, K.; SALAMATULLAH, K. *Nutritive Value of Food Stuff*. 3. ed. Bangladesh: Institute of Nutrition and Food Science. University of Dhaka, p 16–7, 1986.

ALBUQUERQUE, F. S. M. *Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) variedades mole e dura*. 2011. 76f. (Dissertação Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, 2011.

ARPIT, S.; JOHN, D. “Effects of different levels of Jackfruit Seed Flour on the Quality Characteristics of Chocolate cake”, *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, v.3, n.11, p.6-9, 2015.

ASIA-PACIFIC ASSOCIATION OF AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTIONS *Jackfruit Improvement in the Asia-Pacific Region – A Status Report*. Asia-Pacific. Bangkok: Association of Agricultural Research Institutions.

p.182, 2012.

BAILEY, L.H. *The Standard Encyclopedia of Horticulture*. New York: The Macmillan Co, p.401-402, 1942.

BALIGA, M. S.; SHIVASHANKARA, A. R.; HANIADKA, R.; DSOUZA, J.; BHAT, H.P. “Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A review”, *Food Research International*, v.44, n.7 p.1800-1811, 2011.

BARRAU, J. “Breadfruit and its relatives”. In: SIMMONDS, N.W. (ed.) *Evolution of Crop Plants*. New York: Longman Inc. 1976, p.201-202.

BASHAR, M. A.; HOSSAIN, A. K. M. A. *Present Status of Jackfruit in Bangladesh*. Southampton University, U.K.: International Centre for Underutilized Crops (ICUC), 1993.

BLENCH, R. “A History of fruits on the Southeast Asian mainland”. In: Toshiki OSADA, T.; UESUGI, A. (eds). *Linguistics, Archaeology and the Human Past*. Kyoto, Japão: Research Institute for Humanity and Nature, 2008, p.118-119. Disponível em: <<http://www.rogerblench.info/RBOP.htm>>. Acesso em: 14 set. 2016.

BOSS, C. B.; FREDEEN, K. J. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. 3. ed. E.U.A.: PerkinElmer,

2004a, p.3-1. Disponível em: <https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE_Concepts-of-ICP-OES-Booklet.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.

BOSS, C. B.; FREDEEN, K. J. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. 3. ed. E.U.A.: PerkinElmer, 2004b, p.2-5. Disponível em: <https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE_Concepts-of-ICP-OES-Booklet.pdf>. Acesso em: 25 out 2016.

BOZZA, A. F. O. *Determinação de metais essenciais na polpa do fruto Butia purpurascens Glassman e sua utilização em mistura em pó para bolo*. 2009. 73f. (Dissertação de mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, 2009;

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. “Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrin”, *Acta Scientiarum. Technology*, v.36, n.1, p.179-185, 2014.

CELESTINO, S. M. C. *Princípios de Secagem de Alimentos*. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2010, 51p.

CHANDRIKA, U. G.; JANSZ, E. R.; WARNASURIYA, N. D. “Analysis of carotenoids in ripe jackfruit (*Artocarpus*

heterophyllus) kernel and study of their bioconversion in rats”, Journal of the Science of Food and Agriculture, v.85, n.2, p.186-190, 2005.

CORNER, E. J. H. *Notes on the systematics and distribution of Malayan phanerogams II. The jack and the chempedak*. Gardener. Bull. v.10: 56-81, 1938. Disponível em: <<http://lkcnhm.nus.edu.sg/dna/docs/141338c7288851c151b14d85e1437e92.pdf>> Acesso em: 16 set. 2016.

DE FARIA, A. F.; DE ROSSO, VV.; MERCADANTE, A. Z. “Carotenoid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) determined by HPLC-PDA-MS/MS”, Plant Foods for Human Nutrition Journal, v.64, p.108–115, 2009.

FONSECA, V. J. A. *Caracterização, seleção e propagação vegetativa de genótipos de jaqueira na região do Recôncavo Baiano*. 2010. 99f. (Tese Doutorado em Ciências Agrárias) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz da Almas-BA, Brasil, 2010.

GOHAIN, H. C.; SAHU, B. P. “Formulation and evaluation of mucoadhesive tablet of metformin hcl using jack fruit latex (*Artocarpus heterophyllus*)”, International Journal of Drug and Research Technology, v.6, n.3, p.182-192, 2016.

GOSWAMI, C.; CHACRABATI, R. “Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*)”. In: PREEDY, V.R.; SIMMONDS, M.S.J. (Org.). *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, E.U.A.: Elsevier, Cap.14, 2016, p.317-335.

GUPTA, D.; MANN, S.; SOOD, A.; GUPTA, R. K. “Phytochemical, nutritional and antioxidant activity evaluation of seeds of jackfruit (*Artocarpous heterolphyllus* Lam.)” *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, v.2, n.4, p.336-345, 2011.

