

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

AUTOR: Teddy Marques Farias

**BIOMETRIA E PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DA
MACAÚBA (*Acrocomia sp*) PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEOS.**

BELO HORIZONTE

2010

AUTOR: Teddy Marques Farias

**BIOMETRIA E PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DA
MACAÚBA (*Acrocomia ssp*) PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEOS.**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Química ao Programa de Pós-
graduação em Engenharia Química da Universidade
Federal de Minas Gerais.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Maria Helena Caño Andrade

BELO HORIZONTE

2010

Dedico este trabalho à Zélia, Junior, Matheus e Lyla, esposa e filhos.

Também, à minha mãe, pai e irmãos. Minha força motriz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter nos legado a natureza e a vida, e o dom de decifrar os seus mistérios.

Em segundo lugar, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, dirijo os meus agradecimentos a algumas contribuições que foram imprescindíveis:

À Congregação do Instituto de Ciências Agrárias ICA/UFMG pela liberação para cursar o mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Sergio N. Lopes pela confiança depositada.

À Profa. Dra. Maria Helena Caño Andrade, orientadora e amiga, pela liberdade para realização dos trabalhos.

Estendo os agradecimentos a todos os professores, funcionários e colegas do DEQ/UFMG, que contribuíram para a formação de uma nova visão da química.

Aos estudantes de graduação, Maria Piedade Pereira, Carlos Longino, Rafael Rebelo pela grande contribuição na realização dos experimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - Fapemig e ao CNPq, pelo apoio em projetos anteriores que permitiram a aquisição dos equipamentos do Laboratório de óleos do ICA/UFMG.

Aos produtores extrativistas do Norte de Minas Gerais, principalmente da COOPERBCM, pelas trocas de experiências.

A Fundação Mussambê, Juazeiro do Norte –CE, pelas idas à floresta do Araripe.

Aos Profs. Candido Alves, Daniel Emidio, Cristian do ICA/UFMG pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados experimentais.

Ao Prof. Alex Fabiane do ICA/UFMG pelas colaborações filosóficas.

Enfim, todos os amigos e familiares, aqui não citados, recebam a minha sincera gratidão.

“O Homem do futuro, contemplando a natureza esplendida e magnífica do Brasil, procurará pela inteligência, e pelo trabalho, elevar-se, colocando o Brasil no lugar que lhe compete, como o país mais rico, e o melhor aquinhado das riquezas de Deus. Eu o espero porque confio nos homens do futuro...”

Mello Moraes, 1881.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Introdução geral</i>	1
1.2 <i>Objetivos</i>	3
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 <i>Aspectos motivacionais</i>	4
1.3.1 <i>Hipóteses</i>	4
1.3.2 <i>Pressupostos teóricos e epistemológicos</i>	5
1.3.2.1 <i>Ciência e o método científico</i>	5
1.3.2.2 <i>A sociedade e a utilização dos recursos naturais</i>	8
1.3.2.2.1 <i>Recursos vegetais não madeiráveis no Brasil</i>	8
1.3.2.2.2 <i>O extrativismo no Norte de Minas Gerais</i>	10
1.4 <i>Estado da Arte</i>	10
1.4.1 <i>A Macaúba</i>	10
1.4.1.1 <i>A planta</i>	10
1.4.1.2 <i>O fruto</i>	11
1.4.1.2.1 <i>Atributo de qualidade dos frutos</i>	12
1.4.1.2.2 <i>Maturação e coleta</i>	16
1.4.1.2.3 <i>Desenvolvimento da rancidez hidrolítica</i>	17
1.4.1.2.4 <i>Minimização das atividades biológicas no pós- colheita</i>	18
1.4.2 <i>Óleos e gorduras</i>	20
1.4.2.1 <i>Definição e generalidades</i>	20
1.4.2.2 <i>Normas e metodologias de caracterização</i>	21
Capítulo 2. CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DA MACAÚBA	22
2.1 <i>Contextualização</i>	22
2.2 <i>Materiais e métodos</i>	22
2.2.1 <i>Coleta e armazenagem dos frutos</i>	22
2.2.2 <i>Análises biométricas</i>	24
2.2.2.1 <i>Dimensões dos frutos</i>	24

2.2.2.2	<i>Composição dos frutos</i>	24
2.3	<i>Resultados e discussão</i>	26
2.3.1	<i>Identificação das regiões onde foram coletados as amostras</i>	26
2.3.2	<i>Avaliação das propriedades sensoriais dos frutos da macaúba</i>	26
2.3.3	<i>Avaliação das dimensões dos frutos</i>	30
2.3.4	<i>Avaliação da proporção das partes do frutos</i>	31
2.3.5	<i>Avaliação da umidade dos frutos</i>	33
2.3.6	<i>Avaliação do teor de lipídios dos frutos</i>	35
2.3.7	<i>Matriz de correlações entre as medidas obtidas dos frutos da macaúba</i>	37
2.3.8	<i>Avaliação das variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos</i>	38
Capítulo 3: ARMAZENABILIDADE DOS FRUTOS DA MACAÚBA		43
3.1.	<i>Contextualização</i>	43
3.1.1	<i>Maturação e Fisiologia pós-colheita dos frutos</i>	43
3.2	<i>Materiais e métodos</i>	44
3.2.1	<i>Metodologias analíticas</i>	46
3.2.1	<i>Delineamento experimental e ferramentas estatísticas</i>	47
3.3	<i>Resultados e discussão</i>	48
3.3.1	<i>Avaliação dos tratamentos</i>	48
3.3.2	<i>Avaliação microbiológica</i>	50
3.3.3	<i>Avaliação do comportamento da polpa durante a armazenagem</i>	52
3.3.3.1	<i>Percentual de umidade</i>	53
3.3.3.2	<i>Teor de lipídios</i>	54
3.3.3.3	<i>Índice de acidez</i>	56
3.3.4	<i>Avaliação dos frutos após 30 dias de armazenagem</i>	57
3.3.5	<i>Logística para a coleta e armazenagem dos frutos da macaúba</i>	60
CAPÍTULO 4: EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DA POLPA E DA AMÊNDOA DA MACAÚBA POR PRENSAGEM		62
4.1.	<i>Contextualização</i>	62
4.2.	<i>Materiais e métodos</i>	63
4.2.1	<i>Metodos analíticos</i>	63
4.2.2	<i>Extração dos óleo da polpa e da amêndoa</i>	64
4.2.2.1	<i>Separação e preparo das partes</i>	64
4.3	<i>Resultados e discussão</i>	65
4.3.1	<i>Densidade</i>	65
4.3.1.1	<i>Densidade aparente</i>	65
4.3.1.2	<i>Massa específica</i>	66
4.3.2	<i>Balanco de massa do processo de extração dos óleos dos frutos frescos</i>	67

4.3.3	<i>A qualidade dos óleos obtidos da extração</i>	70
CAPÍTULO 5: O EXTRATIVISMOS DA MACAÚBA		73
5.1.	<i>Contextualização</i>	73
5.2.	<i>Materiais e métodos</i>	73
5.3.	<i>Resultados e discussões</i>	73
5.3.1.	<i>O extrativismo da macaúba no Norte de Minas Gerais</i>	73
5.3.2	<i>Macaúba, uso da biodiversidade e desenvolvimento sustentável</i>	75
CONCLUSÕES		83
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS		85
REFERÊNCIAS		86

RESUMO

O mundo passa por grandes transformações nas suas estruturas econômicas, sociais, científicas e tecnológicas. Essas mudanças têm levado a uma reflexão sobre o comportamento humano em relação ao planeta terra e em relação a si próprio. O sistema de produção e consumo, imperativo durante todo o século XX, produziram diversas mazelas que afetaram profundamente a relação entre os povos e o meio ambiente, chegando a um ponto próximo do insustentável, colocando em risco as estruturas político- sociais e a própria vida no planeta. O Brasil, detentor da maior biodiversidade do mundo, tem sido pressionado a apresentar soluções para a preservação dos seus recursos naturais. Porém, a solução para os problemas aqui existentes não são simples. As equações necessárias para resolver tais questões são complexas e possuem “n” variáveis, dadas as dimensões do país e a heterogeneidade dos problemas a serem resolvidos. Além disso, os sistemas preservacionistas aqui implantados, até então, estão baseados naqueles utilizados nos países do hemisfério norte, na maioria das vezes, não adequados às condições brasileiras. Assim, existe a necessidade da formulação de um método próprio e específico para solucionar as questões ambientais brasileiras. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar o potencial elaiotécnico da macaúba, uma palmeira nativa do gênero *Acrocomia*, de vasta distribuição nas diversas regiões do país e da América Latina, com um potencial de produção que pode chegar a 6000 kg de óleo/ ha. A macaúba é utilizada pelas populações tradicionais locais de forma artesanal ou semi-industrial para diversos fins, a quantidade e a qualidade dos óleos extraídos dos frutos dessa palmeira tem despertado o interesse de vários segmentos da indústria, como a alimentícia, cosméticas, de biocombustíveis e outros. Porém a obtenção dos óleos dos frutos dessa planta com boa qualidade ainda esbarra em alguns gargalos inerentes a natureza da matéria-prima. O principal problema apresentado é o rápido desenvolvimento da acidez livre no óleo da polpa dos frutos, causado pela infestação de microorganismos oriundos do ambiente dos macaubais, que elevam rapidamente o nível de acidez do óleo para fora dos padrões exigidos por diversos ramos da indústria. Os experimentos realizados neste trabalho tiveram um caráter exploratório englobando os seguintes aspectos: (i) a caracterização dos frutos coletados de macaubais de três regiões distintas, avaliando-se principalmente, as variáveis de qualidade dos frutos e a representatividade dessas em relação ao teor de óleo dos frutos; (ii) avaliação da armazenabilidade dos frutos, observando-se a dinâmica do desenvolvimento da acidez livre nos frutos, bem como os fatores envolvidos e a proposição de métodos de sanitização; (iii) avaliação do processo de extração dos óleos da polpa e da amêndoa por prensagem mecânica, por meio da análise da qualidade dos óleos obtidos e do balanço de massa do processo; (iv) levantamento dos aspectos associados ao extrativismo da macaúba no Norte de Minas Gerais. Os resultados obtidos confirmam o elevado potencial elaiotécnico da macaúba e a possibilidade da obtenção dos óleos com uma boa qualidade utilizando-se os frutos oriundos dos macaubais nativos.

Palavras chaves: Macaúba, *Acrocomia*, óleos vegetais, biometria, biodiversidade, extrativismo, APL, armazenabilidade, acidez livre, rancidez hidrolítica, extração, Cerrado.

ABSTRACT

The world has experienced fast and major transformations in their economic, social, scientific and technological structures. These changes come with a reflection about human behavior in relation to the Earth Planet and with himself. At the twentieth century the imperative system of production and consumption resulted in several problems that profoundly affected the relationship between people and the environment, reaching a point near of the unsustainable, endangering the political-social system and life on the planet. Brazil, holder of the highest biodiversity in the world, has been pressured to provide solutions for the preservation of its natural resources. But the solution to the problems existing here are not simple. The equations needed to solve such issues are complex and have "n" variables, given the size and heterogeneity of the country's problems to be solved. Moreover, the current preservation systems have been based on North America models and therefore are not suitable for Brazilian conditions, which mean that we need to formulate a specific method in order solve environmental issues in Brazil. This study aimed at assessing the oil potential of macaúba, a native palm (*Acrocomia*) of wide distribution in various regions of the country and Latin America, with a production potential of up to 6000kg of oil / ha. The macaúba is used by local traditional populations for artisanal or semi-industrials purposes: the quantity and quality of the extracted oils has attracted the interest of various industry segments such as food industry, cosmetics and biofuels and others. However, obtaining the oils of the fruits of this palm with a good quality still faces some difficulty inherent in the nature of raw material. The main problem presented is the rapid development of acidity in the oil of the fruit pulp, caused by infestation of microorganisms from the macaubais environment, which increase rapidly the level of acidity of the oil out of the standards required by various branches of industry. The accomplished experiments of this study had primarily an exploratory nature, including the following aspects: (i) the characterization of the fruits collected from Macaubas of three distinct regions, in order to evaluating the variables of fruit quality and its representativeness in relation to oil content of fruit; (ii) the storability characteristics of the fruit by observing the dynamics of the development of free acidity, as well as its associated factors, in order to propose an appropriated sanitation methods; (iii) the evaluation of the mechanical pressing process for oil extraction, pulp oil and kernel oil, by analyzing the oils quality and the mass balance of the process; (iv) discussion about the extractivism of macauba in the north of Minas Gerais. The results confirm the quality and the high oil potential from fruits of natives Macauba palm tree.

Keywords: Macaúba, *Acrocomia*, Brazilian Cerrado, vegetable oils, biodiversity, extractivism, APL, storability, free acidity, hydrolytic rancidity, extraction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Macaubal (direita), frutificação e florescência da macaúba (esquerda).....	12
Figura 1.2: Mecanismo de ação das lipases.....	17
Figura 2.1: Etapas experimentais da caracterização dos frutos e das partes dos frutos da macaúba.....	26
Figura 2.2: Da esquerda para direita: Estação ecológica da UFMG (grande Belo Horizonte); Zona rural de Botumirim (Norte de Minas Gerais), chapada do Araripe (Sul do Ceará).....	27
Figura 2.3: Coloração da casca dos frutos da macaúba. Da esquerda para direita: frutos imaturos, frutos maduros, fragmentos de casca de frutos maduros, frutos envelhecidos...28	
Figura 2.4: Coloração da Polpa dos frutos da macaúba. Da esquerda para direita: fruto imaturo, fruto maduro recém colhido, espessura da polpa, fruto envelhecido.....	29
Figura 2.5: Coco (endocarpo+amêndoa) esquerda, fragmentos de endocarpo.....	29
Figura 2.6: Amêndoa da macaúba.....	30
Figura 2.7: Fruto recém caído: pedúnculo esverdeado (polpa preservada) primeiro a direita. Demais pedúnculo marrom frutos envelhecidos, com a polpa deteriorada, alta acidez do óleo da polpa.	30
Figura 2.8: Perfil do fruto da macaúba: 1) epicarpo (casca); 2) mesocarpo (polpa); 3) endocarpo; 4) albúmen (amêndoa).....	31
Figura 2.9: Dispersão das variáveis de qualidade em função do teor de lipídios dos frutos da macaúba utilizando-se o modelo quadrático.....	43
Figura 3.1: Etapas do experimento de armazenabilidade e técnicas de sanitização dos frutos da Macaúba.....	49
Figura 3.2: Aparência da polpa da macaúba após a realização dos tratamentos, esquerda: sem tratamento (ST), Centro: seco em estufa (SE) e direita: seco ao sol: (SS).....	50
Figura 3.3: Avaliações da quantidade de bolores e leveduras (de cima para baixo: 0, 6, 18 e 30 dias).....	52
Figura 3.4: Ataque dos microorganismos aos frutos da macaúba.....	53
Figura 3.5: Fruto recém-caído (esquerda), fruto com trinta dias de armazenagem (direita).....	53
Figura 3.6: Teor de umidade da polpa da macaúba em função do período de armazenagem.....	54
Figura 3.7: Teor de lipídios da polpa em função do período de armazenagem.....	55
Figura 3.8: Índice de acidez do óleo da polpa em função do período de armazenagem....	57

Figura 3.9: Fluxograma do processo de coleta e armazenagem dos frutos da macaúba.....	62
Figura 4.1: Prensa utilizada para extração.....	67
Figura 4.2: Produtos e co-produtos do processamento de 1000kg de frutos frescos.....	71
Figura 4.3: Óleos obtidos dos frutos frescos da macaúba.....	73
Figura 5.1: Da esquerda para direita: Sabão de bolo, frutos in natura comercializados nos mercados.....	80
Figura 5.14: Paisagens típicas do Cerrado Norte Mineiro	78
Figura 5.15: Novas formas de ocupação do Cerrado. Carvoejamento das matas nativas (acima esquerda), pecuária extensiva modernizada (Acima direita), lavoura de soja (abaixo esquerda), uso intenso de defensivos agrícolas (abaixo direita).....	79
Figura 5.16: Unidades de beneficiamento de produtos do extrativismo no Norte de Minas Gerais.....	80
Figura 5.17: Fluxograma das inter-relações no sistema agroextrativista no Norte de Minas gerais.....	81
Figura 5.18: Potencial de usos da macaúba.....	83

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1: Dimensões das partes do fruto da macaúba de diferentes regiões.....	32
Tabela 2.2: Massa média dos frutos frescos.....	33
Tabela 2.3 Proporção das partes do fruto da macaúba em relação à massa seca.....	34
Tabela 2.4: Teor de umidade das partes dos frutos da macaúba.....	35
Tabela 2.5: Teor de lipídios das partes dos frutos da macaúba.....	37
Tabela 2.6: Correlação de Pearson entre as medidas obtidas dos frutos da macaúba.....	38
Tabela 2.7: Avaliação estatística das variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos da macaúba.....	42
Tabela 3.1: Massa dos frutos frescos.....	50
Tabela 3.2: Proporção da partes, teor de umidade e teor de óleo dos frutos frescos em relação à base seca.....	50
Tabela 3.3: Contagem de bolores e leveduras versus período de armazenagem.....	52
Tabela 3.4: Teor de umidade (%) da polpa em função do tempo de armazenagem (dias).	54
Tabela 3.5: Teor de óleo (% BS) da polpa da macaúba em função do período de armazenagem.....	55
Tabela 3.6: Índice de acidez médio (% Ác. Oléico) do óleo da polpa da macaúba em função do período de armazenagem (dias).....	57
Tabela 3.7: Proporção das partes (% bs) dos frutos frescos e após 30 dias.....	59
Tabela 3.8: Teor de umidade (%) inicial e final das partes e do fruto integral da macaúba.....	59
Tabela 3.9: A qualidade inicial e final do óleo da polpa da macaúba.....	60
Tabela 4.1: Densidade aparente dos frutos da macaúba recém caídos.....	67
Tabela 4.2: Densidade (massa específica) dos frutos e das partes dos frutos da macaúba.	68
Tabela 4.3: Rendimento (%) dos produtos da extração dos óleos da macaúba em função da massa da matéria prima prensada.....	69
Tabela 4.4.: Massa das partes do fruto da macaúba obtidas do processamento de 1000kg de frutos frescos em função das proporções medidas.....	70
Tabela 4.5: Quantidade obtidas no processamento de 1000kg de frutos frescos.....	70
Tabela 4.6: Qualidade dos óleos obtidos por prensagem da polpa e da amêndoa dos frutos frescos da macaúba.....	72

LISTAS DE ABREVIATURAS

AMS: Proporção entre massas secas - amêndoa por massa do fruto

ANVISA: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

APL: Arranjo Produtivo Local

CMS: Proporção entre massas secas - casca por massa do fruto

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

CV: Coeficiente de variação

DF: Diâmetro do fruto

DP: Desvio padrão

DSCAS: Diâmetro do fruto sem casca

EMS: Proporção entre massas secas - endocarpo por massa do fruto

ESPO: Espessura da polpa

GBH: Grande Belo Horizonte

IP: índice de Peróxidos

IA: índice de acidez

NMG: Norte de Minas Gerais

MF: Massa do fruto

ORES: Óleo residual

PMS: Proporção entre massas secas - polpa por massa do fruto

POL/CAS: Relação das massas polpa/casca

POL/CAR: Relação das massas polpa/caroço

SCE: Sul do Ceará

ST: Sem tratamento

SS: Seco ao sol

SE: Seco em estufa

SUDENE: Superintendência de desenvolvimento do Nordeste

TAG: Triacilglicerídios

TL: Teor de lipídios

TLA: Teor de lipídios da amêndoa

TLFMS: Teor de lipídios dos frutos em relação à massa seca

TLFMU: Teor de lipídios do fruto em relação à massa úmida

TLP: Teor de lipídios da polpa

UBCM: Unidade de Beneficiamento do Coco Macaúba

UF: Teor de umidade do fruto

UC: Teor de umidade da casca

UP: Teor de umidade da polpa

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

Capítulo 1: INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

O sistema de produção e consumo, introduzido pela revolução industrial no Século XIX e imperativo durante todo o século XX, alterou drasticamente a relação entre os povos e o meio ambiente. A transformação em larga escala dos recursos naturais em mercadorias gerou uma demanda por grandes quantidades de matérias-primas e energia. Em muitos casos, a obtenção desses recursos vem sendo feita de forma degradante ao meio ambiente, ou seja, extraído-se da natureza quantidades além da capacidade de reposição natural. Assim, essa relação homem-ambiente tem gerado diversas consequências, tais como o esgotamento e a escassez de certos recursos, a degradação dos ambientes naturais e a alterações no clima, chegando a um ponto próximo do insustentável, colocando em risco as estruturas político-econômico-sociais das nações e a própria vida no planeta. Essas mudanças têm levado a humanidade uma reflexão sobre o comportamento humano em relação ao planeta terra e em relação a si próprio.

O Brasil, detentor da maior biodiversidade do mundo, tem sido pressionado a apresentar soluções para a preservação dos seus recursos naturais. Porém, a solução para os problemas aqui existentes não são simples, principalmente em função das dimensões do país e da heterogeneidade dos problemas a serem resolvidos. Além disso, os sistemas de preservação socioambiental, até então implantados, em sua maioria modelos importados, são inadequados às condições brasileiras. Portanto, existe a necessidade da formulação de um modelo próprio e específico para solucionar as questões ambientais brasileiras.

Este trabalho foca uma palmeira brasileira de grande potencial para a geração de óleos e coprodutos passíveis de serem utilizados para a produção de energia e de alimentos: a Macaúba. O aproveitamento sustentável dos frutos dos macaubais sob as óticas social, ambiental e econômica é o grande objetivo deste trabalho.

A macaúba, *Arecaceae* do gênero *Acrocomia*, é uma palmeira de vasta distribuição no Brasil e no continente americano, podendo ser encontrada em praticamente todo território brasileiro: faz parte da paisagem rural de vários estados, principalmente, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. Nos últimos anos tem crescido o interesse da comunidade científica, empresarial e governamental para a inclusão definitiva da macaúba entre as

oleaginosas a serem utilizadas na cadeia produtiva do biodiesel, principalmente em função da percentagem de óleos nos frutos (20-25%), do potencial produtivo por área (3000-6000kg/ha), das muitas possibilidades de utilização dos óleos e dos co-produtos e, ainda, por ser uma planta nativa do Brasil, que vem sendo utilizada a séculos pelas populações locais de forma artesanal ou semi-industrial. Todos esses fatores colocam a macaúba em uma posição privilegiada no “ranking” das oleaginosas promissoras. Adicionalmente, a macaúba preenche muitos dos quesitos relatados no Programa Nacional de Produção e usos do Biodiesel, principalmente os relativos ao desenvolvimento regional, preservação ambiental, inclusão e mobilidade social. Essa situação vem abrilhantar as iniciativas pioneiras realizadas por entusiastas da palmeira macaúba, que, ao longo das décadas anteriores, desenvolveram um vasto conhecimento empírico sobre os usos e processamento dessa oleaginosa: os conhecimentos adquiridos são, atualmente, subsídios para o aprofundamento do estudo dessa palmeira.