HAMEED, B. H. “Removal of cationic dye from aqueous solution using jackfruit peel as non-conventional low-cost adsorbent”, *Journal of Hazardous Materials*, v.162, n.1, p.344-350, 2009.

HAQ, N. “Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*)”. In: WILLIAMS J.T., SMITH R.W. e DUNSIGER Z (eds.). *Tropical Fruit Trees*, Southampton, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, 2006, 192p.

HOU, X.; JONES, B. T. “Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry”. In: MEYERS, R. A. (eds.) *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2000, pp. 9468–9485. Disponível em: <https://www.unil.ch/idyst/files/live/sites/idyst/files/shared/Labos/Hou%26Jones_2000.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (IAL). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. 1ª Edição Digital. São Paulo: IAL, 2008, 1020p.

JADHAV, T. R.; MOON, R. S. “Review on Lyophilization Technique”, *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v.4, n.5, p. 1906-1928, 2015.

JAGTAP, U. B.; BAPAT, V.A. “Artocarpus: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology”, *Journal of Ethnopharmacology*, v.129, n.2, p.142-166, 2010.

JARRETT, F. M. “Studies in *Artocarpus* and Allied Genera. III. A Revision of *Artocarpus* Subgenus *Artocarpus*”, *Journal of the Arnold Arboretum*, v.40, n.113-155, p.298-368, 1959.

KHAN, R.; ZEREGA, N.; HOSSAIN, S.; ZUBERI, M. I. “Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Diversity in Bangladesh: Land Use and Artificial Selection”, *Economic Botany*, v.64, n.2, p.124-136, 2010.

KLAASSEN, C. D. (ed.) *Casarett and Doull's Toxicology – The basic science of poisons*. 7. ed. E.U.A.: McGraw-Hill, 2001, 1236p.

LANDIM, A. P. M.; BARBOSA, M. I. M. J.; JÚNIOR, J. L. B. “Influence of osmotic dehydration on bioactive compounds, antioxidante capacity, color and texture

of fruits and vegetables: a review”, *Ciência Rural*, v.46, n.10, p.1714-1722, 2016.

LEMOS, D. M.; SOUSA, E. P.; SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; TAVARES, R. R. S. “Propriedades físico-químicas e químicas de duas variedades de jaca”, *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, n.3, p.90-93, 2012.

MADRIGAL-ALDANA, D. L.; TOVAR-GÓMEZ, B.; MATA-MONTES DE OCA, M.; SÁYAGO-AYERDI, S.G.; GUTIERREZ-MERAZ, F.; BELLO-PÉREZ, L. A. “Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L) seeds starch in two mature stages”, *Starch*, v.63, p.364–372, 2011.

MADRUGA M. S.; ALBUQUERQUE, F. S. M.; SILVA, I.R.A.; AMARAL, D.S.; MAGNANI, M., QUEIROGA NETO, V. “Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch”, *Food Chemistry*, v.143, p.440-445, 2014.

MOORTHY, I. G.; J. MARAN, P.; ILAKYA, S; ANITHA, S. L.; SABARIMA, S. P.; PRIYA, B. “Ultrasound assisted extraction of pectin from waste *Artocarpus heterophyllus* fruit peel”, *Ultrasonics Sonochemistry*, v.34, p.525–530, 2017.

MUKPRASIRT A; SAJJAANANTAKUL K. “Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seed”,

International Journal of Food Science & Technology, v.39, n.3, p.271-276, 2004.

NARASIMHAM, P. “Breadfruit and jackfruit”. In: S. NAGY, P. E. SHAW; W. F. WARDOWSKI, (eds.). *Fruits of tropical and subtropical origin*, Florida Science Source, p. 193-259, 1990.

NIREESHA, G. R.; DIVYA, L.; SOWMYA, C.; VENKATESHAN, N.; NIRANJAN BABU, M.; LAVAKUMAR, V. “Lyophilization/Freeze Drying - An Review”, International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences, v.3, n.4, p.87-98, 2013.

NUNES, J. A. *Desenvolvimento de método para a determinação de Ag, As, Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Se em sangue por espectrometria de massas com fonte de plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) utilizando diluição das amostras em meio alcalino. 2009. 77f.* Dissertação (Mestrado em Toxicologia) – Programa de Pós-Graduação em Toxicologia, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, Brasil, 2009.

NUR ARINA, A. J.; AZRINA, A. “Comparison of phenolic content and antioxidant activity of fresh and fried local fruits”, International Food Research Journal, v.23, n.4, p.1717-1724, 2016.

OCLOO, F. C. K.; BANSAL, D.; BOATIN, R.; ADOM, T.; AGBEMAVOR, W. S. “Physico-chemical, functional and

pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) seeds”, *Agriculture and Biology Journal of North America*, v.1, n.5, p.903-908, 2010

OKOYE, E. I. Extraction, “Characterization and Anti-Microbial Activity of *Artocarpus heterophyllus* Seed Oil”, *Journal of Scientific and Engineering Research*, v.3, n.3, p.473-476, 2016.

OLIVEIRA, L. F. *Efeito dos parâmetros do processo de desidratação de jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) sobre as propriedades químicas, físico-químicas e a aceitação sensorial*. 2009. 121f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, Brasil, 2009.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. “Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado”, *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

PALANG, D. B.; CAJES, B.C. *Maturity indices of two types of jackfruit*. Filipinas: Agency inhouse Research & Review Report. EVIARC 2000.

POPENOE, W. *Manual of Tropical and Sub-tropical Fruits*, New York: Halfner Press Co, p.414-419, 1974.

PRAKASH, O.; KUMAR, R.; MISHRA, A.; GUPTA, R. “*Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit): an overview”, *Pharmacognosy Reviews*. v.3, n.6, p.353-358, 2009.

PRETTE, A. P. *Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) através de secagem convectiva*. 2012. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Brasil, 2012.

PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; SIMONS, A. J.; GUNASENA, H. P. M. “Reproductive biology and improvement of *Artocarpus heterophyllus* in Sri Lanka”. In: *Domestication of Agroforestry Trees in Southeast Asia*. Indonesia: p.203-208, 1996.

RAINONE, R. *Avaliação de Métodos analíticos para a determinação de Na, K, Ca, Mg, P e S em biodiesel por ICP OES*. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil, 2011.

RENGSUTTHI, K.; CHAROENREIN, S. “Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce”, *Food Science and Technology*, v.44, p.1309-1313, 2011.

RUDY, S.; DZIKI, D.; KRZYKOWSKI, A.; DZIKI, U. G.;

POLAK, R.; RÓZYLO, R.; KULIG, R. “Influence of pre-treatments and freeze-drying temperature on the process kinetics and selected physico-chemical properties of cranberries (*Vaccinium macrocarpon* Ait.)”, *Food Science and Technology*, v.63, p.497-503, 2015.

SALIHA, N. F.; JAAFAR, M. S. “Heavy metals in blood and urine impact on the woman fertility”, *Chemistry and Materials Research*, v.3, n.3, p. 81-89, 2013.

SARASWAT, K.S. “Plant economy of early farming communities”. In: SINGH, B.P. (ed.) *Early farming communities of the Kaimur (excavations at Senuwar)*. Jaipur, Índia: Publication Scheme, 2004, p. 416-535.

SCHNELL, R.J.; OLANO, C.T.; CAMPBELL, R.J.; BROWN, J.S. “AFLP Analysis of genetic diversity within a jackfruit germplasm collection”, *Scientia Horticulturae*, v.91, n.3-4, p.261-274, 2001.

SILVEIRA, P. L. Estudo da elaboração de passas da polpa, aproveitamento dos caroços e resíduos da jaca (*Artocarpus heterophyllus*). 2000. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2000.

SOEPADMO, E. *Artocarpus heterophyllus* Lamk. In: VERHEIJ, E.W.M.; CORONEL, R.E. (eds.) *Plant Resources of Southeast Asia, n.2: Edible Fruits and Nuts*. Wageningen, Netherlands: PROSEA, 1992, p.86-91.

SOBRATTEE, M.A.; NEERGHEEN, V.S.; LUXIMON-RAMMA, A.; ARUMA, O.I.; BAHORUN, T. “Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and action”, *Mutation Research*, 579:200–13, 2005.

SOUZA, T.S.; CHAVES, M.A.; BONOMO, R.C.F.; SOARES, R.D.; PINTO, E.G.; COTA, I.R. “Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos”, *Acta Scientiarum Technology*, v.31, n.2, 2009.

SRINIVASAN, K.; KUMARAVEL, S. “Mass spectrometry analysis of volatile constituents of jackfruit powder”, *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.3, n.4, p.331-339, 2016.

SWAMI, S.B.S., THAKOR, N.J., HALDANKAR, P.M., KALSE, S.B. “Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.11, p.565-576, 2012.

TEJPAL, A.; AMRITA, P. “Jackfruit: A Health Boon”, *International Journal of Research in Ayurveda Pharmacy*, v.7, n.3, p.59-64, 2016.

THEIVASANTHI, T.; ALAGAR, M. “An insight analysis of nano sized powder of jackfruit seed”, *Nano Biomedicine Engineering*, v.3, n.3, p.163–168, 2011.

UDDIN, M. T.; RUKANUZZAMAN, M.; KHAN, M. M. R.; ISLAM, M. A. “Adsorption of methylene blue from aqueous solution by jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) leaf powder: A fixed-bed column study”, *Journal of Environmental Management*, v.90, n.11, p.3443-3450, 2009a.