Apesar de bastante promissora, a utilização da macaúba, na cadeia produtiva do biodiesel e das indústrias de óleos de uma maneira geral, requer, ainda, uma serie de estudos com o objetivo de solucionar gargalos que atualmente inviabilizam o uso imediato dessa oleaginosa para a obtenção de óleos com qualidade adequada ao seu uso posterior.

Este trabalho é um estudo que tem como meta principal contribuir para uma melhor utilização dos frutos da macaúba como matéria prima para a indústria elaiotécnica. Os seguintes tópicos estão em foco: coleta dos frutos; armazenabilidade; caracterização dos frutos; processo de desenvolvimento da acidez livre na polpa e no óleo da polpa; extração dos óleos por prensagem e; extrativismo dos frutos no Norte de Minas Gerais. O trabalho dividiu-se em cinco capítulos:

No primeiro capítulo apresenta-se um levantamento teórico e epistemológico com base na literatura corrente, cujas premissas nortearam as demais etapas do trabalho.

No segundo capítulo apresenta-se um estudo sobre a caracterização dos frutos da macaúba em três regiões distintas, duas no estado de Minas Gerais e uma no estado do Ceará, resultando em uma metodologia que correlaciona propriedades biométricas, físicas e químicas com atributos de qualidade. O estudo finaliza com a proposição de um novo índice para a avaliação da qualidade: o Coeficiente elaiotécnico (*CET*).

O terceiro capítulo pauta-se na armazenabilidade dos frutos da Macaúba, por meio do acompanhamento do processo de desenvolvimento da acidez dos frutos desde a coleta até um período de 30 (trinta) dias de armazenagem. Foram propostas e testadas técnicas diferenciadas de sanitização e tratamento prévio, passíveis de serem implantadas no campo. Os resultados indicaram ser possível conservar e minimizar o processo natural de acidificação dos frutos.

No quarto capítulo é apresentada uma metodologia de preparo das partes polpa e amêndoa de frutos frescos, visando à extração mecânica eficiente e obtenção de ambos os óleos da polpa e da amêndoa com boa qualidade. Parâmetros de qualidade e o balanço de massa do processo são destacados.

No quinto capítulo apresenta-se a descrição do extrativismo no Norte de Minas Gerais, sua importância e a necessidade de atuação junto às comunidades para melhoria das atuais condições de exploração dos frutos da macaúba.

Procurou-se, na realização do trabalho, manter o foco nas metodologias utilizadas, sendo que os experimentos realizados tiveram antes de tudo, um caráter exploratório, tendo sido conduzidos sob uma ótica antropocêntrica e técnico-científica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e avaliar o potencial elaiotécnico dos frutos da macaúba em populações espontâneas de três regiões distintas. Avaliar técnicas de preservação dos frutos da macaúba visando à obtenção do óleo da polpa com baixa acidez. Descrever os aspectos observados e a forma como é feito extrativismo da macaúba no norte de Minas Gerais.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a análise biométrica e da composição dos frutos e de suas partes, incluindo as seguintes quantificações: proporção das partes, teor de umidade e teor de lipídios das partes e dos frutos. Verificar as correlações existentes entre os dados obtidos. Avaliar as variáveis de qualidade dos frutos e a relação dessas com o teor de óleos dos frutos. Verificar como se processa o desenvolvimento da acidez livre no óleo

da polpa da macaúba na armazenagem com identificação dos fatores causa. Propor técnicas de sanitização para minimizar a ação dos microorganismos degradadores da polpa. Observar a técnica utilizada em uma unidade de beneficiamento para o processamento dos frutos da macaúba. Avaliar a qualidade do óleo produzido e realizar o balanço de massa do processo de extração dos óleos da macaúba por prensagem. Discutir o APL do extrativismo no Norte de Minas Gerais.

1.3 ASPECTOS MOTIVACIONAIS

1.3.1 HIPÓTESES

- Existe diferença entre as características biométricas e de composição dos frutos da macaúba nas diferentes regiões.
- Há correlação entre as características biométricas e o teor de lipídios dos frutos.
- As variáveis ou parâmetros comumente utilizados para determinar a qualidade de outros frutos reproduzem a qualidade para os frutos da macaúba.
- A degradação dos frutos da macaúba ocorre devido ao ataque de microorganismos.
- O processo de degradação dos frutos da macaúba pode ser minimizado.
- Existe uma dinâmica do desenvolvimento da acidez nos frutos da macaúba.
- Existe a possibilidade de obtenção do óleo da polpa da macaúba com baixa acidez.
- Existe a possibilidade do processamento dos frutos frescos.
- Existe um APL dos frutos nativos do Cerrado no Norte de Minas Gerais.

1.3.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS

1.3.2.1 CIÊNCIA E O MÉTODO CIENTÍFICO

A ciência pode ser definida como:

“O conjunto organizado de conhecimentos relativos a certas categorias de fatos ou fenômenos. Conjunto de conhecimentos humanos a respeito da natureza, da sociedade e do pensamento, adquiridos através do desvendamento das leis objetivas que regem os fenômenos e sua explicação. Toda ciência, para definir-se como tal, deve necessariamente recortar, no real, seu objeto próprio, assim como definir as bases de uma metodologia específica.” (Ferreira et al, 1999)

O que é conhecer? É uma relação que se estabelece entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido. No processo de conhecimento, o sujeito se apropria, de certo modo, do objeto conhecido. Pode ser físico, relativo aos sentidos, por exemplo, o reconhecimento de um sinal luminoso ou um odor: esse tipo de conhecimento é encontrado em homens e animais. Pode ser não sensível, o que ocorre com realidades, tais como conceitos, verdades, princípios e leis: tem-se, então, o conhecimento intelectual. Dentro de uma mesma realidade, o conhecimento pode ser dividido em vários níveis, dentre esses está o conhecimento empírico, que é o conhecimento atrelado à experiência do indivíduo no meio em que vive. É atóxico e assistemático, ou seja, é obtido das experiências feitas ao acaso, sem método e de investigações pessoais feitas ao sabor das circunstâncias da vida ou absorvido do saber dos outros, das tradições da coletividade ou doutrinas religiosas. O conhecimento científico vai além do empírico, procura conhecer, além do fenômeno, as suas causas, seus efeitos e leis. O conhecimento científico começou a ser formulado na Grécia antiga, quando Platão e Aristóteles buscaram organizar um método para a produção científica. Para Aristóteles, o conhecimento só ocorre de maneira absoluta, quando se sabe qual é a causa que produziu o fenômeno e o motivo de não poder ser de outro modo: é o saber por meio da demonstração. No século XVI, Galileu defendia a elaboração e o teste das hipóteses, etapas que fazem parte do método utilizado pela ciência moderna, que se consolidou com René Descartes. Para Descartes, o conhecimento verdadeiro deveria ser

produzido com rigor, por meio de demonstração, seguido de princípios matemáticos. O intelecto, mais que os sentidos, é fundamental.

Nos seus primórdios, a ciência era tida como um sistema de proposições resultantes apenas da demonstração e da experimentação. O conhecimento científico era caracterizado como: “certo”, porque sabe explicar os motivos de sua certeza; “geral”, no sentido de conhecer o real, o que há de mais universal e válido para todos os casos da mesma espécie; “metódico e sistemático”, o cientista não ignora que os seres e fatos estão ligados entre si por certas relações. Nessa perspectiva o método científico se reduz a um “conjunto de regras” que por si só garantem a obtenção dos resultados desejados.

No final do século XIX cinco crenças epistemológicas e metafísicas caracterizavam a compreensão pública da ciência, tais crenças ainda com reflexos na ciência atual. O Atomismo: crença de que os problemas poderiam ser divididos e tratados separadamente e que as soluções separadas iriam se encaixar num todo coerente. O Mecanicismo, crença de que a predição exata é a Própria essência da ciência. O Universalismo, crença de que os problemas são passíveis de serem compreendidos e tratados pelos centros de poder, uma vez que vários problemas tinham uma explicação universal. O Monismo, idéia de que o conhecimento das disciplinas singulares estava se conjugando em uma explicação unívoca e coerente da realidade, as controvérsias eram causadas pelo conhecimento incompleto ou pela falta de dados e não pela incongruência entre os modos de conhecimentos dos diversos cientistas. O Objetivismo, baseado na idéia de que a maneira de conhecer e os valores nunca precisam se misturar. Tais premissas constituem, ainda hoje, boa parte da base das nossas instituições públicas e das regras pelas quais se pautam as discussões sobre ciência. Nesse sentido, o pesquisador é levado a adotar os padrões aceitos e estabelecidos do método científico, sem uma discussão de cientificidade de certos métodos.

Para versar sobre o conhecimento científico como verdade é necessário ter em mente o seu caráter transitório histórico. Não se deve esquecer, porém, que a historicidade da ciência é transpassada de acidentes, retardada ou desviada por obstáculos ou interrompido por crises. A evolução ou revoluções da ciência é marcada pela dicotomia com as crenças anteriores. Como é o caso das revoluções causadas pelas ideias de Copérnico, Galileu, René Descartes e outros no fim da idade Média, os métodos laboratoriais introduzidos por Lavoisier no século XVIII, as idéias sociológicas de Carls Max do Século XIX ou o novo paradigma vislumbrado pela física de Einstein, no início do

século XX, superando a física de Newton. Não se deve, porém, esquecer a ligação forte entre história da ciência e a atualidade. Uma nova teoria não põe, necessariamente, a anterior por terra. (CERVO, 1996; CARDOSO, 1971; NORGAARD, 1991; ALVES, 2002)

A partir da segunda metade do século XX, houve um enfraquecimento da idéia lógico-positivista da ciência que ignorava ou subestimava o papel dos fatores externos a própria ciência. Começou a ficar clara a importância de reconhecer que a ciência é parte de um sistema e que a maneira pela qual a compreendemos, afeta nossas ações e, portanto, a própria ciência. Dentre as linhas de pensamento surgidas dessa fase encontram-se os Estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que constituem uma importante área de trabalho em investigação acadêmica, política pública e educacional. Nesse campo trata-se de entender os aspectos sociais do fenômeno científico e tecnológico, tanto no que diz respeito a suas condicionantes sociais como no que tange a suas consequências sociais e ambientais. Os estudos de CTS são de uma extraordinária heterogeneidade teórica, metodológica e ideológica, sendo o elemento principal dos questionamentos a preocupação teórica pelos nexos ciência-tecnologia-sociedade. Essas questões assumem muitas diferentes posições teórico-metodológicas e com muitos variados propósitos. O sentido que se concede a esses estudos também é bastante diversificado. Uns autores costumam atribuir-lhe apenas interesse acadêmico, outros vêem o lado prático e tratam de utilizá-lo com fins variados: como recursos de crítica social, como veículo de renovação dos sistemas educacionais ou como fundamento de políticas de ciência e tecnologia (JOVER, 2009; NORGAARD, 1991).

É oportuna, portanto, a discussão da função da ciência e da técnica. À ciência vincula a função à aquisição do conhecimento, ao processo de conhecer, cujo ideal mais tradicional é a verdade, em particular a teoria científica verdadeira, sem o compromisso de ter aplicações práticas. A objetividade e o rigor são atributos desse conhecimento. A função da técnica está vinculada à realização de procedimentos e produtos, ao “fazer”, cujo ideal é a utilidade. A técnica se refere a procedimentos operacionais, úteis do ponto de vista prático, para determinados fins. Constitui em saber “como”. O saber “por que” é uma capacidade inerente à ciência. Historicamente, algumas civilizações como os incas, os chineses, os egípcios, desenvolveram técnicas avançadas, porém, com pouco conhecimento científico. Já os gregos avançaram mais na ciência e se desenvolveram menos na técnica. A ciência contemporânea se orienta cada vez mais por objetivos práticos, para fomentar o

desenvolvimento tecnológico e com isso a inovação. Entende-se tecnologia de duas maneiras distintas: a primeira, como sendo a ciência aplicada, um conhecimento prático que deriva diretamente da ciência. Ou como instrumento, ou seja, a tecnologia como simples ferramentas ou artefato à disposição de todos. Essas duas maneiras reducionistas da tecnologia impedem sua análise crítica e ignoram os interesses sociais, econômico e político daqueles que planejam, desenvolvem, financiam e controlam a tecnologia. Por sua vez, a tecnologia, nos tempos atuais, é cada vez mais dependente da atividade e do conhecimento científico e vice-versa, dissolvendo-se os limites a eles atribuídos. As investigações científicas atuais se produzem em uma via de mão dupla entre o conceito e a aplicação. As experiências de guerra, as pesquisas espaciais, os laboratórios de pesquisa das grandes empresas são exemplos da interdependência de ciência-tecnologia. Esse fato tem encurtado a distância entre cientistas e engenheiros, não havendo distinção em muitos casos. Surge então o termo tecnociência, não para cancelar a identidade da ciência e da tecnologia, mas como um recurso de linguagem para denotar a íntima conexão entre os dois conceitos. Trata-se de tomar consciência da natureza tecnocientífica da atividade científica e tecnológica contemporânea (JOVER, 2009).

A compreensão e solução para os principais grandes problemas atuais da humanidade, como a questão energética, aquecimento global, economia mundial, escassez de recursos naturais e outros problemas complexos, somente poderá ser resolvido por meio de conhecimentos múltiplos e incomensuráveis, associados, por sua vez, a dados também múltiplos e incomensuráveis. A coleta de dados e a sua transformação em informação e em ação são atividades mais sociais que individuais. As barreiras existentes nas unidades, instituições organizadas ao redor de certos padrões de pensamento, são limites a nossa forma de conhecer. Há a necessidade de uma reorganização e de se aprofundar a discussão sobre tais assuntos, refletindo, dessa forma, na atual compreensão a respeito da natureza do processo de produção do conhecimento (NORGAARD, 1991).

1.3.2.2 A SOCIEDADE E A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

1.3.2.2.1. RECURSOS VEGETAIS DO BRASIL

A exploração comercial dos recursos da biodiversidade brasileira é uma prática que se confunde com o início da colonização portuguesa no século XVI, servindo de inspiração ao próprio nome do país. A exuberante *flora brasiliense*, a mais diversificada do mundo, além de compor a paisagem dos diferentes biomas, fornece abrigo e alimentos à, não menos diversificada e exuberante, *fauna brasiliense*. O amplo repertório de recursos naturais encontrados, que por si só garantiam a sobrevivência farta aos nativos aqui presentes na chegada dos europeus, também permitiu no período colonial, a construção das cidades, fornecendo a matéria prima para o desenvolvimento do país. Dentre outros, pode se citar os recursos madeiráveis, tais como madeira para a construção civil, naval, marcenaria e lenha, e os recursos não madeiráveis, tais como pigmentos, fibras, óleos, ceras, látex, resinas, plantas medicinais, frutos comestíveis e muitos outros. Os produtos florestais, principalmente os não madeiráveis, foram de fundamental importância, para a colonização do interior do Brasil. As grandes distâncias dos centros urbanos e a própria carência econômica, dificultavam a aquisição de produtos manufaturados, levando a população sertaneja a buscar na natureza os elementos essenciais para a sua sobrevivência, como: remédios, alimentos, combustível para iluminação, fibras, material para confecção de utensílios e outros. A atividade extrativista era vista como uma atividade das pessoas de menor poder aquisitivo que não tinham a condição de adquirir os produtos industrializados, produtos preferidos pelas pessoas de maior poder aquisitivo. No convívio com recursos extraídos da natureza, o sertanejo adquiriu um vasto conhecimento, atualmente denominado etnobotânico, sobre as plantas e produtos do extrativismo. Desenvolveu técnicas e tecnologias para o processamento das plantas e das partes das plantas, para a confecção de doces, conservas, frutos secos, geléia, farinhas, óleos, licores, garrafadas, unguentos, utensílios, esteiras, artesanato em geral e outros produtos. Este conhecimento empírico, saber tradicional, veio sendo transmitido de pai para filho de geração em geração. Porém, a partir da segunda metade século XX, com a expansão industrial ocorrida nos centros urbanos e a conseqüente migração do homem do campo para a cidade, bem como, o maior acesso aos produtos industrializados, levaram a um desprestígio dos produtos do extrativismo em detrimento aos produtos manufaturados adquiridos no comércio. Como conseqüência, ao final do século XX, a sociedade urbana e principalmente as pessoas mais jovens, ávidas pelo novo, contagiadas pela onda de consumo, desprezavam os conhecimentos e a cultura dos sertanejos recebidos das gerações anteriores. Nesse início do século XXI, uma nova mudança de pensamento se fez

necessária: o crescimento populacional diferenciado e sem controle, as diversas crises e as mudanças de paradigmas exacerbaram as preocupações ambientais e preservacionistas. Como consequência, governantes, cientistas, entidades, empresas e a população em geral ao buscarem alternativas voltam-se para o potencial existente na biodiversidade e conseqüentemente para o saber acumulado pelas populações tradicionais sobre os recursos naturais (MORAES, 1881; MIEGUES, 2001; RIBEIRO, 2010).

1.3.2.2.2 O EXTRATIVISMO NO NORTE DE MINAS GERAIS

A região Norte de Minas Gerais pode ser considerada a síntese da nação interiorana brasileira devido a sua complexidade social, cultural e política; fruto da sua história de colonização e de sua situação ambiental como área de transição: convergência dos ambientes de cerrado, caatinga, campos rupestres e das formações de transição da mata atlântica. O relevo predominante são os chapadões do cerrado denominados “Gerais”. A ocupação do território começou há cerca de 300 anos, o povoamento ocorreu, principalmente, nas margens dos riachos, córregos, veredas e brejos (regiões de solos mais férteis), vertentes de duas bacias principais: a do Rio São Francisco e a do Rio Jequitinhonha. As populações tradicionais locais são formadas principalmente por ribeirinhos não amazônicos (varseantes), caipiras (sitiantes), quilombolas, sertanejo (vaqueiros) e alguns poucos indígenas. Tem como atividade econômica principal a agricultura e pecuária de subsistência, o artesanato e o extrativismo vegetal. A ocupação da terra ocorreu inicialmente em pequenas propriedades, com um maior adensamento nas proximidades dos veios d’água, onde se realiza as atividades de agricultura, ficando o uso dos grandes chapadões restrito a criação de gado à solta e para o extrativismo vegetal (COSTA, 2005; RIBEIRO, 2010; DIEGUES, 2000).

1.4 ESTADO DA ARTE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.4.1 A PALMEIRA MACAÚBA

1.4.1.1 A PLANTA

A macaúba é uma palmeira do gênero *Acrocomia* pertencente à família *Arecaceae*. Sua distribuição ocorre desde Sul do México até ao sul do Brasil e Argentina. Essa

palmeira possui porte arbóreo, pereniformes, frutíferas, heliófitas e monóicas, cujo estipe pode atingir acima de 15 m de altura com 20 a 30 cm de diâmetro. A estipe apresenta-se recoberta de espinhos compridos com cerca de 10 cm, oriundos da base das bainhas foliares. As folhas, em número variado de 20 a 30, são em forma de pinos de quatro a cinco metros de comprimento. É considerada uma espécie pioneira, habita áreas abertas e com alta incidência solar, adaptando-se a solos arenosos e com baixo índice hídrico, porém desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis. É uma árvore bastante resistente, não sendo pouco atacada por pragas e doenças, além de suportar grandes variações climáticas. Em um hectare podem ser plantadas até 200 palmeiras com uma produção de até 25 toneladas de cocos por ano. Os frutos maduros são coletados durante cinco a seis meses por ano, em meses que variam de acordo com a região. Essa produtividade é uma das maiores dentre todas as palmeiras cultivadas ou nativas do Brasil (LORENZI, 1992; GRUPO VERDE, 2006; FRUITS FROM AMERICA, 2005; MOBOT, 2006; LORENZI, 2004; MOURA, 2007).

1.4.1.2 O FRUTO

O fruto é esférico ou ligeiramente achatado, em forma de drupa globosa com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicarpo rompe-se facilmente quando maduro. O mesocarpo é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarela ou esbranquiçada comestível. O endocarpo é fortemente aderido à polpa (mesocarpo), com parede óssea enegrecida e as amêndoas oleaginosas, comestíveis e revestida de uma fina camada de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3mm de espessura (GRAY, 2005; FRUITS FROM AMERICA, 2005; HENDERSON *et al*, 1995; SILVA, 1994; BONDAR, 1964). O peso médio dos frutos da macaúba maduros e recém colhidos, encontrados em Minas Gerais, segundo Retore & Martins (1983), varia entre 36 e 66g, contendo em média 33 a 37% de umidade, sendo a composição média do fruto seco, a seguinte: casca: 16-22%; polpa: 31-37%; endocarpo: 35-42%; amêndoa: 5-7%.



Figura 1.1: Macaubal (esquerda), frutificação e inflorescência da macaúba (direita).

1.4.1.2.1 ATRIBUTOS DE QUALIDADE

A qualidade dos frutos é um conjunto de muitas propriedades que englobam variedade de conceitos, objetivos e subjetivos, pode ser definida como:

“O grau de excelência baseado em um número de atributos do produto que basicamente determinam o nível de conveniência para o uso concreto e determinado” (Chitarra & Chitarra, 2005).

A qualidade ótima de um fruto pode ser determinada pela associação de vários atributos, combinando-se os fatores fisiológicos, como grau de desenvolvimento e amadurecimento, com os fatores físicos e de composição química determinantes de cada produto. Cada segmento da cadeia produtiva atribui ênfase diferente a determinados atributos de qualidade. Os agricultores atribuem ênfase à aparência, produtividade e resistência a pragas. Os comerciantes valorizam a aparência e a armazenabilidade. Os consumidores valorizam principalmente os atributos sensoriais. Os industriais enfatizam o rendimento da matéria prima, as propriedades físico-químicas e o grau de segurança da matéria prima. Para o controle e manutenção da qualidade, os frutos e seus produtos precisam ser avaliados durante todo processo, desde o crescimento, maturidade, pós-colheita, processamento e armazenagem. Segundo literatura (CHITARRA & CHITARRA, 2005; HUI, 2006; GAVA, 2002; BRENNAN, 2006; FACHINELLO, 2008; FELLEW, 2000), destaca-se os principais atributos de qualidade dos frutos:

- SENSORIAIS
 - a) APARÊNCIA: forma; cor; brilho; tamanho (dimensões, massa e volume); defeitos.

- b) TEXTURA: firmeza; dureza; maciez; fragilidade; resistência; suculência; granulidade; fibrosidade.
- c) SABOR E AROMA (*FLAVOR*): doçura; amargor, aroma (voláteis), sabores e odores; acidez; adstringência.
- RENDIMENTO
 - a) PROPORÇÃO ENTRE AS PARTES: casca; polpa; caroço; endocarpo; semente; amêndoa.
 - b) QUANTIDADE DE INTERESSE: volume de suco; teor de lipídios; concentração de substâncias; outros.
 - c) ÍNDICES TECNOLÓGICOS: relações matemáticas entre as partes aproveitáveis e não aproveitáveis (polpa/casca, polpa/caroço) ou índices físico-químicos, por exemplo, Brix, acidez e outros.
- VALOR NUTRITIVO
 - a) TEORES: proteínas; lipídios; carboidratos; vitaminas; sais minerais; substâncias bioativas.
- SEGURANÇA
 - a) PRESENÇA DE CONTAMINANTES: toxinas naturais; resíduos tóxicos (agrotóxico, metais pesados, e outros); micotoxinas.
 - b) MICROORGANISMOS: presença de microorganismos patogênicos ou deterioradores.

A caracterização física, química e microbiológica dos frutos fornece importantes subsídios relativos ao manuseio e acondicionamento para programas de melhoramento genético da espécie; utilização comercial; industrialização; desenvolvimento de métodos tecnológicos adequados de aproveitamento; bem como para o dimensionamento de máquinas e equipamentos para o processamento (OLIVEIRA, 2009; CRUZ, 2001; BRENNAM, 2006).

No caso da indústria elaiotécnica, além da avaliação das dimensões, são necessários um estudo minucioso das características físico-químicas da matéria prima para se atestar a viabilidade técnica e econômica da utilização de determinada oleaginosa no processo de extração de óleos. Essas características são importantes instrumentos de avaliação da natureza e do estado do material em toda a cadeia produtiva. Desde o processo de coleta, transporte, armazenagem, pré-processamento, processamento e destinação do produto final (óleos) e co-produtos (cascas, tortas, endocarpos, borras e outros).

Segundo os autores Brennam (2006), Chitarra & Chitarra (2005); Fellew (2000); Griskey (2002); Gustone (2007); Moretto & Fett (1998), Seiler, (2005). Nos principais índices de qualidade utilizados na indústria elaiotécnica são:

- a) **BIOMETRIA:** a biometria dos frutos é a medida das dimensões, tamanho, forma, massa, massa específica; inclui a quantificação do percentual de cada parte do fruto em relação ao fruto inteiro. As dimensões mais comumente mediadas são: circunferência, diâmetros, comprimento, espessuras. As técnicas de medição incluem processos de peneiramento para a determinação do diâmetro, o uso de paquímetro ou calibradores apropriados para medidas de uma dimensão, balanças e medidores de massa específica. As variáveis massa e massa específica são importantes medidas diretamente relacionadas com a característica da matéria-prima e de sua qualidade.
- b) **TEOR DE UMIDADE:** é uma variável importante para a definição ou adequação dos sistemas de armazenagem e do processamento da oleaginosa. Exerce influência em outros atributos de qualidade da matéria prima, tais como cor, textura, massa específica e outros. O teor de umidade está diretamente relacionado com a atividade biológica e com os processos de degradação da matéria-prima - um maior teor de umidade favorece o desenvolvimento da rancidez hidrolítica e rancidez oxidativa. É uma variável necessária para a quantificação do balanço de massa e da eficiência do processo de extração do óleo.
- c) **TEOR DE LIPÍDIOS:** a quantificação do teor de lipídios da matéria-prima é importante para a identificação do método de extração do óleo, quantificação do balanço de massa do processo, determinação das partes aproveitáveis da oleaginosa, quantificação da eficiência dos métodos de extração e análise da viabilidade econômica da matéria prima.
- d) **COMPOSIÇÃO QUÍMICA:** a identificação e quantificação dos constituintes da matéria-prima são fundamentais para o conhecimento da natureza do material a ser processado, valor nutricional, potencial energético e outros. Adicionalmente, é imprescindível para a caracterização dos produtos e co-produtos gerados do processamento, bem como para a determinação do seu destino.

- e) **COMPORTAMENTO TÉRMICO:** o conhecimento das propriedades associadas ao comportamento térmico da matéria prima, produtos e co-produtos é necessário para o estabelecimento dos processos que envolvem aquecimento por calor sensível e latente e separação, tais como: resfriamento/aquecimento, cozimento, secagem e outros. Também, a partir dessas propriedades podem-se prever alterações sofridas pelas substâncias durante o processamento. Ainda, são necessárias para a quantificação do balanço energético do processo, para a previsão da utilização de co-produtos e para a produção de energia.
- f) **AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA:** o objetivo é a detecção de microrganismos deterioradores, patogênicos ou produtores de toxinas. A avaliação microbiológica é importante em todas as etapas do processo de extração de óleos, principalmente quando se visa à produção de óleos comestíveis. A determinação dos índices de infestação microbiológica indica o estado da matéria prima e permite estabelecer os métodos de tratamentos prévios necessários nos casos de processamento imediato ou de armazenagem, incluindo técnicas de sanitização e/ou tratamentos antimicrobianos específicos.
- g) **CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO:** A caracterização e a avaliação da qualidade do óleo são ferramentas importantes em todo o processo de extração, desde o controle de qualidade da matéria-prima até a avaliação do produto final - permite o conhecimento da natureza do óleo e o seu estado de conservação. Os principais itens de avaliação da qualidade e caracterização do óleo são:

Caracterização: Perfil de ácidos graxos, teor de substâncias bioativas (esteróis, fitoesteróis, vitaminas lipossolúveis e outros), massa específica, índice de refração, índice de saponificação, índice de iodo, viscosidade, ponto de solidificação a frio, ponto de fulgor.

Avaliação da qualidade: índice de acidez, índice de peróxido, umidade e voláteis, sólidos insolúveis em éter, teor de carotenóides.

1.4.1.2.2 MATURAÇÃO E COLETA

A frutificação da macaúba pode ser definida como anual e regular. A floração ocorre entre agosto e dezembro, cada inflorescência produz em média 60 frutos, variando

entre 0 e 271 frutos, o período de queda dos frutos varia de 6 a 10 meses, concentrando-se entre os meses de outubro a janeiro no Distrito Federal, Brasil (SCARIOT, 1998) e de novembro a março no estado de Minas Gerais (PIMENTA, 2010). Estudando a fenologia reprodutiva da Bocaiúva, denominação da macaúba no estado de Mato Grosso do Sul, Lorenzi (2006) verificou que a formação dos frutos ocorreu na estação chuvosa, entre novembro a janeiro; a fase de desenvolvimento inicia-se no final do período chuvoso e estende-se até o início do período de secas, de fevereiro a julho; a fase final do desenvolvimento, a maturação, ocorria entre agosto e novembro e; a partir de novembro, a maioria dos frutos completa o seu desenvolvimento, fora constatado nessa época o início do processo de deiscência. O auge na safra foi registrado entre novembro e dezembro.

Segundo (Novais, 1952), o fruto da macaúba quando atinge o seu amadurecimento completo, desprende-se do cacho e cai, sendo este o ponto de amadurecimento ideal. Segundo o autor, é inútil a coleta dos frutos ainda nos cachos: os frutos são ricos em umidade e pobres em matéria graxa, sendo de difícil manipulação, pois a polpa se encontra fortemente aderida à casca. Adicionalmente, o autor relatou que os frutos colhidos imaturos se alteram facilmente, principalmente porque a polpa perde a umidade rapidamente e adere ao endocarpo formando uma camada fina, compacta e rugosa. Os frutos neste estado foram denominados de ardidos. Rettore & Martins (1983), relatou que, mesmo maduro, logo após a queda, a polpa está fortemente aderida à casca e ao endocarpo e com o passar do tempo esta vai se desprendendo formando um espaço entre a casca e a polpa. Corroborando essa verificação, Novais (1952), relatou que para um melhor aproveitamento elaiotécnico dos frutos da macaúba, estes necessitavam passar por um período de amadurecimento pós-colheita, denominado de pubação. Este processo permite a diminuição da umidade do fruto, facilita a retirada da polpa, propicia a maior disponibilização do óleo e, também, causa o desprendimento da amêndoa do endocarpo com a conseqüente facilitação da separação das partes no processamento industrial.

1.4.1.2.3 DESENVOLVIMENTO DA RANCIDEZ HIDROLÍTICA

A rancidez hidrolítica, também denominada acidez livre, é uma das principais causas da degradação de matérias primas graxas. É causada pela ação das lipases, enzimas que catalisam a hidrólise dos triacilgliceróis, produzindo os chamados ácidos graxos livres

(Figura 1.2), causando alterações organolépticas na matéria-prima, principalmente no sabor e odor e causando, também, a elevação do índice de acidez no óleo (Moretto & Fett, 1998; Cecchi, 2007; Azeredo, 2004, Belitz, 2009). Segundo Hayma (2003), as lipases estão presentes, naturalmente, nas matérias primas graxas, porém são produzidas em grandes quantidades quando são atacadas por insetos e microorganismos. A sua ação também é potencializada por fatores ambientais como a temperatura e a umidade.

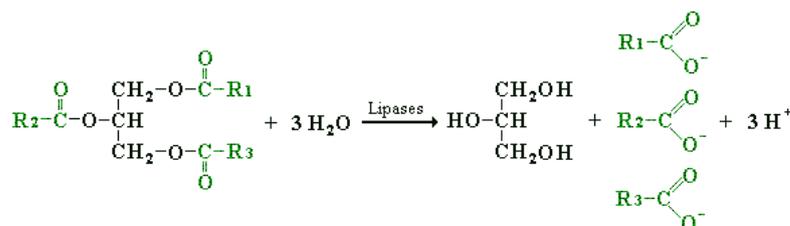


Figura 1.2: Reação de hidrólise catalisada pela ação das lipases

O padrão de ataque por microorganismos, fungos e bactérias, aos frutos e grãos na pós-colheita, geralmente inicia-se por meio de uma infecção por um ou vários fitopatógenos às partes vulneráveis dos frutos: orifícios, rachaduras, injúrias mecânicas e outros. Tais microorganismos se instalam nos tecidos e ao se desenvolverem causam sérios danos à sua estrutura, provocando alterações físico-químicas, variações no pH, produção e decomposição de substâncias, hidrólises enzimáticas e organolépticas, alteração no aspecto, cor, sabor, odor e textura. Os microorganismos podem ser provenientes do solo, água, ar, utensílios, do trato intestinal de homens e animais (CHITARRA & CHITARRA, 2005; AZEREDO, 2004;. BRENNAM,2006).

Segundo Rettore & Martins (1983), para a obtenção do óleo da polpa da macaúba com um bom padrão de qualidade é indispensável o controle da acidez no óleo do fruto logo após a sua colheita, para evitar a ação prolongada da flora criptogâmica, cujas enzimas, principalmente lipases, agem desencadeando o processo de rancidez hidrolítica, conferindo ao óleo um alto índice de acidez. Segundo os autores, os frutos armazenados sem nenhum tratamento prévio têm o índice de acidez aumentado de 0,4% nos frutos frescos para 13,1% no 16º dia e para 30,4% aos 30 dias de armazenagem. Os frutos da macaúba coletados diretamente do solo quase sempre apresentam uma contaminação por flora microbiana variada que atinge a polpa do fruto, seja pela ruptura do epicarpo na queda ou pelo pedúnculo do fruto. A microflora contaminante da macaúba é representada na sua maior parte por fungos, sendo alguns destes produtores de lipases. Os fungos

miceliais são os que aparecem em maior número entre os contaminantes. Segundo o mesmo autor, dentre todos os que apresentaram forte atividade lipásica, os fungos do gênero *Aspergillus sp* se destacaram.

1.4.1.2.4 MINIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS NO PÓS-COLHEITA

Durante o processo de amadurecimento pós-colheita as principais transformações físico-químicas e bioquímicas resultantes das atividades biológicas dos frutos são: síntese protéica, principalmente enzimas; alterações na permeabilidade das membranas; atividade respiratória; síntese de etileno; produção e decomposição de pigmentos; modificação da estrutura dos tecidos pela hidrólise dos polissacarídeos; modificação do sabor e do aroma. Na fase seguinte, a senescência dos frutos, os processos de degradação sobressaem aos de síntese, ocorrendo a degeneração das organelas celulares e também o colapso da estrutura e funções do sistema de membranas das células, tornando os tecidos dos frutos vulneráveis ao ataque dos microorganismos. Assim, para uma boa conservação após a colheita são necessárias ações que não alterem a fisiologia dos frutos e produtos e minimizem a intensidade do processo vital dos frutos por meio do estabelecimento de condições adequadas que possibilitem a redução da cinética do metabolismo normal, desta forma reduzindo a atividade biológica e, adicionalmente, reduzindo o crescimento de microorganismos (CHITARRA & CHITARRA; 2005, ULRICH, 1958; SACHER, 1973; HANSEN, 1966).

As lipases são também as enzimas hidrolíticas atuantes nas atividades biológicas pós-colheita dos frutos e grãos, principalmente aqueles destinados para fins elaiotécnicos. Essas enzimas, quando de origem microbiana, têm como substrato os TAG, que possuem na sua estrutura ácidos graxos com ligações duplas na posição 9, são estereoespecíficas, agindo especificamente sobre as ligações duplas dos isômeros “*cis*”. As condições ótimas de atuação das lipases são em meio com pH 7 - 7,5 e temperatura em torno de 37°C. Porém, são frequentemente mais termorresistentes que a maioria das enzimas: as lipases, produzidas por *Pseudomonas fluorescense*, não são inativadas por pasteurização, para terem 90% da sua atividade diminuída é necessária a submissão a temperatura de 100° por 23min. Ao contrário da maioria das enzimas hidrolíticas, as lipases permanecem ativas em baixos valores de atividade da água: $A_w=0,1$. Assim, para a estabilidade das matérias primas de origem vegetal durante a estocagem, busca-se a inibição da atividade das lipases por meios

físicos ou químicos: os métodos mais frequentemente utilizados para são: calor, inibidores químicos, redução do pH (BERLITZ, 2009; PEREIRA, 2001; AZEREDO, 2004).

Dentre os microorganismos importantes produtores de lipases esterioespecíficas se encontram vários gêneros de fungos e bactérias como: *Aspergillus*; *Pencillium*, *Candida* e outros. O controle microbiológico é um fator de grande importância para a minimização das atividades biológicas em matéria prima alimentícia. Alguns métodos de conservação amplamente utilizados na indústria baseiam-se no uso de calor, radiação, microbicidas e a armazenagem em ambientes desfavoráveis ao crescimento microbiológico: baixas temperaturas, uso de atmosferas modificadas, outras.

O uso do calor como forma de redução da carga microbiana é um dos métodos mais antigos e ainda um dos mais utilizados. Vários tipos de tratamento podem ser utilizados, dependendo da termossensibilidade do material, sua suscetibilidade à deterioração, bem como a estabilidade requerida do produto final. A eficácia dos métodos térmicos de conservação deve ser baseada no binômio tempo-temperatura requerida para eliminação dos microorganismos e nas propriedades de transferência de calor do material. A tendência atual é a utilização de técnicas combinadas de tratamento térmico, tais como: a esterilização seguida da secagem. Este método diminui a atividade da água no material, causa a desnaturação das enzimas, minimizando ou impedindo o desenvolvimento dos microorganismos (AZEREDO, 2004; BASTOS, 2008).

Rettore & Martins, 1983, sugere como forma de esterilização dos frutos da macaúba a fumigação dos mesmos com uma solução de formol a 1% e na sequência sugere da despolpa dos mesmos e submissão a um tratamento térmico rápido entre 80-110°C reduzindo a umidade da polpa para valores inferiores a 10%.

Segundo Santelli (2005), há uma grande lacuna a ser preenchida em relação à informações sobre a fisiologia e sobre a pós-colheita dos frutos de plantas nativas brasileiras, principalmente em relação aos frutos das palmeiras. Há a necessidade de estudos nesta área visando o aproveitamento do grande potencial existente.

Assim, pode-se prever que as condições ideais dos frutos para fins de industrialização são: (i) coleta no estado de maturação completo, (ii) sanitização, esterilização ou outros tratamentos prévios e (iii) armazenagem na forma correta,

prevendo-se o uso de silos ou tulhas bem ventiladas, limpas e isentas de insetos e roedores e que permitam a adequada acomodação dos frutos em camadas ou outras formas.

1.4.2 ÓLEOS E GORDURAS

1.4.2.1 DEFINIÇÃO E GENERALIDADES

Óleos e gorduras são substâncias de origem vegetal, animal terrestre ou marinho, que consistem predominantemente de ésteres de glicerol com ácidos graxos chamados triglicerídeos. A maioria dos óleos vegetais é obtida de frutos e sementes, que geralmente fornecem dois produtos – o óleo e uma torta rica em proteínas. Os óleos vegetais têm uma diversificação de uso muito grande nos vários setores industriais, a saber: matérias-primas básicas para a elaboração de produtos oleoquímicos; preparações farmacêuticas, medicamentos e cosméticos; em aplicações técnicas como ceras, lubrificantes e borrachas; na alimentação na forma de óleos de cozinha, maionese e ingredientes de formulação de diversos alimentos industrializados; como especialidades químicas numa larga gama de produtos e processos industriais. O óleo vegetal apresenta enormes vantagens nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, em relação ao fato de ser uma fonte de energia renovável, podendo ser considerado como um importante fator de viabilização do desenvolvimento sustentável, sem agressões ao meio ambiente (SILVA, 2010).

1.4.2.2 NORMAS E METODOLOGIAS DE CARACTERIZAÇÃO

As normas analíticas vigentes na indústria elaiotécnica são as normas recomendadas pelos órgãos oficiais de regulamentação e normatização internacionais, sendo as mais utilizadas e aceitas aquelas recomendadas pela *American Oil Chemists Society (Official Methods and Recommendation Practices of AOCS)*, *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC)*, *Standards Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates of International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)*, *Codex Alimentarius* e aquelas recomendadas pelo sistema de normatização internacional ISO (*International Standard ISO 5725*). (WROLSTAD *et al* , 2005; PERKINS, 1994; AOAC, 1998; DIEFFENBACHER, 1992; ESTEVES, 1995)

No Brasil, as metodologias recomendadas para as análises de óleos gorduras e correlatos são aquelas sugeridas pelos órgãos oficiais de normatização: Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO); Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); Agência

Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Todas as metodologias contidas nessas normas têm como referência os acordos internacionais de normatização, dos quais o Brasil é signatário. No caso dos óleos e gorduras vegetais, a normatização é feita pelo Grupo Técnico GT-17 do Comitê do *Codex Alimentarius* do Brasil (CCAB), coordenado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Compreendem as determinações das características e índices de qualidade e as metodologias analíticas sugeridas pelas normas (*CODEX STAN 19-1981*; *CODEX STAN 210*, 1999; *CAC/RPC 36-1987 REV. 3-2005*). Destaca-se que as metodologias analíticas sugeridas pelo *Codex Alimentarius* foram validadas pelos Laboratórios do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

As metodologias analíticas sugeridas pela norma *CODEX STAN 210-1999* para caracterização e avaliação da qualidade de óleos e gorduras vegetais são:

- Caracterização dos ácidos graxos por cromatografia gasosa :
Método ISO 5508:1990; AOCS Ce 02-66(97), Ce 01e-91(01), Ce 01f-96(02);
equivalente IAL Met.:344/IV.
- Determinação de umidade e material volátil a 105°C:
Método ISO 662:1998; equivalente IAL: Met. 334/IV
- Determinação de impurezas insolúveis em éter de petróleo:
Método ISO 663: 2000; equivalente IAL: Met.:335/IV
- Determinação da densidade relativa
Método IUPAC 2.101; AOCS Ce 10a-25; Equivalente IAL: 337/IV
- Determinação do índice de refração
Método ISO 6320:2000; AOCS Ce7-25(02); Equivalente IAL: 327/IV
- Determinação do índice de saponificação:
Método ISO3657: 2000; AOCS Cd 3-25(3); IAL: 328/IV
- Determinação do índice de iodo por cálculo:
AOCS Cd 1c-85; IAL: 330/IV
- Determinação da matéria insaponificável
Método ISO3596: 2000; AOCS Ca 6b-53(01); IAL 339/IV
- Determinação do índice de peróxido
Método ISO3960: 2001; AOCS Cd 8b-90(03); IAL 326/IV
- Determinação do índice de acidez
Método ISO660: 1996; AOCS Cd 3d-63(03); IAL 325/IV

Capítulo 2: CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DA MACAÚBA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A caracterização física e química dos frutos é de vital importância para a geração de conhecimentos nas áreas de botânica, agronomia e de processamento (engenharia). Esse conhecimento pode ser utilizado para diversos fins, como: a diferenciação entre espécies e cultivares; formas de propagação; fisiologia da formação e amadurecimento dos frutos; determinação do ponto ideal de maturação e colheita; fisiologia dos frutos pós-colheita; desenvolvimento de tecnologias de transporte, conservação e armazenagem; desenvolvimento de processos, técnicas e equipamentos para o processamento industrial e comercialização de produtos. Mais especificamente, no tocante ao uso dos frutos para o desenvolvimento de processos industriais, a caracterização física e química dos frutos, bem como de seus produtos e co-produtos, permite um melhor dimensionamento, que inclui estudos de viabilização das unidades de processamento; do suprimento; manuseio e acondicionamento; dimensionamento de máquinas e equipamentos; técnicas de processamento; balanço de massa do processo; avaliação da qualidade final dos produtos industrializados. Ainda, as características físicas e químicas dos frutos, produtos e co-produtos são também essenciais para simulação e a otimização de rotas dos processos industriais por meio de programas de computador (CHITARRA, 1999; GAVA 2002; HUI, 2006; CRUZ *et al* ,2001; OLIVEIRA *et al*, 2009; SHAHIDI,2005; BÁLINT, 2001).

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 COLETA E ARMAZENAGEM DOS FRUTOS

Para a realização dos experimentos de caracterização dos frutos da macaúba foram colhidas amostras em cinco macaubais nativos localizados em três regiões distintas:

- (i) Região 1: dois macaubais localizados na região Norte de Minas Gerais, o primeiro na zona rural do município de Mirabela e o segundo situado no município de Botumirim, em área de cultivo de outras lavouras. Nessa região predominam macaubais da espécie *Acrocomia aculeata*;
- (ii) Região 2: dois macaubais localizados na região metropolitana de Belo Horizonte, o primeiro situado na Estação Ecológica do Campus Pampulha da UFMG e, o segundo situado às margens da rodovia BR 262,

mais especificamente no município de Taquaraçu de Minas. Nessa região predominam macaubais da espécie *Acrocomia aculeata*;

(iii) Região 3: um macaubal situado na região da Chapada do Araripe, próximo à cidade do Crato região sul do Ceará. Nessa região predominam macaubais da espécie *Acrocomia intumenses*.

Neste trabalho, nas regiões citadas, foram coletadas 15 (quinze) amostras, contendo de 16 a 25 frutos cada, que contabilizaram 328 frutos. Dessas amostras, 7 (sete) foram provenientes da região Norte de Minas Gerais, 5 (cinco) da região de Belo Horizonte e 3 (três) da região Sul do Ceará. As coletas foram realizadas em duas safras: 2008/2009 e 2009/2010.

Para a composição das amostras, a metodologia incluiu a coleta de frutos caídos no chão próximo aos macaubais, com a seleção de frutos frescos, sem rachaduras ou danos aparentes. A identificação de frutos frescos foi associada ao aspecto da cor do pedúnculo dos frutos: a cor esverdeada foi o indicativo da queda recente, considerado neste trabalho. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e identificadas pela numeração de 1 (um) a 15 (quinze). Na sequência à coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Óleos do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, campus de Montes Claros (MG), sendo armazenadas em freezer. Ressalta-se o tempo máximo entre a coleta e o armazenamento em freezer, não superior a 48 horas.

2.2.2. ANÁLISES BIOMÉTRICAS E DE CARACTERIZAÇÃO

2.2.2.1. DIMENSÕES DOS FRUTOS

A determinação das características biométricas dos frutos foi efetuada por meio de um paquímetro digital da marca “Digimess”, tendo sido feito as seguintes medidas: diâmetro externo (equatorial); diâmetro do fruto sem casa; diâmetro do endocarpo e; espessura da polpa.