UDDIN, M.T.; RUKANUZZAMAN, M.; KHAN, M. M. R.; ISLAM, M. A. “Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) leaf powder: An effective adsorbent for removal of methylene blue from aqueous solutions”, *Indian Journal of Chemical Technology*, v.16, n.2, p.142-149, 2009b.

VAZHACHARICKAL, P. J.; SAJESHKUMAR, N. K.; JIBY, J. M.; AJESH C.; KURIAKOSE, B. A.; RENJITH, J. M.; ALEN, N. A.; DEENAMOL, T.; RINY, S. T.; NIJAMOL, V.; SOPHYIAMOL, J. “Chemistry and medicinal properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): A Review on current status of knowledge”, *International Journal of Innovative Research and Review*, v.3, n.2, p.83-95, 2015.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. “Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto”, *Brazilian Journal of Food and Technology*, v.15, n.1, p.50-58, 2012.

YAP, A.R. “Cultural Directions for Philippine agricultural crops. Fruits”, BPI, Department of Agriculture, v.1, p.137-141, 1972.



Tipografias utilizadas:

Bookman Old Style

Bodoni 72

Molle

Papel da capa:

Cartão Supremo 300g

Papel do miolo:

Polen Soft 90g

Impresso na Copiart em 2018.

-

Todos os direitos são reservados à Editora IFRN, não podendo ser comercializado em período de contrato de cessão de direitos autorais.

Em caso de reimpressão com recursos próprios do autor, está liberada a sua comercialização.

ADRIANO MARTINEZ BASSO

Formado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em 2003. Trabalhou entre 2006 e 2012 como professor de química do ensino médio da Secretaria de Educação do Acre (SEE-AC), entre 2010 e 2012 como Químico responsável da Universidade Federal do Acre (UFAC), de março a outubro de 2012 foi professor de química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC), de novembro de 2012 a agosto de 2013 foi Técnico de Laboratório/Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), atualmente é docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no Campus de Santa Cruz. Em 2017 concluiu o Mestrado em Química no Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ/UFRN), no mesmo ano iniciou o doutorado no PPGQ/UFRN. Tem experiência em Química Analítica com ênfase na Análise de Alimentos, Química de Produtos Naturais, Ensino de Química e liberação controlada de fármacos por Peneiras Moleculares.

MARIA DE FÁTIMA VITÓRIA DE MOURA

Possui graduação em Farmácia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1986), mestrado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1994) e doutorado Química em Química na área de concentração Química Analítica pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente é Professora Associada IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Química Analítica: Análise Térmica (TG, DTA e DSC), Espectroscopia de Absorção Molecular (UV-VIS e IV), Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA) e Cromatografia (CG e HPLC), com ênfase na análise de alimentos e de medicamentos.



Em mais de 12 anos de história, a Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) já publicou livros em todas as áreas do conhecimento, ultrapassando a marca de 150 títulos. Atualmente, a edição de suas obras está direcionada a cinco linhas editoriais, quais sejam: acadêmica, técnico-científica, de apoio didático-pedagógico, artístico-literária ou cultural potiguar.

Ao articular-se à função social do IFRN, a Editora destaca seu compromisso com a formação humana integral, o exercício da cidadania, a produção e a socialização do conhecimento.

Nesse sentido, a EDITORA IFRN visa promover a publicação da produção de servidores e estudantes deste Instituto, bem como da comunidade externa, nas várias áreas do saber, abrangendo edição, difusão e distribuição dos seus produtos editoriais, buscando, sempre, consolidar a sua política editorial, que prioriza a qualidade.



Este livro traz informações sobre as composições físicoquímica e mineral das sementes da jaca mole (JM) e da jaca dura (JD) desidratada, das polpas da JM e da JD desidratada, liofilizada e *in natura*. Além disso relata um pouco da origem e história da jaqueira no Brasil e no mundo. Do ponto de vista da análise química, as sementes da JM e da JD têm composições físicoquímicas muito próximas. Do ponto de vista mineral, os metais mais abundantes nas sementes da JM e da JD são potássio e magnésio. As sementes de JD têm cinco vezes mais sódio. As polpas, do ponto de vista físicoquímico, são bem distintas. A polpa da JD tem mais lipídeos e carboidratos. A polpa da JM mais umidade e cinza. O teor de proteína é muito semelhante. As polpas, do ponto de vista mineral, têm como metais mais abundantes o potássio e o magnésio. A polpa de JD tem um teor de cálcio muito mais alto. A liofilização preservou mais o teor de carboidratos nas polpas das duas variedades de jaca.

ISBN 978-85-94137-09-8



9 788594 137098 >