Com o objetivo de verificar as diferenças entre as dimensões dos frutos das regiões avaliadas neste trabalho, os resultados foram analisados sob a ótica estatística, utilizando-se a metodologia de delineamento casual para as três regiões de coleta deste trabalho:

- (i) Região de Belo Horizonte com 106 frutos analisados (106 repetições);
- (ii) Região do Norte de Minas Gerais com 149 frutos (149 repetições) e;
- (iii) Região do Sul do Ceará com 78 frutos (78 repetições).

A partir dos resultados, foi realizado o teste de variância e avaliação da similaridade entre as médias obtidas pelo teste de Tukey com um nível de significância de 10%. Reforça-se que esse percentual de significância foi adotado em função dos experimentos envolverem matérias-primas de frutos nativos, o que implica em uma maior variabilidade, objetivando, assim, minimizar a ocorrência do erro tipo 1, ou seja, a rejeição de uma amostra quando esta é verdadeira. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados encontrados na literatura.

2.2.2.2 COMPOSIÇÃO DOS FRUTOS

Para avaliação da composição dos frutos da macaúba foram utilizados lotes contendo de 16 a 26 frutos frescos, sendo: 7 lotes provenientes da região 1; 5 lotes da região 2 e; 3 lotes da região 3. A metodologia incluiu:

- (i) Aspecto e coloração dos frutos (análises sensoriais);
- (ii) Determinação da massa dos frutos nos lotes por meio do uso de balança analítica;
- (iii) Separação das partes casca, polpa e coco (endocarpo e amêndoa). Determinação das massas das partes e teor de umidade e voláteis,
- (iv) Separação endocarpo amêndoa. Determinação do teor de lipídios nas partes casca, polpa e amêndoa.

As Metodologias analíticas foram:

(i) Teor de Umidade e Voláteis: utilizou-se o método descrito em IAL (2008) Perda por dessecação, em estufa com circulação de ar a 105°C até massa constante. O resultado expresso em %m/m.

(ii) Teor de Lipídios: Método AOAC (920.39 c), Extração em aparelho soxhlet utilizando hexano como solvente. O resultado expresso em %m/m.

Com os resultados das análises biométricas e de caracterização dos frutos da macaúba foram realizadas as avaliações estatísticas dos dados. Neste trabalho considerou-se: (i) as regiões 1,2 e 3 avaliadas, como tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente; (ii) como

repetições, os lotes de frutos coletados em cada região e; (iii) como variáveis resposta, a massa média dos frutos; a composição centesimal das partes do fruto em relação ao sua massa seca; o teor de umidade e voláteis das partes e o total dos fruto (cálculo) e; o teor de lipídios das partes e do fruto integralmente (cálculo). Foi feita a análise de variância e verificação da similaridade entre as médias obtidas utilizando-se o teste de Tukey com um nível de significância de 10%. Também, nesses experimentos esse nível de significância foi utilizado para minimizar o erro estatístico do teste de hipótese tipo 1, ou seja, evitar a rejeição de H_0 quando este e é verdadeiro. Foram realizadas as avaliações estatísticas das variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos, utilizando-se o universo amostral dos 15 lotes de frutos avaliados no experimento. Foram realizadas análises estatísticas simples, análises da correlação das variáveis com o teor de lipídios do fruto, análise de regressão e análise de variância. Para realização dos testes estatísticos foi utilizado o programa SAEG ®(RIBEIRO Jr.,2001).Na Figura 2.1 é apresentado o Fluxograma da metodologia experimental deste trabalho para a caracterização dos frutos e partes dos frutos da macaúba.

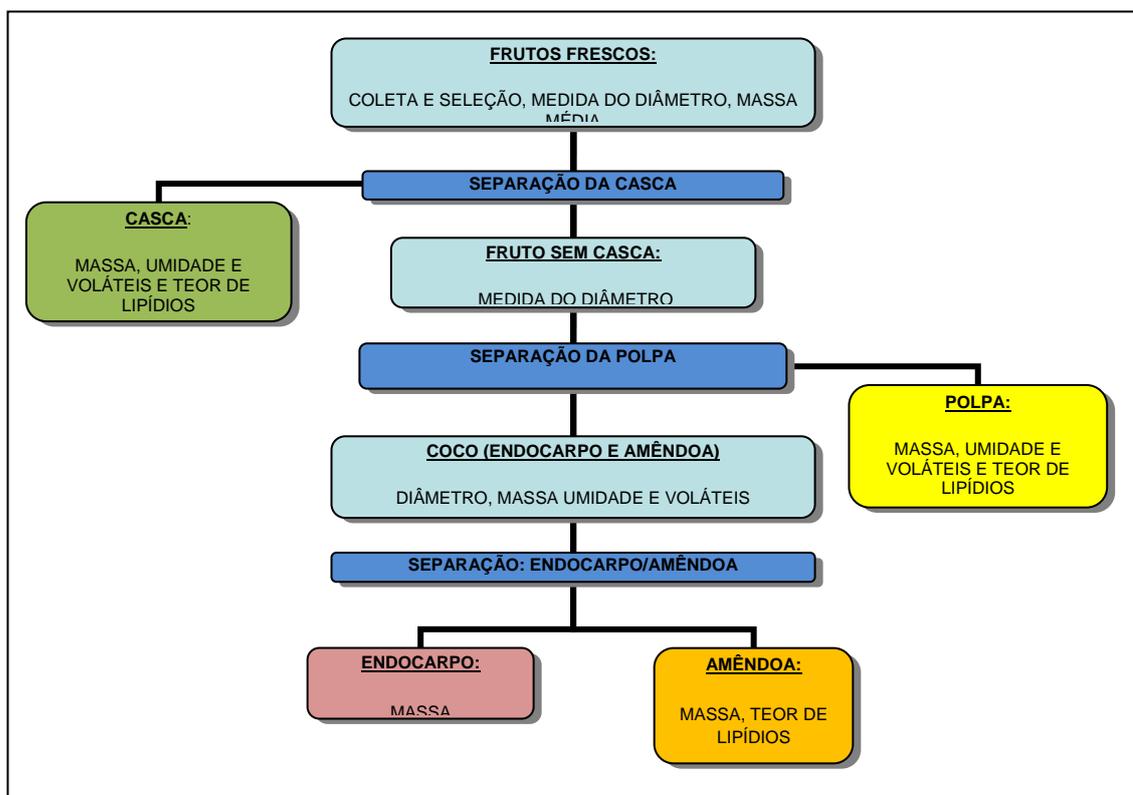


Figura 2.1: Etapas experimentais da caracterização dos frutos e partes dos frutos da macaúba.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS REGIÕES EM QUE FORAM COLETADAS AS AMOSTRAS

Na figura 2.2 se apresentam fotos das regiões de coleta do Norte de Minas Gerais (NMG), nos macaúbaais inseridos no meio de áreas utilizadas para o plantio às margens de córregos na região de Botumirim; grande Belo Horizonte (GBH), mais especificamente da reserva ecológica da UFMG, e da região de Crato, sul do estado do Ceará (SCE), em plantas localizadas em áreas de pastagem no entorno da floresta do Araripe.



Figura 2.2: Da esquerda para direita: Estação Ecológica da UFMG (grande Belo Horizonte); Zona rural de Botumirim (Norte de Minas Gerais), chapada do Araripe (Sul do Ceará).

2.3.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES SENSORIAIS DOS FRUTOS

Anatomicamente os frutos da macaúba podem ser classificados como globosos, quase esféricos, levemente achatados na extremidade do pedúnculo. No fruto se diferenciam quatro partes quando observado de dentro para centro: uma casca externa ou epicarpo; uma polpa ou mesocarpo, um endocarpo e amêndoa ou albumen, conforme descrição a seguir:

- a) EPICARPO (CASCA): Parte externa do fruto que é constituída de uma estrutura fibrosa fina, dura e quebradiça. Não possui uma coloração muito bem definida nos seus estádios de desenvolvimento, contudo sua coloração tende a ser: esverdeada no fruto em desenvolvimento; quando maduros apresentam uma coloração variando de amarelo-esverdeada a marrom claro na espécie *Acrocomia aculeata* e uma coloração que varia de esverdeada a amarelo esverdeada na espécie *Acrocomia intumense*;

os frutos envelhecidos possuem uma coloração da casca que varia do marrom claro ao marrom escuro chegando a tons enegrecidos em alguns casos. O epicarpo encontra-se fortemente aderida à polpa nos frutos imaturos e recém caídos. No processo de amadurecimento, pós deiscência, a casca se desprende do mesocarpo. A casca é praticamente inodora na parte externa e possui o odor característico da polpa na parte interna. Na figura 2.3, os aspectos da casca, conforme descritos podem ser visualizados.



Figura 2.3: Coloração da casca dos frutos da macaúba. Da esquerda para direita: frutos imaturos, frutos maduros, fragmentos de casca de frutos maduros, frutos envelhecidos.

- b) MESOCARPO (POLPA): Parte carnosa do fruto. Apresenta uma estrutura fibrosa crespa de coloração esbranquiçada praticamente inodora e incipita quando os frutos estão imaturos. Nos frutos maduros, imediatamente após a queda do cacho ainda se encontra rígida e aderida ao epicarpo, secreta um líquido mucilaginoso e viscoso quando pressionada, a coloração é amarelada, variando do amarelo claro ao amarelo escuro na espécie *Acrocomia aculeata* e de amarelo ao alaranjado na espécie *Acrocomia intumenses*. O odor é característico dos frutos maduros, suave na espécie *Acrocomia aculeata*, mais intenso e adocicado na espécie *Acrocomia intumenses*. O sabor é característico, agradável ao paladar, mais suave nos frutos recém caídos e mais acentuado e adocicado a medida que o fruto amadurece. Nos frutos envelhecidos, a polpa torna-se mais macia; quando pressionada exala óleo; o sabor e o odor tornam-se rançosos perdendo o adocicado e a coloração apresenta tons amarronzados. Na figura 2.4, apresenta-se a visualização dos aspectos descritos.



Figura 2.4: Coloração da Polpa dos frutos da macaúba. Da esquerda para direita: fruto imaturo, fruto maduro recém colhido, espessura da polpa, fruto envelhecido

- c) ENDOCARPO: Estrutura maciça, dura e densa de coloração variando do marrom escuro ao negro. Forma uma carapaça que envolve a amêndoa, é revestido externamente pela polpa, esta se encontra fortemente aderida a ele quando os frutos estão recém colhidos, conforme apresentado na figura 2.5.



Figura 2.5: Coco (Pirênio, endocarpo e amêndoa) esquerda, fragmentos de endocarpo

- d) ALBÚMEN (AMÊNDOA): Parte mais interna do fruto, possui a forma esférica ou achatada, geralmente ocorre uma amêndoa por fruto, esporadicamente, não raro, encontram-se duas amêndoas por fruto e raramente ocorrem frutos com três ou mais amêndoas. Possui uma estrutura fibrosa dura esbranquiçada recoberta por uma película bastante fina de coloração marrom escuro ou negra. O sabor e o odor são característicos das amêndoas de palmeiras, aroma e sabor de coco, tornando-se ardidos nos frutos muito envelhecidos. A amêndoa contém o embrião do fruto. Na figura 2.6 está apresentada fotos da amêndoa.



Figura 2.6: Amêndoa da macaúba

- e) **PEDÚNCULO:** Parte do fruto que se adere ao cacho tem a forma circular e possui uma aureola formada por restos da inflorescência. Nos experimentos citados na literatura (FARIAS, 2009), e confirmados neste trabalho, a coloração do pedúnculo demonstrou ser um bom indicativo do estado de conservação dos frutos. Nos frutos frescos, recém caídos, a coloração varia de esverdeado a palha e, nos frutos envelhecidos, de marrom claro a marrom escuro podendo chegar a coloração negra. Conforme será discutido posteriormente, essa identificação é importante, uma vez que está comprovado que o óleo extraído da polpa de frutos frescos possui baixo índice de acidez, característica de qualidade almejada para fins industriais. A figura 2.7 apresenta fotos dos frutos nas condições descritas.



Figura 2.7: Fruto recém caído: pedúnculo esverdeado, primeiro a esquerda. Demais: pedúnculo marrom - frutos envelhecidos.

Na figura 2.8, apresenta-se um corte transversal do fruto, com visualização de todas as partes descritas.

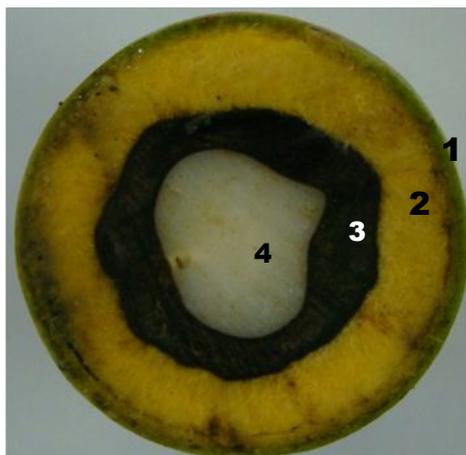


Figura 2.8: Perfil do fruto da macaúba: 1)epicarpo (casca); 2)mesocarpo (polpa); 3)endocarpo; 4) albúmen (amêndoa).

2.3.3 AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DOS FRUTOS

Os resultados deste trabalho, relativos às dimensões das diversas partes dos frutos estão apresentados na Tabela 2.1.

Os resultados obtidos para as medidas do diâmetro dos frutos se situam na faixa relatada pela literatura: 30-60mm (RETORE & MARTINS, 1983) e; 35-45mm (NOVAES, 1952). Não foram encontrados na literatura consultada dados dos parâmetros diâmetro do fruto sem casca, diâmetro do coco e espessura da polpa. Pelos resultados obtidos da análise de variância, conforme Tabela 2.1, pode se observar que os frutos das regiões 1 e 2 possuem diâmetros médios iguais estatisticamente e que os frutos da região 3 possuem um diâmetro médio menor, a justificativa pode estar no fato de que os frutos das regiões 1 e 2 pertencem à espécie *Acrocomia aculeata*, enquanto que os frutos da região 3 pertencem a espécie *Acrocomia intumenses*. No entanto, observa-se que os frutos da região 1 apresentam as maiores médias no diâmetro do fruto sem casca, no diâmetro do coco e maior espessura da polpa. Ainda, os frutos da região 2 superaram os da região 3 em todas as medidas realizadas, exceto na medida da espessura da polpa. De uma maneira geral, apesar das diferenças estatísticas observadas entre as dimensões médias entre regiões, não se observou grandes amplitudes nas variações dos valores das medidas obtidas, fato constatado pelo baixo coeficiente de variação: a maioria das medidas teve um CV abaixo de 10%. Esses dados são de grande importância para o dimensionamento de equipamentos de processamento dos frutos.

Tabela 2.1: Dimensões do fruto e das partes do fruto da macaúba das diferentes regiões

MEDIDA	REGIÃO			
	NMG*	GBH	SCE	
Diâmetro do fruto (mm)	Mín.	38,5	37,5	33,7
	Max.	49,7	48,9	44,5
	Média	43,8^{a***}	43,0^a	40,3^b
	DP	2,8	2,6	2,6
	CV(%)	6,4	6,1	6,4
Diâmetro do fruto sem casca (mm)	Mín.	32,8	30,7	30,2
	Max.	45,2	43,2	40,1
	Média	39,3^a	37,3^b	35,6^c
	DP	2,8	2,5	2,2
	CV(%)	7,2	6,8	6,3
Diâmetro do coco (mm)	Mín.	23,6	22,3	22,3
	Máx.	44,4	37,5	38,0
	Média	29,4^a	28,4^b	27,3^c
	DP	3,0	2,5	2,4
	CV(%)	10,3	8,8	9,0
Espessura da polpa (mm)	Mín.	3,4	2,5	2,9
	Max.	7,4	6,4	5,9
	Média	5,3^a	4,5^c	4,9^b
	DP	0,8	1,0	0,7
	CV(%)	14,4	22,0	13,7

*NMG: Norte de Minas Gerais; GBH: Grande Belo Horizonte; SCE: Sul do Ceará. ** Letras sobrescritas diferentes, na mesma linha, significa médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey com 10% de significância, sendo a>b>c.

2.3.4 AVALIAÇÃO DA PROPORÇÃO DAS PARTES DOS FRUTOS DA MACAÚBA

Na Tabela 2.2, apresenta-se os resultados das medidas experimentais das massas dos frutos das regiões 1, 2 e 3.

Tabela 2.2: Massa média dos frutos frescos.

PARTE DO FRUTO	REGIÃO				
		NMG	GBH	SCE	GERAL
MASSA MÉDIA DO FRUTO (g)	Mín.	34,5	29,4	31,1	29,4
	Máx.	54,4	44,6	39,9	54,4
	Média	45,1	39,3	36,4	40,3
	DP	5,9	6,1	4,7	5,8
	CV	13,0	15,6	13,0	14,0

As medidas das massas dos frutos deste trabalho concordam com os valores encontrados por RETORE & MARTINS (1983), 36-66g. Destaca-se que, em função do coeficiente de variação, estatisticamente as massas médias são similares (teste de Tukey - 10%).

Os resultados das proporções das partes do fruto da macaúba, quantificados a partir das medidas experimentais das massas das partes, porém em base seca, estão apresentados na Tabela 2.3.

Os resultados médios obtidos do cálculo da porcentagem da casca em relação à massa seca dos frutos da macaúba concordam com os resultados encontrados na literatura pesquisada: 16,0 a 26,1% (RETIRE & MARTINS, 1983) e 23,8% (NOVAES, 1952). O quantitativo de proporção média de polpa também concorda com os valores encontrados por RETIRE & MARTINS (1983), 31,1 a 51,0%, porém foram menores que os observados por NOVAES (1952), 35,7%. Também, os valores relativos à proporção média da massa de endocarpo concordam com os resultados de literatura obtidos pelos mesmos autores: 22,2 a 42,6% e 33,2%, respectivamente. Contudo, os valores médios observados para a proporção da amêndoa foram um pouco maior que os obtidos por RETIRE & MARTINS (1983), faixa de 4,9 a 8,1%, e por NOVAES (1952) de 7,2%. Não foram encontrados, na literatura pesquisada, dados sobre a proporção do coco (endocarpo+amêndoa). Na análise de variância, a comparação das médias realizada pelo teste Tukey com 10% de significância, não resultou em diferenças significativas entre as medidas das proporções obtidas dos frutos das diferentes regiões.

Tabela 2.3: Proporção das partes do fruto da macaúba em relação à massa seca.

PARTE DO FRUTO		REGIÃO		
		NMG	GBH	SCE
CASCA (%m/m)	Mín.	17,9	19,3	23,0
	Máx	25,6	25,6	24,7
	Média	22,3	22,7	23,7
	DP	2,7	2,4	0,9
	CV	12,2	10,5	3,7
POLPA (%m/m)	Mín.	25,7	15,7	32,9
	Máx	41,4	36,8	34,3
	Média	34,8	28,3	33,5
	DP	5,0	8,7	0,7
	CV	14,4	30,5	2,0
COCO (%m/m)	Mín.	34,1	38,8	41,9
	Máx	50,6	58,7	44,0
	Média	42,9	49,0	42,6
	DP	4,9	8,6	1,1
	CV	11,5	17,7	2,7
ENDOCARPO (%m/m)	Mín.	28,1	33,8	32,2
	Máx	40,1	48,0	35,8
	Média	34,4	40,0	33,7
	DP	4,2	6,1	1,9
	CV	10,8	15,1	5,7
AMÊNDOA (%)	Mín.	5,6	6,2	6,3
	Máx	11,2	11,6	9,4
	Média	8,3	8,6	8,0
	DP	2,1	2,3	1,6
	CV	25,0	27,8	19,9

2.3.5 AVALIAÇÃO DA UMIDADE E VOLÁTEIS DAS PARTES DO FRUTO DA MACAÚBA

Os resultados obtidos da avaliação do teor de umidade e voláteis das partes do fruto da macaúba nas regiões avaliadas são mostrados na Tabela 2.4.

Os teores médios de umidade e voláteis quantificados para os frutos da macaúba concordam com os valores apresentados por RETORE & MARTINS (1983) de 33,0 a 36,5%. Ressalta-se que o trabalho de Novaes (1952) apresentou resultados de frutos envelhecidos, teor de umidade de 9,2%, portanto a comparação com este trabalho não é relevante. Os resultados indicam um maior coeficiente de variação do teor de umidade e

voláteis nas amostras de frutos colhidos na região de Belo Horizonte, 18,5%, em comparação o valor obtido nas demais regiões avaliadas, cujos coeficientes de variação ficaram abaixo de 10%. Os teores de umidade e voláteis médios encontrados para a polpa estão próximos do valor encontrado por SILVA (2009), 48,9%. Não foram encontrados parâmetros para os teores de umidade e voláteis da casca e do coco (endocarpo+amêndoa), na literatura consultada. Não foram detectadas diferenças significativas entre as médias dos teores de umidade e voláteis para as regiões deste trabalho, conforme teste de Tukey com 10% de significância.

Tabela 2.4: Umidade e voláteis das partes dos frutos da macaúba

PARTE DO FRUTO	REGIÃO			
		NMG	GBH	SCE
CASCA (%m/m)	Mín.	39,6	36,5	40,8
	Máx	46,6	53,2	48,9
	Média	41,4	44,0	45,7
	DP	2,4	7,7	4,3
	CV	5,8	17,6	9,3
POLPA (%m/m)	Mín.	41,8	38,0	43,2
	Máx	57,5	57,1	58,5
	Média	46,4	46,6	49,1
	DP	5,1	6,9	8,2
	CV	11,1	14,9	16,8
COCO (%m/m)	Mín.	7,8	9,0	4,3
	Máx	22,8	19,9	14,8
	Média	16,8	15,6	10,5
	DP	5,0	4,3	5,5
	CV	29,9	27,9	52,4
FRUTO TODO (%m/m) (calculado)	Mín.	32,0	28,5	33,9
	Máx	39,7	42,9	37,3
	Média	35,8	34,9	35,1
	DP	3,0	6,5	1,9
	CV	8,4	18,5	5,4
MATÉRIA SECA DO FRUTO (%m/m)	Mín.	60,3	57,1	62,7
	Máx	68,0	71,5	66,1
	Média	64,2	65,1	64,9
	DP	3,0	6,5	1,9
	CV	4,7	9,9	2,9

2.3.6 AVALIAÇÃO DO TEOR DE LIPÍDIOS NAS PARTES DO FRUTO DA MACAÚBA

Os resultados obtidos das análises do teor de lipídios dos frutos e das partes do fruto da macaúba são mostrados na Tabela 2.5.

Efetuada-se uma análise geral, os resultados obtidos na avaliação do teor de lipídios das partes apresentaram uma grande variação entre os lotes avaliados, fato demonstrado pelo coeficiente de variação superior a 20% para a maioria dos casos. A explicação pode residir sobre o fato da macaúba ser uma planta nativa, podendo haver variações de planta para planta da mesma espécie. Novaes (1952) atribuiu a grande variabilidade dos teores de matéria graxa nos frutos da macaúba ao fato desse teor variar de acordo com o estágio de maturação do fruto. Neste trabalho foram selecionados frutos frescos pelo critério de análise do pedúnculo, conforme anteriormente descrito, portanto esperava-se uma variabilidade menor do que a obtida dentro de uma mesma região.

Relativo aos resultados obtidos para o teor de lipídios da polpa da macaúba verificou-se que os frutos das regiões Norte de Minas Gerais (NMG) e grande Belo Horizonte (GBH) possuem um teor de lipídios estatisticamente semelhante, fato justificado por serem frutos de uma mesma espécie, *Acrocomia aculeata*. Os resultados médios obtidos para essas duas regiões, cerca de 48,0%, estão em concordância com os resultados apresentados por Novaes (1952) de 43,8 a 59,8%, porém, ficaram abaixo dos resultados apresentados por Retore & Martins (1983), 55,8 a 69,9%, embora resultados individuais de alguns dos lotes de frutos avaliados tenham atingido essa faixa. Por outro lado, a polpa dos frutos da região Sul do Ceará, espécie *Acrocomia intumenses*, apresentaram um teor de lipídios 55% menor em comparação com o valor médio dos frutos da espécie *Acrocomia aculeata*, espécie é predominante no estado de Minas Gerais. Não foram encontrados parâmetros para o teor de lipídios das partes do fruto da macaúba para a espécie *Acrocomia Intumenses*, na literatura pesquisada.

Por outro lado, os resultados das análises das amêndoas indicam que as amêndoas dos frutos do Sul do Ceará possuem um teor de lipídios 15% maior que a dos frutos do Norte de Minas Gerais e 33,6% maior que os da região de Belo Horizonte.

Tabela 2.5: Teor de lipídios das partes dos frutos da macaúba

PARTE DO FRUTO	REGIÃO			
		NMG	GBH	SCE
POLPA (%m/m) (base seca)	Mín.	29,5	37,6	17,1
	Máx	60,1	58,4	29,8
	Média	48,7^{a*}	47,2^a	21,4^b
	DP	10,0	9,5	7,2
	CV	21,1	20,1	33,7
AMÊNDOA (%m/m) (base seca)	Mín.	47,0	35,9	62,3
	Máx	60,0	61,2	63,5
	Média	54,8^{ab}	47,3^b	63,2^a
	DP	5,0	9,5	0,6
	CV	9,2	20,0	1,0
CASCA (%m/m) (base seca)	Mín.	5,2	3,5	4,7
	Máx	12,9	13,0	9,5
	Média	8,4	7,0	6,4
	DP	2,4	3,6	2,7
	CV	28,6	51,4	42,2
FRUTO (%m/m) (base úmida) (Calculado)	Mín.	9,3	9,2	7,5
	Máx	18,5	15,6	11,1
	Média	14,9^a	12,3^{ab}	8,9^b
	DP	3,4	3,1	1,9
	CV	23,4	25,2	21,3
FRUTO (%m/m) (base seca) (Calculado)	Mín.	14,0	13,8	12,0
	Máx	28,3	25,9	16,9
	Média	23,3^a	19,0^{ab}	13,7^b
	DP	5,1	4,8	2,7
	CV	22,6	25,3	19,7

* Letras sobrescritas diferentes, na mesma linha, significa médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey com 10% de significância, sendo a>b>c.

Relativo aos valores médios obtidos para o teor de lipídios da casca verifica-se que não houve diferenciação significativa entre os resultados para as regiões avaliadas. Os

resultados estão em concordância com os apresentados por Rettore & Martins (1983) e Novaes (1952): 5,3 a 9,8% e 9,7%, respectivamente.

Na avaliação dos teores de lipídios do fruto inteiro (em ambas as bases: úmida e seca), observa-se que a variância das médias é significativa para as três regiões avaliadas. Estatisticamente, os resultados indicam que os frutos da região Norte de Minas Gerais são os que apresentam um maior teor de lipídios, seguido dos frutos da região de Belo Horizonte e da região sul do Ceará, esse último com valores bastante inferiores. Os resultados médios obtidos para os frutos colhidos em Minas Gerais (NMG e GBH), espécie *Acrocomia aculeata*, 13,9% (base úmida) e 21,5% (base seca) ficaram abaixo dos valores encontrados por Rettore & Martins (1983) de 16,2 a 22,9% (base úmida) e de 25,5 a 34,4% (base seca). Essa comparação para baixo está em concordância com o resultado comparativo para o óleo da polpa. Destaca-se que a faixa relatada por Rettore & Martins (1983) compreendem a análise de frutos coletados de várias regiões de Minas Gerais (Norte de Minas, Grande Belo Horizonte e Abaeté), porém com diferenciação efetuada não pela região, mas pela massa média dos frutos coletados, a saber: 33g, 46g e 60g.

2.3.7 MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE AS MEDIDAS OBTIDAS DOS FRUTOS DA MACAÚBA

Tabela 2.6: Matriz de Correlação de Pearson das medidas dos frutos da macaúba

	MF	DF	DSCAS	ESPO	PMS	AMS	CMS	EMS	TLP	TLA	UF	UC	UP
TLFMS	0,60561	0,42801	0,5858	0,50681	0,54743	-0,1772	-0,3018	-0,4306	0,78186	-0,4622	0,08746	-0,1179	-0,1341
MF		0,45003	0,83033	0,72734	0,38598	-0,0372	-0,211	-0,3558	0,46232	-0,1865	0,21943	-0,131	-0,0602
DF			0,5421	0,17675	-0,079	-0,2148	0,24646	0,14578	0,67656	-0,4195	0,0188	-0,2037	-0,0328
DSCAS				0,5523	0,18888	0,17536	-0,29	-0,0987	0,59327	-0,3386	0,02202	-0,2449	-0,0851
ESPO					0,83867	-0,4371	-0,2088	-0,759	0,04301	-0,075	0,15875	0,02183	-0,146
PMS						-0,5475	-0,2709	-0,9113	-0,0295	0,06903	0,17672	0,12446	-0,1018
AMS							-0,4209	0,50773	0,02237	0,01047	-0,291	-0,4213	0,02224
CMS								-0,0116	-0,0568	-0,0892	0,07124	0,15486	-0,0665
EMS									-0,0983	-0,0765	-0,168	-0,1174	0,13229
TLP (2)										-0,6541	-0,0191	-0,174	-0,1186
TLA (3)											0,35862	0,20915	0,48697
UF												0,62893	0,43885
UC													0,66078

Os resultados da análise das correlações entre as variáveis obtidas das medições realizadas nos frutos da macaúba utilizando-se a correlação de Pearson são apresentados na Tabela 2.6.

Os dados apresentados na matriz acima (Tabela 2.6) serão analisados em função dos seguintes fatores:

- 1) TLFMS - variável de elevada importância - observa-se uma correlação alta positiva ($> 0,6$) com o teor de lipídio da polpa (TLP), medido em base seca; uma correlação significativa e positiva ($> 0,5 / < 0,6$) com a massa do fruto (MF), com o diâmetro sem casca (DSCAS), com a espessura da polpa (ESPO) e com a porcentagem da polpa (PMS). Esses resultados estão em conformidade com o esperado; possui uma correlação baixa e positiva ($< 0,5$) com o diâmetro do fruto (DF), baixa e negativa com a porcentagem da casca (CMS), com a porcentagem do endocarpo (EMS) e com o teor de óleo da amêndoa (TLA); e uma correlação desprezível com as demais variáveis.
- 2) O teor de lipídio da polpa (TLP) possui uma correlação significativa positiva com os diâmetros do fruto com e sem casca (DF e DSCAS) e negativa com o teor de óleo da amêndoa (TLA).
- 3) A massa dos frutos (MF) possui uma alta correlação com o diâmetro dos frutos sem casca (DSCAS) e com a espessura da polpa, em contrapartida, apresentou uma correlação baixa com o diâmetro externo dos frutos (DF), resultado importante, pois se conclui que o maior tamanho externo não é a variável determinante para uma maior massa do fruto;
- 4) A porcentagem da polpa (PMS) e a espessura da polpa (ESPO) possuem uma correlação negativa alta com a porcentagem de endocarpo (EMS) e moderada negativa com a porcentagem da amêndoa (AMS). Convém lembrar que os frutos da GBH apresentaram uma maior percentual de endocarpo, portanto esse resultado pode direcionar para uma maior valorização deste co-produto.
- 5) A porcentagem da amêndoa (AMS) possui uma correlação significativa positiva com a porcentagem de endocarpo (EMS).
- 6) Os teores de umidade do fruto (UF), da casca (UC) e da polpa (UP) apresentaram uma correlação baixa ou desprezível com todas as outras variáveis.

2.3.8 AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS COM A QUALIDADE DOS FRUTOS DA MACAÚBA

Esta parte do trabalho pretende avaliar estatisticamente os experimentos realizados com foco nas variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos da macaúba (Chitarra &

Chitarra, 2005): teor de lipídio do fruto (TLF), massa média dos frutos (MF), diâmetro externo dos frutos (DF), teor de umidade (TU), relação polpa/casca e relação polpa/caroço. As avaliações estatísticas consideradas foram: análise de variância, correlação de Pearson e regressão linear pelo modelo quadrático. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.6.

A avaliação estatística foi realizada utilizando-se os resultados das medições obtidas dos 15 lotes de frutos das três regiões avaliadas. Tendo em vista os objetivos elaiotécnicos deste trabalho, tomou-se como principal índice de qualidade o teor de lipídios dos frutos em relação a sua massa seca. Os resultados indicaram uma variação acentuada para essa variável no universo amostral analisado: coeficiente de variação (CV) de 28%. O valor de assimetria próximo de zero (0,0492), demonstra que os valores do teor de lipídios tende a uma distribuição simétrica em torno da média encontrada. Contudo, a distribuição tende ao achatamento, constatado pelo valor da medida da curtose (1,3574), confirmando a variabilidade dessa variável nos frutos. Contudo, a análise de variância conseguiu diferenciar o teor de lipídios dos frutos das regiões avaliadas pelo teste de Tukey com 10% de significância.

A variável massa média dos frutos (MF) apresentou um coeficiente de variação de 15% no universo amostral avaliado; demonstrou uma tendência a distribuição normal pela curtose, 2,4; levemente assimétrica - alongada a esquerda; apresentou uma correlação significativa e positiva com o teor de lipídios dos frutos; o teste de Tukey 10% de significância conseguiu diferenciar a massa média dos frutos por região, porém as colocou como iguais estatisticamente. Ainda, conforme apresentado no Figura 2.9-a, o R^2 igual a 0,380 indica não ser possível obter um modelo matemático razoável entre essas variáveis.

A variável, Umidade do Fruto (UF) apresentou variação relativamente baixa entre as amostras analisadas (CV = 11,5); uma correlação de Pearson desprezível (0,0875) com o teor de lipídios do fruto; uma dificuldade na obtenção de um modelo, conforme $R^2 = 0,010$ - Figura 2.9-b. Portanto essa variável não tem influência significativa no teor de lipídios do fruto. Em contrapartida, conforme capítulo posterior deste trabalho, essa variável de qualidade não pode ser negligenciada por influenciar diretamente em ambas as etapas de armazenabilidade e processamento dos frutos.

Relativo à variável diâmetro do fruto (DF) obteve-se baixa variabilidade nos valores dos diâmetros do fruto (CV = 5,4); os valores de assimetria e curtose indicam uma

tendência normal assimétrica alongada a esquerda com os valores distribuídos próximo ao valor médio; observou-se uma baixa correlação (0,4280) entre o diâmetro dos frutos e o teor de lipídios; mais uma vez observou-se um baixo valor de R^2 , Figura 2.9-c.

Relativo a variável relação polpa/casca, observou-se um alto grau de variação (CV = 21,61); a distribuição dos valores encontrados se mostraram concentrados no entorno da média, distribuídos assimetricamente com a cauda alongada para esquerda; apresentou uma correlação significativa baixa com o teor de lipídio do fruto; na regressão obteve-se um valor R^2 baixo, conforme Figura 2.9-d; a diferenciação entre as médias obtidas nas diferentes regiões avaliadas não foram significativas ao nível de 10%.

A relação polpa/caroço apresentou um coeficiente de variação alto (CV = 28,7); a distribuição dos valores tendeu a uma distribuição normal levemente assimétrica alongada a esquerda; observou-se uma baixa correlação com o teor de lipídios; conforme Figura 2.9-e, um baixo valor de R^2 ; a análise de variância não diferenciou as médias obtidas das diferentes regiões em um nível de 10%.

Tendo em vista as baixas correlações e as baixas significâncias observadas nas relações entre as variáveis de qualidade descritas e o teor de lipídios dos frutos da macaúba, propõe-se um novo parâmetro de qualidade, ou “índice tecnológico”, o qual incorpora variáveis de caracterização dos frutos e efetivamente possui elevada correlação com o teor de lipídio. O índice proposto por este trabalho denomina-se *Coefficiente Elaiotécnico* (Coeficiente=Índice; Elaiotécnico= relativo à tecnologia de óleos), sendo expresso pela relação matemática que se segue:

$$CET = MS \times \frac{(\sum(Pa \times FL))^2}{\prod Pn}$$

Onde:

CET = Coeficiente Elaiotécnico

MS = Massa seca do fruto (%m/m)

Pa = Parte aproveitável do fruto contendo óleo (% m/m). No caso da macaúba as partes aproveitáveis para a extração de óleos são a polpa (mesocarpo) e a amêndoa (albúmen)

FL = Fração do teor de lipídios (TL/100) da parte aproveitável

Pn = Parte do fruto não aproveitável para extração do óleo (%m/m). No caso da macaúba o endocarpo e a casca (epicarpo)

Tabela 2.7: Avaliação estatística das variáveis relacionadas com a qualidade dos frutos da macaúba

		VARIÁVEIS						
		TLF(%)	MF(g)	TU(%)	DF(mm)	POL/CAS	POL/CAR	CET
ESTATÍSTICA SIMPLES	Mim	12,0	29,4	28,5	37,5	0,61	0,27	7,1
	Max	28,3	54,4	42,9	47,1	1,98	1,21	69,2
	Amplitude	16,3	25,0	14,4	9,3	1,37	0,94	62,1
	Média	19,9	41,5	35,4	43,2	1,42	0,76	29,4
	DP	5,7	6,5	4,1	2,3	0,31	0,22	18,3
	CV(%)	28,7	15,76	11,5	5,4	21,61	28,7	62,4
	Assimetria	0,0492	-0,1555	-0,1104	-0,6659	-0,8394	-0,2993	0,6718
	Curtose	1,3574	2,3987	1,97	2,85	4,1034	3,3129	2,2310
COR. DE PEARSON	R	1,0000	0,6056	0,0875	0,4280	0,5272	0,4720	0,9350
REGRESSÃO LINEAR (mod. quadrat.)	PROB.	-	0,0566	*****	0,1375	0,1135	0,2898	0,0000
	R ²	1	0,3804	0,0107	0,2815	0,3041	0,1865	0,9103
ANÁLISE DE VARIÂNCIA	DIF. TRAT.	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
	SIGNIF.	0,05121	0,09508	*****	0,0259	0,3365	0,2616	0,05691

Os resultados da avaliação estatística utilizando-se os dados experimentais deste trabalho e o modelo proposto estão apresentados na Tabela 2.7 e no Figura 2.9-f. O elevado coeficiente de variação ($CV = 62,4$) indica que houve uma maior distinção entre os lotes de frutos avaliados; os valores tenderam a uma distribuição normal assimétrica com a calda alongada para a direita, fato explicado pela relação quadrática entre o *CET* a quantidade de matéria graxa dos frutos. Ainda, obteve-se uma correlação muito alta e positiva entre o *CET* e o teor de lipídios dos frutos (0,9350), muito maior que as obtidas com as avaliações anteriores das demais variáveis de qualidade. Observou-se, também uma correlação alta e positiva entre o *CET* e a massa média dos frutos (0,7118); uma correlação significativa positiva com as variáveis: diâmetro do fruto sem casca (0,6878); espessura da polpa (0,5584); porcentagem da polpa (0,5711). Ainda, observou-se uma correlação baixa e positiva com o diâmetro do fruto (0,4280); insignificante com a umidade do fruto (0,0758) e; uma correlação negativa com a porcentagem da casca (-0,4735) e do endocarpo(-0,4306). A análise de regressão em relação ao teor de lipídio demonstrou um alto valor de R^2 (Figura2.9-f), portanto o modelo proposto possibilita elevada probabilidade de acerto. A análise de variância demonstrou que o *CET* conseguiu

diferenciar significativamente os frutos das regiões pelo teste de Tukey com 10% de significância.

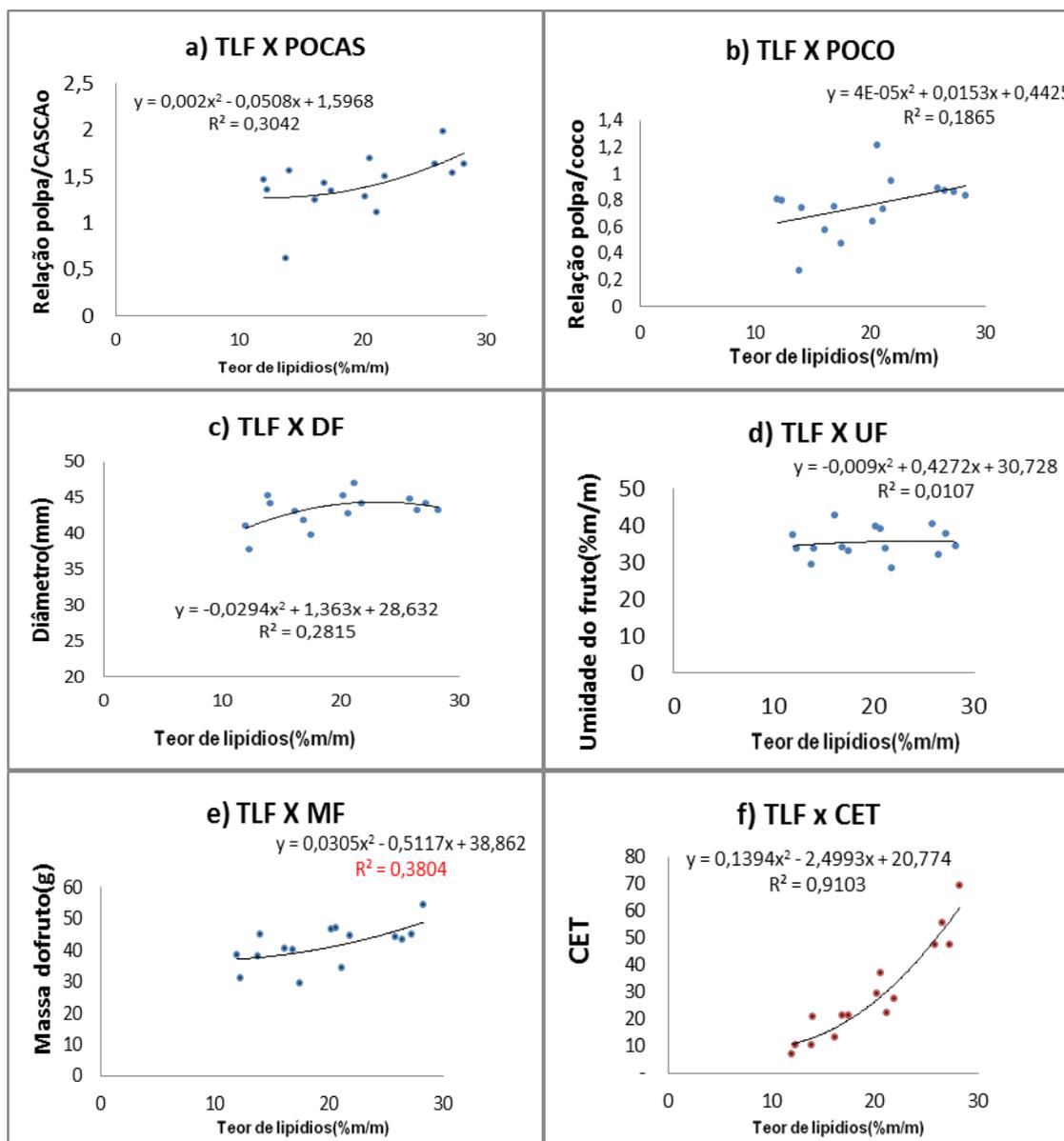


Figura 2.9: Dispersão das variáveis de qualidade da macaúba em função do teor de lipídios dos frutos utilizando-se o modelo quadrático

Capítulo 3: ARMAZENABILIDADE DOS FRUTOS DA MACAÚBA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

3.1.1 MATURAÇÃO E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS

Os frutos são estruturas vivas compostas de células metabolicamente ativas, enquanto ligado à planta recebe água, nutrientes, sais minerais, hormônios e outros compostos (AWAD, 1993). O seu desenvolvimento pode ser dividido em cinco fases em função dos processos fisiológicos ocorridos, podem ser ordenadas em: crescimento, maturação, maturação fisiológica, amadurecimento e senescência. Essas fases descrevem desde a sua formação até a morte, contudo, em muitas espécies, não é possível uma clara distinção entre as mesmas (CAVALINI, 2004).

A maturação é o estágio do desenvolvimento caracterizado por diversas mudanças físico-químicas na estrutura dos frutos. Tem como consequência alterações nos seguintes quesitos: coloração; sabor; textura; permeabilidade dos tecidos; produção de substâncias voláteis; formação de ceras na epiderme; teores de carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos, pectinas e outros. A determinação do grau de maturação adequado, por ocasião da colheita é de vital importância para que o produto atinja o mercado ou a indústria em perfeitas condições (FACHINELO, 2008; SACHER, 1973).

Considera-se que o fruto atingiu a maturidade fisiológica quando, ao ser colhido, evolui naturalmente para a condição adequada ao consumo ou utilização, com características típicas segundo cada tipo e variedade. Após a separação da planta o fruto depende de suas próprias reservas para manter-se metabolicamente ativo. Certas frutas colhidas após a maturidade fisiológica iniciam uma fase de maturação rápida por meio de um mecanismo complexo acelerado, resultando em alterações físico-químicas perceptíveis em sua composição e estruturas internas e externas (CHITARRA & CHITARRA, 2005; HANSEN, 1966).

A senescência é caracterizada pelas mudanças que conduzem ao término da vida do fruto. São alterações características dessa fase: aumento da permeabilidade das membranas celulares; desidratação; amolecimento avançando e; aumento da suscetibilidade à invasão de microorganismos (SACHER, 1973, FACHINELLO, 2008). Segundo a literatura, a

fisiologia pós-colheita dos produtos frutícolas é influenciada por uma série de fatores, entre os quais se destacam (FACHINELO, 2008; SACHER, 1973; CHITARRA & CHITARRA, 2005; CHITARRA, 1990; ULRICH, 1958; MOLDÃO, 2009):

- Fatores relacionados com o produto e práticas culturais: variedade, condições edafo-climáticas, técnicas de produção, grau de maturação;
- Fatores relacionados com práticas pós-colheita: colheita, transporte e armazenamento;
- Fatores relacionadas com o ambiente: temperatura, teor de O₂, teor de CO₂, teor de etileno, umidade relativa, movimento de ar, microorganismos.

Diante do exposto, destaca-se que um melhor entendimento do metabolismo de amadurecimento dos frutos é necessário para subsidiar propostas de tecnologias que visem a conservação adequada e a melhoria da qualidade para o consumo *in natura* ou para utilização como matéria prima na indústria (MORAES *et al*,2006).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização dos experimentos de armazenabilidade escolheu-se um macaубal com plantas em processo de deiscência de frutos. O macaубal escolhido localiza-se na zona rural do município de Mirabela, Minas Gerais, Brasil. O experimento foi realizado durante a safra 2009/2010, sendo os frutos coletados no mês de março de 2010.

Inicialmente escolheu-se 18 palmeiras com deiscência de frutos e fez-se o recolhimento de todos os frutos caídos no entorno das mesmas, sendo esses descartados. Decorridas 48 horas, fez-se uma nova coleta dos frutos, recolhendo-se aqueles caídos no período, porém descartando-se aqueles com rachaduras ou danos aparentes. Ao todo foram coletados 455 frutos, os quais foram levados ao Laboratório de Óleos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – Campus de Montes Claros, para o início dos experimentos. No laboratório todos os frutos foram pesados.

Da amostra inicial, por procedimento aleatório de escolha, foram separados 155 frutos. Desses, 20 unidades foram utilizadas para a biometria, cujo procedimento incluiu a separação das partes - casca, polpa, coco, esse separado em endocarpo e amêndoa - e as respectivas determinações das massas. Adicionalmente, determinou-se o percentual de

umidade das partes casca, polpa e coco, e o teor de lipídios nas partes polpa e amêndoa. A partir dessas informações experimentais, foram calculados o percentual de umidade e o teor de óleo no fruto. Os resultados obtidos das análises realizadas com este lote de frutos foram tomados como a avaliação no tempo zero de armazenagem.

Os 135 frutos foram divididos em 3 parcelas de 45 frutos, sendo armazenados em três caixas de papelão (enumeradas 1, 2 e 3), sem nenhum tratamento prévio. Esses três lotes receberam a denominação tratamento 1: Sem Tratamento, codificados pelas letras ST (ST1, ST2, ST3).

Os frutos restantes, 300 unidades, foram sanitizados lavando-se com uma solução de detergente comercial em água a 2% e, em seguida, foram submetidos ao processo de fervura em água por 25 minutos. Na sequência, escoou-se a água de fervura e os frutos foram divididos em dois lotes iguais: 150 unidades cada.

Um desses lotes foi colocado em uma bandeja de plástico e colocado sob o sol por 1,5 dias: foi constatada a permanência por aproximadamente 15 (quinze) horas sob sol forte. Após esse período de secagem, os frutos foram divididos em três parcelas de 50 unidades cada e armazenados em caixas de papelão (enumeradas 1, 2 e 3). Esse tratamento foi denominado tratamento 2: Seco ao Sol, codificado pelas letras SS (SS1, SS2, SS3).

O outro lote de frutos foi direcionado a uma estufa com circulação de ar e aquecido a 120°C por 3 horas. Em seguida, os frutos foram divididos em lotes de 50 unidades cada e armazenados em caixas de papelão (enumeradas 1, 2 e 3), tendo recebido a denominação de tratamento 3: Seco em Estufa, codificado pelas letras SE (SE1, SE2, SE3).

O dia de término dos dois últimos tratamentos descritos (SS e SE) foi tomado como o tempo zero de armazenagem. Ressalte-se que as três caixas em todos os tratamentos correspondem a necessária repetição em cada avaliação analítica futura.

A primeira avaliação efetuada no tempo zero para os diferentes tratamentos foi a qualidade aparente da polpa do fruto. Adicionalmente, em ambiente estéril foram colhidas as amostras da casca dos frutos para a realização da análise microbiológica de contagem de bolores e leveduras para os três tratamentos. Amostras dos três lotes foram analisadas nos seguintes tempos: 0, 6, 18 e 30 dias.

Na sequência procedeu-se com a avaliação dos frutos armazenados, em função do tempo, para todos os tratamentos, com repetição, conforme a seguinte metodologia: foram retiradas amostras de quatro frutos de cada uma das três caixas e efetuadas as seguintes análises: umidade e teor de lipídios da polpa e índice de acidez do óleo obtido da polpa. Esse procedimento foi conduzido por um período de 30 dias, com as análises sendo realizadas nos dias 0, 6, 12, 18, 24 e 30.

Aos trinta dias de armazenagem, em todos os tratamentos e suas respectivas repetições, os frutos restantes foram submetidos às seguintes análises: proporção das partes do fruto; teor de umidade das partes e do fruto (calculado por balanço); teor de óleo da polpa e da amêndoa e; índices de acidez e de peróxido dos óleos da polpa e da amêndoa.

3.2.1 METODOLOGIAS ANALÍTICAS

3.2.1.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas utilizadas foram:

- a) ÍNDICE DE ACIDEZ: Método AOCS (Ca 5a – 40). Solubilizando-se a amostra com a solução álcool/éter 1:2 e titulando com NaOH $0,1\text{molL}^{-1}$ padronizada. O resultado expresso em % ácido oléico (g/100g de óleo).
- b) ÍNDICE DE PERÓXIDO: Método AOCS (Cd 8-53). Solubilizando-se a amostra com uma solução de ácido acético/clorofórmio 3:2 e titulando-se com uma solução de tiosulfato de sódio $0,01\text{molL}^{-1}$. O resultado expresso em mEqO_2/kg de óleo.
- c) TEOR DE UMIDADE E VOLÁTEIS: utilizou-se o descrito em IAL (2008) Perda por dessecação, em estufa com circulação de ar a 105°C até massa constante. O resultado expresso em %m/m.
- d) TEOR DE LIPÍDIOS: Método AOAC (920.39 c), Extração em aparelho soxhlet utilizando hexano como solvente. O resultado expresso em %m/m.

3.2.1.1. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS:

As análises de contagem de bolores e leveduras dos experimentos neste capítulo foram realizadas segundo a metodologia sugerida por CBAA (1998). As amostras da casca

dos frutos da macaúba armazenadas foram coletadas assepticamente e adicionadas à água peptonada 1%; foram retiradas alíquotas e feitas as diluições; as soluções foram pipetadas para as placas de Petri contendo meio de cultura Agar Batata dextrose PH: 6,5 e incubadas a 25°C por 7 dias;. Fez-se, então a contagem das colônias formadas.

3.2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Conforme descrito, o experimento foi conduzido submetendo-se os frutos da macaúba recém caídos a três sistemas de armazenagem diferentes (três tratamentos): Tratamento 1- Sem tratamento “ST”; Tratamento 2 - Seco ao Sol “SS”; Tratamento 3 - Seco em estufa “SE”, com três repetições em cada tratamento, sendo efetuadas análises periódicas de seis em seis dias, no período de 30 dias, totalizando 6 pontos de avaliações (0, 6, 12, 18, 24, 30 dias). As variáveis respostas no intervalo foram: teor de umidade da polpa, teor de lipídios da polpa e índice de acidez do óleo da polpa.

Para a avaliação dos resultados obtidos foi efetuado o teste de variância com nível de significância de 10%, utilizando-se o teste Tukey para identificar a similaridade significativa entre as médias obtidas das repetições nos tratamentos ao longo do período de armazenagem. Foi feita a regressão linear para obtenção das curvas prováveis das relações matemáticas entre as variáveis respostas e o período de avaliação e suas respectivas equações. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SAEG (RIBEIRO jr, 2001).

Na Figura 3.1 é apresentado o Fluxograma das etapas do experimento da armazenabilidade e técnicas de sanitização dos frutos da macaúba.

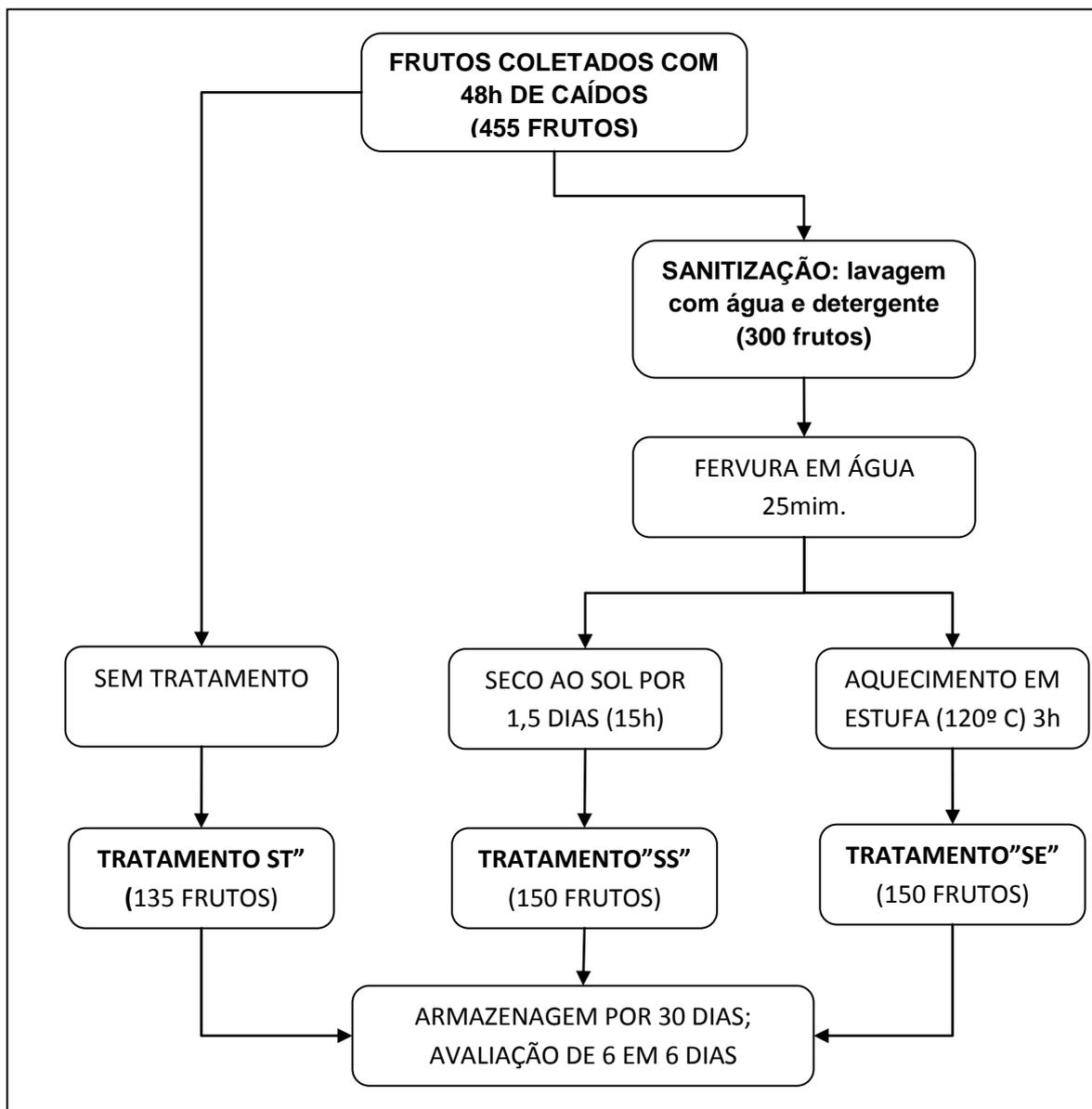


Figura 3.1: Etapas do experimento da armazenabilidade e técnicas de sanitização dos frutos da macaúba.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 AVALIAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os resultados da quantificação da massa dos frutos frescos estão apresentados na Tabela 3.1

Tabela 3.1: Massa dos frutos frescos

PESAGEM:	No. FRUTOS	MASSA(g)	MMF(g)
1	110	4802,3	43,7
2	114	4514,4	39,6
3	117	4527,4	38,7
4	114	4497,8	39,5
TOTAL:	455	18341,9	40,4±2,2*

*Massa média dos frutos

Na Tabela 3.2 estão apresentados os resultados da avaliação biométrica dos frutos frescos.

Tabela 3.2: Proporção das partes, teor de umidade e teor de óleo dos frutos frescos em relação à base seca.

	PPSF (%)	TU (%)	TL (%)
Casca	23,1	46,6	-
Polpa	35,6	45,4	41,4
Coco	41,4	18,3	-
Endoc.	31,3	-	-
Amêndoa	7,5	-	58,7
Fruto	100,0	37,9	20,6

Após a realização dos procedimentos de sanitização dos frutos da macaúba observou-se nos tratamentos SS e SE uma alteração na coloração da polpa em relação aos frutos sem tratamento, ST. Para o tratamento SS a alteração foi menos intensa, enquanto que para o tratamento SE a coloração da polpa tornou-se amarronzada, conforme apresentado na Figura 3.2.



Figura 3.2: Aparência da polpa da macaúba: A, esquerda - sem tratamento (ST); Centro - seco em estufa (SE) e; a direita - seco ao sol: (SS).

3.3.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados da avaliação microbiológica realizada para verificação da eficácia dos métodos de sanitização em função do período de armazenagem estão apresentados na Tabela 3.3 e na Figura 3.3.

No tempo de armazenagem zero, visualmente, não se observou nenhum vestígio de crescimento de fungos em nenhum dos tratamentos. Porém, a análise para contagem de bolores e leveduras revelou um alto índice de contaminação nos frutos sem tratamento, ST, e uma contagem bem mais baixa para os frutos sanitizados, SS e SE.

No sexto dia foi visível a contaminação da maioria dos frutos do tratamento ST: observou-se o ataque dos fungos principalmente pelo pedúnculo do fruto. Nos frutos do tratamento SS, observou-se a presença de algumas colônias esporádicas em alguns frutos e nenhuma presença de colônias foi detectada visualmente no tratamento SE.

Na terceira avaliação, 18º dia de armazenagem, os frutos do tratamento ST se encontravam totalmente infestados pelos microorganismos; os frutos do tratamento SS apresentavam mais colônias visíveis e; os frutos do tratamento SE não apresentaram vestígios de contaminação.

Na última avaliação, 30º dia de armazenagem, observou-se uma estabilização do crescimento dos microorganismos, em relação à avaliação anterior, para os tratamentos ST e SS e, adicionalmente, observaram-se alguns pontos de contaminação em alguns frutos do tratamento SE.

De uma maneira geral observou-se que a contaminação dos frutos ocorre de maneira gradual. Os microorganismos penetram pelas áreas susceptíveis do fruto, em geral orifícios ou pontos de ruptura, infestam gradualmente toda a polpa e causam alterações na sua estrutura, cor, sabor, cheiro e composição química. Neste trabalho não se efetuou a identificação dos microorganismos. Na Figura 3.4 apresentam-se fotos das formas de ataques ao fruto.

Tabela 3.3: Contagem de bolores e leveduras versus período de armazenagem da polpa (UFC x 10⁵).

DIA AVALIAÇÃO	TRATAMENTO		
	ST	SS	SE
0	12	6	1
6	>250	>250	4
18	>250	>250	1
30	12	30	1

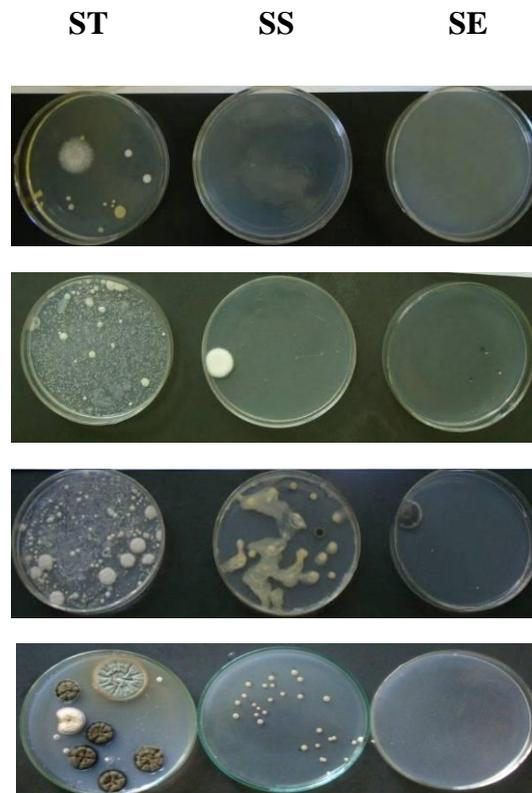


Figura 3.3: Avaliações da quantidade de bolores e levedura, nos tempos: 0, 6, 18 e 30 dias (cima para baixo). Da esquerda para direita: ST, SS, SE.





Figura 3.4: Ataque dos microorganismos aos frutos da Macaúba

3.3.3 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA POLPA DA MACAÚBA DURANTE A ARMAZENAGEM

Conforme mostrado na Figura 3.5, no início do experimento de armazenagem, observou-se que a polpa da macaúba nos frutos frescos possui uma coloração amarelo-clara e encontra-se bastante rígida e aderida ao epicarpo; ao ser pressionada produz um líquido amarelo turvo bastante viscoso. Com o decorrer do tempo observou-se que a polpa torna-se mais amolecida e com uma coloração amarelo mais intensa. Ainda, em função da infestação dos microorganismos podem surgir manchas escurecidas e a cor da polpa vai tomando tons amarronzados ou enegrecidos, conforme destacado na Figura 3.4. Como prováveis causas do amolecimento, podem-se citar a perda de umidade por evapotranspiração e as reações químicas que ocorrem simultaneamente com esse processo. Adicionalmente, as lacunas deixadas pela saída da umidade aumentam a porosidade da polpa tornando a sua estrutura esponjosa. Com o aumento do tempo de armazenagem essa estrutura torna-se de novo rígida, porém seca, e ao ser pressionada o óleo é exalado.



Figura 3.5: Fruto recém-caído (esquerda), fruto com trinta dias de armazenagem, tratamento ST (direita).

A seguir apresentam-se os resultados das análises físico-químicas realizadas para averiguar o desenvolvimento da acidez do óleo da polpa da macaúba no processo de

armazenagem em associação com a avaliação da eficácia dos métodos de sanitização utilizados.

3.3.3.1 PERCENTUAL DE UMIDADE

Os resultados, médios das repetições, para os três tratamentos deste trabalho, estão apresentados na Tabela 3. 4 e Figura 3.6.

Tabela 3.4: Umidade (%) da polpa em função do tempo de armazenagem

Tratamento	Período de avaliação (dias)					
	0	6	12	18	24	30
ST	48,9 ^{a*}	39,0 ^a	32,3 ^a	12,5 ^a	8,5 ^a	7,2 ^a
SS	35,6 ^b	34,9 ^b	23,2 ^b	13,8 ^a	9,4 ^a	7,2 ^a
SE	31,03 ^c	30,0 ^c	20,2 ^b	12,2 ^a	10,2 ^a	7,3 ^a

*As médias obtidas seguidas das mesmas letras minúsculas são iguais entre si, segundo o teste de Tukey (com 10% de significância).

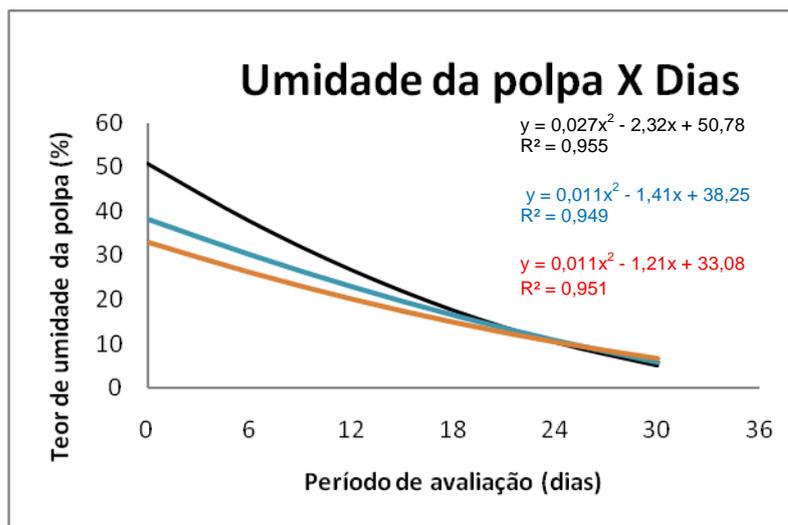


Figura 3.6: Umidade da polpa em função do período de armazenagem: preto - ST; azul-SS; vermelho-SE.

Os resultados médios da avaliação da umidade da polpa durante o processo de armazenagem mostraram que esta decaiu em função do tempo. A principal causa dessa diminuição é a evapotranspiração, fenômeno observado na maioria dos frutos após a colheita. Os resultados também indicam que, para todos os tratamentos, independentemente da umidade inicial, a umidade final da polpa converge para um valor de mesma magnitude, 7,2-7,3%. Comportamento similar é apresentado na literatura (CHITARRA & CHITARRA, 2005): os frutos tendem a perder umidade até atingir um ponto denominado “Umidade de equilíbrio”.

Os resultados obtidos foram significativos com um nível de 10% pelo teste Tukey. Os diferentes percentuais de umidade inicial (tempo zero de armazenagem) se tornaram estatisticamente similares a partir do 18º dia de armazenagem, confirmando a tendência da convergência para uma umidade de equilíbrio. A curva gerada pela regressão dos resultados médios de umidade em função do tempo de armazenagem demonstrou uma relação quadrática entre as duas variáveis, os resultados para os três tratamentos e suas respectivas curvas e R^2 são mostrados na Figura 3.1

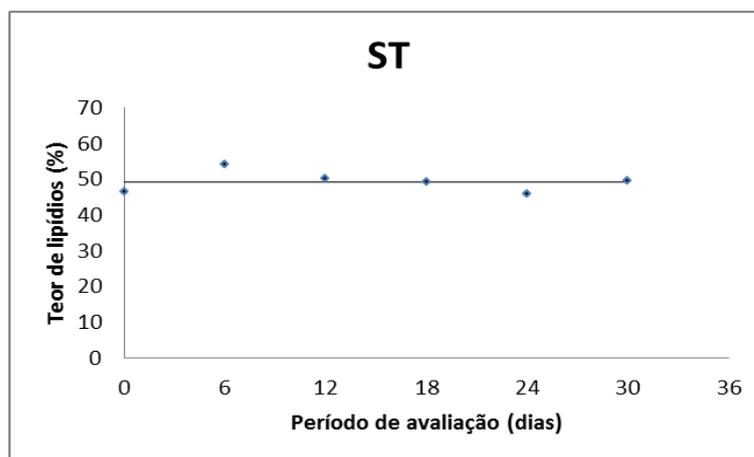
3.3.3.2. TEOR DE LIPÍDIOS

Os resultados, média das repetições, para os três tratamentos deste trabalho, estão apresentados na Tabela 3. 5 e Figura 3.7.

Tabela 3.5: Teor de óleo (% BS) da polpa em função do período de armazenagem

Tratamento	Período de avaliação					
	0	6	12	18	24	30
ST	46,5 ^{b*}	54,1 ^a	50,3 ^a	49,2 ^b	45,8 ^a	49,5 ^a
SS	46,8 ^b	48,4 ^b	51,4 ^a	62,6 ^a	49,1 ^a	44,8 ^{ab}
SE	52,5 ^a	43,6 ^b	50,7 ^a	48,5 ^b	45,1 ^a	43,3 ^b

*Letras minúsculas iguais indicam a similaridade entre as médias.



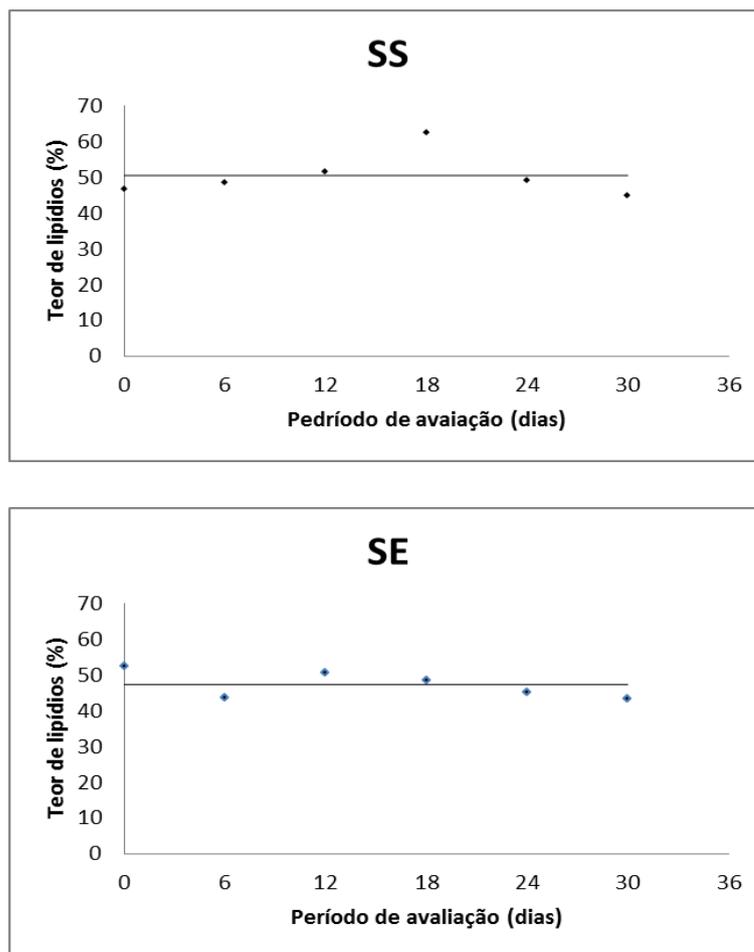


Figura 3.7: Teor de lipídio da polpa em função do período de armazenagem. ST; SS; SE, respectivamente.

Os resultados médios obtidos da análise de teor de lipídios da polpa em função do período de armazenagem indicam oscilações durante o período de avaliações. O teste de Tukey com nível de significância de 10% mostrou uma similaridade estatística entre as médias do teor de lipídios obtidos no 12º dia de armazenagem demonstrando uma tendência de alta no teor de lipídios em todos os tratamentos, podendo indicar um período ótimo para a extração do óleo da polpa. Também foi identificada uma similaridade entre as médias obtidas no 24º dia de armazenagem indicando uma tendência de queda no teor de óleo na polpa em todos os tratamentos. Apesar do descrito, são necessários estudos mais aprofundados para determinar se essas oscilações observadas são decorrentes das alterações da estrutura da polpa ao longo do processo de armazenagem ou se são consequência da variabilidade de teor de lipídios de fruto para fruto. Sugere-se para trabalhos futuros a realização de testes que minimizem as oscilações causadas pela variabilidade dos frutos, permitindo, assim, a identificação da influência de outros fatores.

3.3.3.3 INDICE DE ACIDEZ

Os resultados, média das repetições, para os três tratamentos deste trabalho, estão apresentados na Tabela 3.6 e Figura 3.8

Tabela 3.6: Índice de acidez médio (% Ac. Oléico) do óleo da polpa em função do período de armazenagem (dias).

Tratamento	Período de avaliação					
	0	6	12	18	24	30
ST	0,55 ^a	0,39 ^a	3,82 ^a	10,38 ^a	15,43 ^a	19,40 ^a
SS	0,33 ^a	0,29 ^a	0,46 ^b	1,94 ^b	6,45 ^b	8,17 ^b
SE	0,24 ^a	0,28 ^a	0,38 ^b	0,54 ^b	0,55 ^c	0,67 ^c

*Letras minúsculas iguais indicam a similaridade entre as médias.

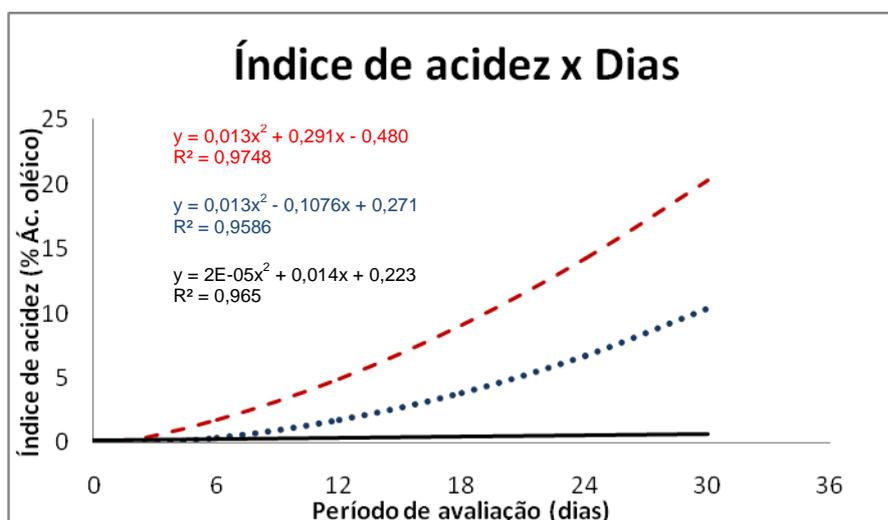


Figura 3.8: Índice de acidez do óleo da polpa em função do período de armazenagem. Vermelho: ST; Azul: SS; Preto: SE.

Conforme apresentado, os resultados indicam baixos valores dos índices de acidez do óleo da polpa para todos os tratamentos no tempo zero de armazenagem. Ainda, esse resultado de baixa acidez se repete até o sexto dia de armazenamento dos frutos. Destaca-se que os valores encontrados neste trabalho estão abaixo do valor estipulado para o azeite de oliva extra-virgem, 0,6% em ácido oléico, pela ANVISA (1999). Esse resultado aponta para a possibilidade de obtenção de óleo de polpa com qualidade alimentícia no caso de processamento de frutos frescos: frutos coletados em até 48:00 horas após a deiscência e armazenados até seis dias, independentemente de tratamento prévio a armazenagem.

A partir da terceira avaliação, 12º dia, o índice de acidez assumiu uma tendência de aumento com o tempo. Para os frutos sem tratamento, o índice de acidez se elevou de

forma acentuada, atingindo no 30º dia um o valor de 19,4%. Destaca-se que o aumento da acidez, na forma observada: gradual, porém mais lentamente no início, seguida de elevação na taxa de aceleração, está diretamente relacionada com o desenvolvimento dos microorganismos e ocorre a medida que esses infestam a polpa, causando as alterações nas suas características físico-químicas e organolépticas.

Para o tratamento SS, o nível de acidez se manteve abaixo de 2% até o período de 18 dias de armazenagem. Esse valor de acidez se constitui na especificação máxima indicado para óleos brutos (ANVISA, 1999). Nos períodos seqüentes de avaliação houve um aumento gradual, porém com menor taxa de aceleração do que a observada para os frutos do tratamento ST. Esse resultado indica a possibilidade de coleta e tratamento simples no campo, até que se faça o transporte para uma unidade de processamento, sem alteração significativa da sua qualidade.

Os resultados do tratamento SE, indicam que o uso do tratamento prévio em estufa possibilita a armazenagem pelo período de até 30 dias sem perda significativa da qualidade do fruto: o índice de acidez do óleo da polpa se manteve abaixo de 0,70% durante todo período de avaliação. Portanto, o tratamento proposto por este trabalho foi capaz de conter a ação das enzimas lipases e de outros microorganismos causadores da deterioração do fruto e do consequente aumento da acidez, por até o mínimo de 30 dias.

De uma maneira geral, a avaliação estatística do experimento, mostrou pelo teste de Tukey em um nível de significância de 10%, que os tratamentos realizados foram eficazes para a minimização ou a contenção das atividades lipásicas da polpa da macaúba pela ação dos microorganismos, no período avaliado, conforme demonstrado pela similaridade dos dados estatísticos iniciais e sua posterior diferenciação (Tabela 3.6).

3.3.4 AVALIAÇÃO DOS FRUTOS APÓS 30 DIAS DE ARMAZENAGEM

Na Tabela 3.7 apresentam-se os resultados comparativos das proporções entre as partes dos frutos frescos, quantificados em base seca, na condição de frutos frescos e após os trinta dias de armazenagem.

Tabela 3.7: Proporção das partes em base seca dos frutos frescos e após 30 dias

PARTE	INICIAL		APÓS 30 DIAS	
	Frut. Fresc.	ST	SS	SE
Casca	23,3	27,8	26,6	26,2
Polpa	35,2	29,8	31,4	33,5
Coco	41,5	42,4	42,2	39,9
Endocarpo	34	33,2	35,0	33,5
Amêndoa	7,4	8,8	7,1	6,8
Fruto	99,9	100,0	100,0	100,0

Os resultados apresentados indicam um aumento na proporção da casca em relação a massa seco do fruto em todos os tratamentos. O aumento foi de 19% para o tratamento ST, de 14% para o tratamento SS e de 12% para o tratamento SE. A justificativa reside na menor umidade da casca do fruto em relação às demais partes. Em contrapartida a polpa, por ser mais úmida, resultou no menor valor de proporção em todos os tratamentos aos 30 dias. Essa diminuição foi menor no tratamento SE, 4,8%, foi de 11% para o tratamento SS e foi maior no tratamento ST, 15%. Os resultados da variação proporcional para as partes coco, endocarpo e amêndoa não podem ser considerados significativos.

Os resultados dos percentuais de umidade médios das partes do fruto e dos frutos no tempo zero e após 30 dias de armazenagem estão apresentados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8: Umidade (%) inicial e final das partes e do fruto integral (cálculo) da macaúba.

PARTE	INICIAL		APÓS 30 DIAS	
	Frut. Fresc.	ST	SS	SE
Casca	46,6	7,2	7,2	7,4
Polpa	45,4	7,2	7,2	7,4
Coco	18,3	6,3	7,0	7,7
Fruto	37,9	9,3	8,1	8,5

Os resultados indicaram uma diminuição de aproximadamente 84% do teor de umidade da casca em comparação com o teor dos frutos frescos para todos os tratamentos. Praticamente a mesma perda de umidade foi registrada para a polpa nos tratamentos. Para o coco (endocarpo/amêndoa), a perda de umidade foi de 65% para o tratamento ST, 62% para o tratamento SS e 58% para o tratamento SE. Para o fruto, integralmente foi perdido 69% da umidade no tratamento ST e 78% nos tratamentos SS e SE, fato justificado pelo

processo de secagem desses tratamentos. Ressalte-se que a avaliação da perda de umidade com o tempo é uma variável importante quando se pensa na questão pagamento do fruto por massa, fruto fresco versus fruto seco.

Na Tabela 3.9 estão apresentados os resultados comparativos das análises realizadas com os óleos da polpa e da castanha do fruto da macaúba, considerando-se o início e o fim dos experimentos de armazenamento, isto é, tempo zero versus 30 dias.

Tabela 3.9: A qualidade inicial e final do óleo da polpa da macaúba

ÓLEO	Análise	ST		SS		SE	
		0 dias	30 dias	0 dias	30 dias	0 dias	30 dias
Polpa	IA*	0,55	19,4	0,33	8,47	0,24	0,67
	IP**	1,38	7,67	4,49	29,7	3,53	9,28
Amêndoa	IA	0,15	0,29	-	0,3	-	0,44
	IP	1,22	1,54	-	0,75	-	1,92

*% Ac. oléico; **mEq/kg

Observou-se que os tratamentos realizados não interferiram no índice de acidez do óleo da polpa inicialmente. Aos 30 dias de armazenagem detectou-se um aumento de 35 vezes no índice de acidez em relação ao índice inicial nos frutos do tratamento ST, para o tratamento SS o aumento foi de 25 vezes e de apenas 2,7 vezes para o tratamento SE.

Os resultados da avaliação do índice de peróxido indicam que a exposição à luz solar e ao calor, nos tratamentos SS e SE, inferiram sobre o grau de oxidação do óleo da polpa causando o aumento desse índice. Adicionalmente, observou-se que o aumento da oxidação foi maior para o tratamento SS, devido à exposição inicial à luz solar. Esse fenômeno foi também observado por (Aquino *et al*,2009) ao secar a polpa do pequi sob o sol e na estufa.

Outro resultado deste trabalho foi a avaliação do índice peróxido no 24º dia de armazenagem, não apresentado na tabela. Os tratamentos ST, SS e SE resultaram nos seguintes valores: 4,51; 9,01 e; 4,98 mEq/kg, respectivamente, mostrando que até este período o índice de peróxido se manteve abaixo do máximo permitido pela ANVISA (1999), menor que 10mEq/kg.

Em função dos resultados analíticos de avaliação dos índices de acidez e de peróxidos no período de 30 dias, pode-se concluir que dois processos de diminuição da qualidade dos frutos e, portanto, de seus óleos, são desencadeados: rancidez hidrolítica e rancidez oxidativa.

Relativo às análises com o óleo da amêndoa, não se observou que comprometessem os índices de qualidade em comparação com o fruto fresco após 30 dias de armazenagem. O índice de acidez se manteve abaixo de 0,5% em Ácido Oléico e o índice de peróxido se manteve abaixo de 2mEq/kg em todos os tratamentos. Esse resultado demonstrou que a amêndoa não sofreu ataque dos microorganismos e ação das lipases, principalmente em função da proteção pelo endocarpo. Ainda, a manutenção do índice de peróxido está relacionada a predominância dos ácidos graxos saturados no perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa (PIMENTA, 2010).

3.3.5 LOGÍSTICA PARA COLETA E ARMAZENAGEM DOS FRUTOS DA MACAÚBA

A partir da análise dos resultados dos tratamentos ou procedimentos de armazenagem realizados neste trabalho, foi possível estabelecer uma logística para coleta dos frutos da macaúba nos macaubais nativos visando principalmente à obtenção do óleo da polpa com baixo índice de acidez. Assim, neste trabalho propõe-se uma logística de coleta e armazenagem com as seguintes características:

- Limpeza da área dos macaubais, no período de uma semana anterior da previsão para o início do processo de deiscência dos frutos. Sugestão de limpeza: poda e varredura.
- Coleta dos frutos no chão dos macaubais escolhendo-se aqueles sem rachaduras, ou danos aparentes.
- Coleta preferencial a cada cinco dias, podendo-se estender até sete dias, no máximo.
- Fervura em água por 25 a 30 minutos, imediatamente após a coleta.
- Secagem dos frutos em ambiente com sol forte, por no mínimo dois dias, sobre lona plástica ou terreiro cimentado, em área previamente sanitizada e dedetizada em relação as pragas locais. Propõe-se reduzir ao máximo o empilhamento dos frutos.
- Armazenagem por até 14 dias em lugar limpo, coberto, protegido de intempéries, previamente sanitizado e dedetizada em relação às pragas locais.
- Transporte até a unidade de beneficiamento.
- Aquecimento dos frutos na temperatura mínima de 120°C ou até umidade inferior a 10% m/m.

- Estocagem em um ambiente adequado a uma boa conservação dos frutos por até 30 dias.

Na Figura 3.9 está apresentado o fluxograma da metodologia de coleta proposto.

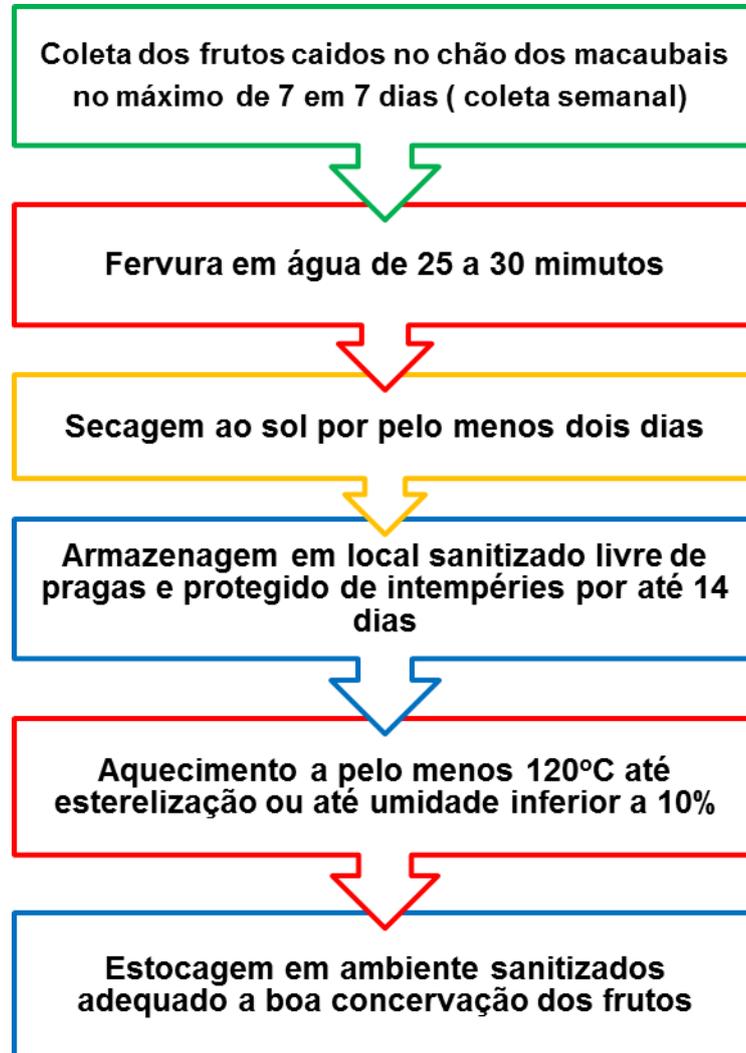


Figura 3.9: Fluxograma do Processo de coleta e armazenagem dos frutos da macaúba

Capítulo 4: EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DA POLPA E DA AMÊNDOA DA MACAÚBA POR Prensagem

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil possui uma enorme diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais, se podem extrair uma grande quantidade de óleos. Nesse contexto surge a Macaúba, uma palmeira típica do cerrado brasileiro que produz um fruto capaz de ser utilizado como fonte de óleo vegetal com elevado valor agregado. Os processos existentes de extração de óleos são empregados de maneira a obter os produtos com um máximo rendimento, tendo-se um óleo da mais alta qualidade e uma torta com o maior potencial nutricional possível.

Óleos vegetais são exemplos de mistura de sólido-líquido que podem ser obtidos por uma operação de extração ou por uma combinação de dois processos. Atualmente, os métodos mais utilizados são: prensagem em prensas que operam preferencialmente a altas pressões; extração por solvente e; combinação entre os dois processos. Por esse último, denominado método de pré-prensagem, as oleaginosas são comprimidas a baixas pressões e, posteriormente, passam por processo de extração por solvente. Entre os processos inovadores, mas que ainda não são expressivos em termos quantitativos de aplicação industrial pode-se citar os processos de extração por enzimas, extração em materiais extrusados, extração supercrítica, entre outros (SILVA, 2010).

Segundo GUSTONE, 2007; MORETTO & FETT, 1998; DA SILVA, 2009; SILVA, 2010; O processamento do material oleaginoso envolve uma série de operações unitárias divididos em várias etapas em uma unidade de extração de óleos. Envolve operações de preparo do material pré- extração, a extração em si e o beneficiamento do óleo bruto obtido.

As operações pré-extração têm por objetivo a preparação do material para extração do óleo, visam eliminar a parte do material indesejável e tornar o óleo contido no material, o mais disponível possível e assim facilitar o processo de extração. As operações necessárias na pré-extração dependem do estado do material e da espécie oleaginosa, dentre outros fatores. As operações mais comuns utilizadas na indústria eleiotécnica são: limpeza, a descorticação, o descascamento, despulpa, a trituração e laminação, secagem, extrusão e o cozimento. No caso do cozimento a temperatura ideal está entre 70 e 105°C.

O processo de extração de óleos mais difundido e utilizado mundialmente é o processo de extração por prensagem mecânica. O tipo de prensa de uso mais freqüente é a prensa contínua tipo “*Expeller*”. Nesse equipamento o substrato (material oleaginoso) entra na prensa através de um alimentador. O óleo é extraído pela alta pressão exercida por um eixo de rosca sem fim que pressiona o material nas paredes da câmara de extração do equipamento (cesto), o óleo é expelido pelos orifícios do cesto e no final do eixo, por um orifício regulável é expelida a torta. O processo de extração de óleos por prensagem pode ser otimizado associando-se a este, outras etapas de extração como: extração por solventes ou extração enzimática.

Subseqüente à extração do óleo existem outras etapas visando a purificação do óleo bruto. As principais operações unitárias utilizadas nesta fase são: decantação, filtração e refino. O tipo de refino varia de acordo com a finalidade da utilização do óleo.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 MÉTODOS ANALÍTICOS:

Os métodos analíticos utilizados para as análises físico-químicas nos experimentos realizados neste capítulo foram:

- a) ÍNDICE DE ACIDEZ: Método AOCS (Ca 5a – 40).solubilizando-se a amostra com a solução álcool/éter 1:2 e titulando com NaOH $0,1\text{molL}^{-1}$ padronizada. O resultado expresso em % ácido oléico (g/100g de óleo).
- b) ÍNDICE DE PERÓXIDO: Método AOCS (Cd 8-53). Solubilizando-se a amostra com uma solução de ácido acético/clorofórmio 3:2 e titulando-se com uma solução de tiosulfato de sódio $0,01\text{molL}^{-1}$. O resultado expresso em mEqO_2/kg de óleo.
- c) DENSIDADE RELATIVA: utilizou-se método descrito em IAL(2008), medindo-se a densidade com um picnômetro a 25°C . O resultado expresso em $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.
- d) TEOR DE UMIDADE E VOLÁTEIS: utilizou-se o descrito em IAL(2008) Perda por dessecação, em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante. O resultado expresso em %m/m.
- e) TEOR DE LIPÍDIOS: Método AOAC (920.39 c), Extração em aparelho soxhlet utilizando hexano como solvente. O resultado expresso em %m/m.

- f) IMPUREZAS INSOLÚVEIS EM ÉTER: Método OACS (Ca 3a-46). Utilizando-se o éter de petróleo como solvente. O resultado expresso em %m/m.

Para medida da densidade aparente dos frutos foram utilizados 18,3 kg frutos da espécie *Acrocomia aculeata*, coletados em uma macaúbal localizado no Norte de Minas Gerais, caídos a no máximo dois dias, um balde de PVC graduado, com capacidade de 7L e; uma balança da marca Filizolla com a precisão de 1g. Procedeu-se com a tara do balde na balança; adição dos frutos e; quantificação da massa dos frutos com o balde cheio. Foram feitas 4 repetições das pesagens.

Para a realização das medidas da massa específica real dos frutos foi utilizada uma proveta de 2.000mL com 1.000mL água destilada, colocou-se 10 frutos previamente pesados, mediu-se a variação do volume e calculou-se a densidade real de acordo com a metodologia descrita em IAL (2008). Foram feitas 3 repetições. Para realização das medidas da densidade das partes dos frutos da macaúba foram utilizados a casca, o coco (endocarpo e amêndoa), o endocarpo e as amêndoas secos. Foi utilizada uma proveta de 250 mL com água destilada até 150 mL em seguida adicionou-se a parte do fruto previamente pesada, anotando-se a variação dos volumes.

4.2.2 EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DE POLPA E AMÊNDOA

4.2.2.1 SEPARAÇÃO E PREPARO DAS PARTES

Para realização dos testes de extração do óleo foram utilizados frutos recém caídos, com o pedúnculo ainda esverdeado, da espécie *Acrocomia aculeata*, coletados no Norte de Minas Gerais. Os frutos colhidos foram lavados com água e detergente. O processo de separação das partes e preparo para a extração foi efetuado como segue:

- quebra e remoção da casca externa;
- despolpamento por meio de uma faca inox em fatias de aproximadamente 2 centímetros de diâmetro;
- secagem da polpa e do coco (endocarpo + amêndoa) em estufa com circulação de ar a 105°C até massa constante, por aproximadamente 3 horas;
- utilização de morsa para quebra do endocarpo;

- separação endocarpo-amêndoa.

Os procedimentos seguintes foram análogos para ambas as matérias-primas, polpa e amêndoa, preparadas conforme descrito:

- Extração do óleo por prensagem em prensa tipo *Expeller* da marca “Oekotec” modelo CA59G de escala laboratorial (mínimo 200g) com capacidade de extração de 7kg/h. A extração foi realizada na menor velocidade do equipamento, utilizando-se um orifício de saída intermediário e o sistema de aquecimento da prensa: a temperatura de extração no entorno do *expeller* atingiu 85°C.
 - Ao todo, foram processados 2.720 gramas de polpa divididos em três lotes diferentes, contendo 1.040, 880 e 800 gramas cada;
 - Foram processados 1.500 gramas de amêndoa divididos em três lotes com 500, 600 e 400 gramas cada.
- Avaliação dos processos de extração e da qualidade dos óleos, a partir das seguintes quantificações ou análises:
 - teor de lipídios da polpa e da amêndoa secas
 - massas dos óleos brutos e tortas de cada lote;
 - teor de umidade e Impurezas insolúveis em éter nos óleos brutos;
 - teor de umidade e de lipídios da torta;
 - separação de sólidos nos óleos por decantação: os óleos da polpa e da amêndoa foram deixados em repouso para decantação. A partir dos óleos isentos de sólidos foram efetuadas as físico-químicas para verificação da qualidade: Índice de acidez; Índice de peróxido; Índice de saponificação; Índice de refração (25° C), densidade (25° C).

Na Figura 4.1 é mostrada uma foto do processo de prensagem do óleo da polpa deste trabalho, destacando equipamento, óleo e torta.



Figura 4.1: Prensa utilizada para extração

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 DENSIDADE

4.3.1.1 DENSIDADE APARENTE

Os resultados obtidos para as medições da densidade aparente dos frutos da macaúba frescos (dois dias de caídos) são mostrados na tabela abaixo (tabela 4.1)

Tabela 4.1: Densidade aparente dos frutos da macaúba recém caídos.

Repetição	volume(m³)	massa (kg)	dens. Ap.(kg/m³)
1	0,007	4,321	617,3
2	0,007	4,306	615,1
3	0,007	4,286	612,3
4	0,007	4,352	621,7
Média	-	4,31625	616,6 ± 4,0

O valor médio obtido para a densidade aparente dos frutos da macaúba recém caídos (616,6 kg/m³) foi maior que o medido por Novaes (1952) de 434,8kg/m³, isto se justifica pelo fato do autor citado ter medido a densidade aparente de frutos já envelhecidos.

4.3.1.2 MASSA ESPECÍFICA

Os resultados obtidos das medições da massa específica dos frutos e das partes dos frutos da macaúba são mostrados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Densidade (massa específica) dos frutos e das partes secas dos frutos da macaúba.

	Repetição	volume(cm ³)	massa (g)	Densid. (g/cm ³)
Fruto	1	380	412,4	1,085
	2	400	431,0	1,078
	3	370	399,5	1,080
	Média	-	-	1,081 ± 0,004
Casca	1	14,0	15,1	1,079
	2	14,5	15,2	1,048
	3	15,5	15,1	0,974
	Média			1,034± 0,054
Coco	1	92	111,4	1,211
	2	96	116,5	1,214
	3	98	115,5	1,179
	Média			1,201± 0,019
Endocarpo	1	38	50,0	1,316
	2	38	51,0	1,342
	3	38	50,1	1,318
	Média			1,325± 0,014
Amêndoa	1	40	41,5	1,038
	2	32	35,5	1,109
	3	32	34,3	1,072
	Média			1,073± 0,036

Não foram encontrados, na literatura consultada, dados comparativos sobre a densidade ou massa específica dos frutos e das partes dos frutos da macaúba. Conforme esperado, os resultados indicam que as diferentes partes do fruto da macaúba possuem diferentes valores de massa específica. Este resultado é importante, pois permite o desenvolvimento de equipamentos de separação fundamentados na diferença de massa

4.3.2 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DOS FRUTOS FRESCOS

Os dados que permitem quantificar o rendimento do processo de extração dos óleos da polpa e da amêndoa deste trabalho são mostrados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Rendimento (%) dos produtos da extração dos óleos da macaúba em função da massa da matéria prima prensada

	REPETIÇÃO.	TL(inicial)	ÓLEO	TORTA	BORRA	ORES	PERDA	REND.
POLPA	1	61,9	50,3	36,3	9,3	4,2	4,1	81,2
	2	46,1	36,7	53,2	7,6	7,6	2,5	79,6
	3	49,8	36,9	52	8,1	7,9	3	74,1
	MÉDIA	52,6	41,2	47,2	8,4	6,6	3,2	78,3
AMÊNDOA	1	59,4	56,1	34,1	5,5	3,9	4,5	94,4
	2	60,2	55,7	33,6	6,9	5,2	3,8	92,5
	3	54,9	50,9	37,9	2,9	5,5	8,1	92,7
	MÉDIA	58,2	54,2	35,2	5,1	4,9	5,1	93,2

Em ambos os processos de extração dos óleos da polpa e da amêndoa de frutos frescos deste trabalho confirmou-se a necessidade de aquecimento prévio como facilitador do desprendimento das gotículas de óleo das fibras, uma vez que não se conseguiu extrair óleos a frio com o equipamento disponível: a extração foi realizada com a temperatura mantida constante a 85⁰C, pelo sistema de aquecimento da prensa.

Os resultados de eficiência de prensagem indicam que o processo extração do óleo da amêndoa foi mais eficiente que o da polpa: 93,2% e 78,3%, respectivamente. Adicionalmente, os percentuais de óleo residual em ambas as tortas indicam que o procedimento de prensagem deste trabalho foi adequado. A massa de óleo perdida no processo foi calculada pela diferença entre a massa da matéria prima processada e o somatório das massas dos produtos.

A título de ilustração apresenta-se a quantificação mássica de produtos e co-produtos que pode ser obtida a partir do processamento de 1000 kg de frutos frescos. Os dados de proporção das partes, umidade e teor de lipídeos foram relatados no capítulo 2 deste trabalho para os frutos coletados no Norte de Minas Gerais, conjuntamente com a proporção dos produtos obtidos da extração dos óleos da polpa e da amêndoa deste capítulo. Os resultados são mostrados nas Tabelas 4.4 e 4.5

Tabela 4.4: Massa das partes do fruto da macaúba da espécie (Acrocomia aculeata) do processamento de 1000 kg de frutos de acordo com as proporções medidas.

FRUTO	MASSA (kg)
MS	642
CASCA	143,2
POLPA	219,6
ENDOC.	221,5
AMÊNDOA	53,3
TL (ms)	149,6
UMIDADE	358,0

Tabela 4.5: Quantidades obtidas no processamento de 1000kg de frutos frescos.

	ÓLEO	TORTA	BORRA	PERDA
POLPA (kg)	90,5	103,6	18,4	7,0
AMÊNDOA (kg)	28,9	18,8	2,7	2,7
TOTAL(kg):	119,3	122,4	21,2	9,7

Da quantidade total de óleo obtido do processo de extração 75,9% corresponde ao da polpa e 24,1% ao da amêndoa, uma relação de 3:1 do óleo da polpa em função do óleo da amêndoa. Houve uma perda de 1,5% da massa no processo que pode ter sido por volatilização de substâncias e perdas durante o processo de extração. Tendo como base o teor de lipídios inicial dos frutos 23,3% (MS), eficiência da extração foi de 79,8%.

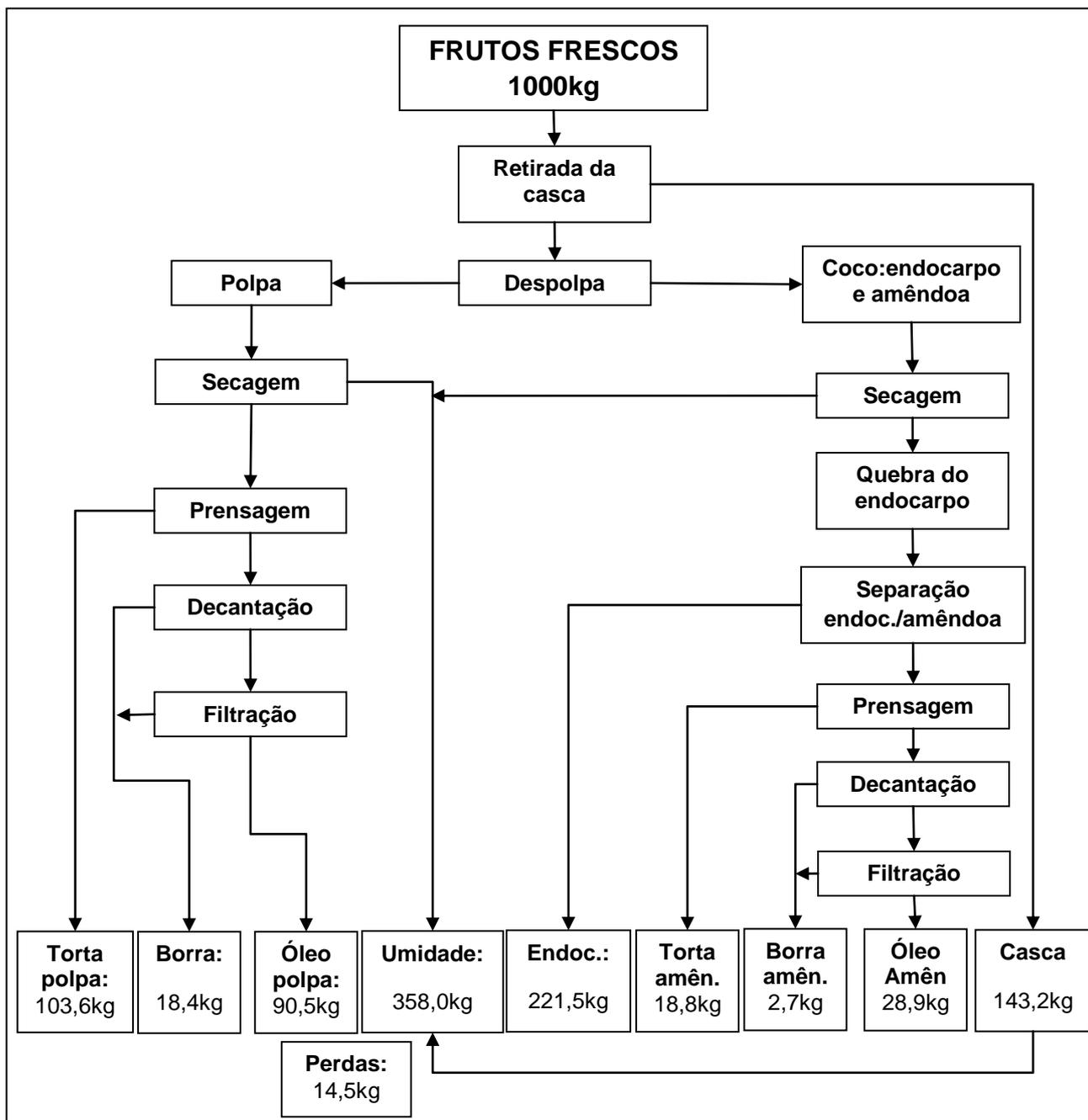


Figura 4.2: Produtos e co-produtos do processamento de 1000kg de frutos frescos

4.3.3 A QUALIDADE DOS ÓLEOS OBTIDOS DA EXTRAÇÃO

Os resultados das análises de qualidade do óleo da polpa e da amêndoa obtidos do processo de extração por prensagem são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Qualidade dos óleos obtidos por prensagem da polpa e da amêndoa dos frutos frescos da macaúba.

ANÁLISE		POLPA	AMÊNDOA
Umid. e voláteis (105°C)	%m/m	0,93 ± 0,24	0,43 ± 0,11
Índice de acidez	%Ác. Oleic.	0,96 ± 0,33	0,29 ± 0,12
Índice de peróxido	mEqO ₂ /kg	1,62 ± 0,26	1,17 ± 0,37
Densidade	g/cm ³	0,926 ± 0,005	0,918 ± 0,004
Sólidos insol. em éter	%m/m	17,1 ± 2,3	8,15 ± 1,12



Figura 4.3: Óleos obtidos dos frutos frescos da macaúba. Polpa (esquerda), amêndoa (direita).

O óleo da polpa e o da amêndoa (Fig. 4.3) apresentaram um índice de acidez médio inferior ao máximo permitido para o azeite extra-virgem (1,0% em ácido oléico) segundo a ANVISA (1999). O índice de peróxido em ambos os óleos também ficaram bem abaixo do máximo permitido para óleos comestíveis segundo ambos os órgãos: ANVISA (1999) e o Codex Alimentarium (1981), 10 e 15 mEqO₂/kg, respectivamente. A densidade obtida para ambos os óleos estão próximos aos valores encontrados por Rettore & Martins (1983) e Novaes (1952). O teor de umidade e voláteis obtidos para os dois tipos de óleos avaliados foi superior ao máximo permitido para óleos comestíveis: 0,2% m/m, segundo CODEX alimentarius (1981) e ANVISA (1999). O elevado teor de sólidos insolúveis em éter encontrado para ambos os óleos da polpa e da amêndoa se justifica pelo fato de que a análise foi realizada sem a decantação dos óleos, como o objetivo de avaliar o rendimento real da extração.

Uma análise global dos resultados das análises físico-químicas deste trabalho permite concluir que é possível a extração dos óleos dos frutos da macaúba processados ainda frescos, obtendo-se óleos com qualidade alimentar, principalmente com uma acidez

baixa, possibilitando o seu uso pelas indústrias de alimentos, farmacêutica e de energia. Na produção de biodiesel, ressalta-se a possibilidade de uso da tecnologia convencional de transesterificação alcalina por rota metílica ou etílica.

Os óleos da polpa e da amêndoa, obtidos dos frutos da macaúba processados ainda frescos, utilizando-se extração por prensagem, são mostrados na Figura 4.3

Capítulo 5: O EXTRATIVISMO DA MACAÚBA NO NORTE DE MINAS GERAIS

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Cerrado Norte Mineiro possui, na sua flora nativa, inúmeras espécies que apresentam propriedades que as tornam atrativas para o extrativismo. Tais espécies são utilizadas como fonte de alimentos, como plantas medicinais, madeiras, ornamentais, apícolas, matéria prima para o artesanato, extração de óleos, dentre outros usos. O extrativismo vegetal é uma das atividades mais antigas e tradicionais nesta região. Em escavações no sítio arqueológico da Lapa Grande, nas proximidades da cidade de Montes Claros MG, foram encontrados vestígios de sementes de plantas nativas datando de mais de 1200 anos, demonstrando que os frutos existentes no cerrado eram explorados bem antes da chegada dos europeus no Brasil. A exploração extrativista dos frutos do Cerrado forma várias cadeias produtivas, sendo os frutos mais explorados comercialmente ou para o consumo próprio: Pequi (*Caryocar brasiliense*) (principal fruto explorado); mangaba (*Hancornia speciosa*); coquinho azedo (*Butia capitata*); faveleira (*Dimorphandra molis*); cauji (*Anarcadium* SP); cagaita (*Eugenia dysenterica*); araticum (*Annoma crassiflora*); a Macaúba (*Acrocomia aculeata*). No período da safra de cada espécie muitas famílias de produtores rurais, moradores de agrovilas ou da periferia das cidades, reduzem as demais atividades para se dedicarem ao extrativismo, o que lhes garante durante um período de poucos meses um rendimento, às vezes, superior aos rendimentos das demais atividades realizadas durante o ano (LOPES *et al* em RIBEIRO, 2010; ALMEIDA *et al*, 1998; O TEMPO, 2009, AFONSO, 2008).

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS:

Descrição do extrativismo da macaúba no contexto da região Norte de Minas Gerais através da argumentação, discussão heurística, revisão bibliográfica.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

5.3.1 O EXTRATIVISMO DA MACAÚBA NO NORTE DE MINAS GERAIS

A Macaúba é uma palmeira de vasta distribuição no cerrado do Norte Mineiro. Em função da maior fertilidade das terras ocorre, principalmente, nos baixios, várzeas e às margens dos rios, formando extensos maciços. Contudo, também são encontradas nas regiões de maior altitude. A frutificação é anual, observando-se o fenômeno da bianualidade na quantidade de frutos produzidos. O período de deiscência dos frutos vai de outubro a março ocorrendo, primeiramente nos macaubais localizados na região dos “gerais” e, mais tardiamente, nas proximidades da serra geral. A floração ocorre na mesma época ou logo após da deiscência dos frutos. A Macaúba exerce um importante papel ecológico nas regiões de ocorrência: servem de abrigo para uma grande diversidade de insetos e répteis, ninhos de pássaros; são suporte para orquídeas selvagens e; os frutos servem de alimento para muitas espécies de animais silvestres, tais como micos, roedores, aves e outros. As diversas partes da planta são utilizadas pela população tradicional do norte de Minas Gerais para muitas finalidades:

- a) Tronco: é utilizado na construção de casas, ripas, cercas, calhas e bicas. Do tronco das palmeiras jovens é extraído um palmito macio e saboroso. Da parte superior do tronco se extrai uma farinha amilácea comestível;
- b) Folhas: fonte de fibras para confecção de artesanato;
- c) Frutos: os frutos inteiros são utilizados para o consumo *in natura*, sendo também comercializados; utilizados como alimento para o gado, suínos e aves;
- d) Polpa do fruto: é utilizada como medicamento caseiro para doenças pulmonares, para a fabricação de sabão de bolo, e principalmente para extração do óleo;
- e) Endocarpo do fruto: é utilizado como carvão de alto poder calorífico; para substituir a brita no concreto; na confecção de jóias, bijuterias e artesanato;
- f) Amêndoa do fruto: consumida *in natura*, é utilizada para fabricação de paçoca, cocada, quebra-queixo e outros doces;
- g) Óleo da polpa: é utilizado como combustível para lamparina, como lubrificante, na indústria cerâmica, para fabricação de sabão escuro, como cicatrizante, para curar feridas em animais;
- h) Óleo da amêndoa: é utilizado como azeite de mesa para salada; como óleo de refoga, para frituras em geral e para pipoca; na confecção de

biscoitos de polvilho; como cosmético de cabelo: para dar peso e brilho ao cabelo, anticaspa e tonificante capilar evitando a queda. Utilizado como expectorante na medicina

Na Figura 5.1 apresenta-se produtos e frutos da Macaúba comercializados nos mercados do Norte de Minas Gerais.



Figura 5.1: Sabão de bolo (esquerda), frutos in natura comercializados nos mercados junto com outros frutos (direita).

5.4 MACAÚBA: A BIODIVERSIDADE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nas últimas décadas os assuntos: alterações climáticas do planeta, preservação da biodiversidade e necessidade da diminuição das desigualdades entre os povos têm preenchido a pauta de diversos fóruns internacionais. Nesse contexto, é inequívoca a necessidade da preservação da cobertura vegetal, como forma de conservação dos recursos hídricos, preservação da fauna, controle da emissão de gases. Ressalte-se que, no Brasil, o país detentor da maior biodiversidade do mundo, essa preocupação não é recente: o Regimento dos Cortes das Madeiras, promulgado pela coroa portuguesa através de carta régia com data de 11 de Julho de 1799, foi a primeira lei de proteção florestal. As preocupações estavam associadas com a exploração desordenada, com a destruição das matas às margens de rios navegáveis, próximos aos portos, e com a escassez de madeiras para construção. Moraes (1881), descreveu sobre as conseqüências do corte das florestas e o uso de práticas agrícolas degradantes, como as queimadas, na extinção de espécies, na escassez da água e seu efeito no clima. Relatou também o descaso das autoridades com as questões ambientais e a preservação da biodiversidade brasileira, bem como a falta de recursos e incentivo ao trabalho dos estudiosos do tema.

Segundo (Diegues, 2000), nos tempos atuais, apesar de alguns avanços, as áreas protegidas brasileiras ainda se encontram em crise: o modelo preservacionista atual esbarra em obstáculos, principalmente associados à falta de investimentos públicos ou privados, à infra-estrutura inadequada de fiscalização e à escassez de um forte trabalho de conscientização da sociedade. Adicionalmente, o modelo brasileiro tem como base o modelo americano de meados do século passado, que parte do princípio de que toda relação da sociedade e natureza é degradadora e destruidora do mundo natural e selvagem, não fazendo distinção entre as várias formas de sociedade: indígena, rural, urbana, industrial, tradicional e outras. Esse modelo operacional se utiliza de uma visão da relação entre sociedade, natureza e um conjunto de conceitos científicos, dentro do contexto cultural e ecológico norte americano, como norteadores dos procedimentos para a escolha da área, o tipo de unidade de conservação e o próprio manejo e gestão, que não se aplica ao contexto dos países tropicais do sul.

O Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, é um mosaico de diversidades paisagísticas, biológicas e populacionais. É o bioma com o maior número de frutíferas comestíveis e possui uma infinidade de outras plantas com potencial de aproveitamento na indústria farmacêutica, cosméticas, biocombustível e outras. É considerada a caixa d'água do Brasil, pois nele se encontram as nascentes que abastecem os rios das principais bacias hidrográficas brasileiras. Apesar dessa importância estratégica, não há uma legislação específica de proteção deste bioma, como há para a região amazônica ou a Mata Atlântica. Na Figura 5.14, destacam-se fotos do Cerrado Norte Mineiro.





Figura 5.2: Paisagens típicas do Cerrado Norte Mineiro

A partir da década de 70, com o domínio das técnicas de cultivo em solos pobres (técnicas de adubação, disponibilização de macronutrientes e adaptação de cultivares), o Cerrado desponta como uma excelente oportunidade para o agronegócio. As imensas áreas de terras planas (ideais para a mecanização), o clima e regime hídrico propícios, a localização privilegiada no centro do país associados com a possibilidade de transformação e enriquecimento do solo, fez com que as áreas do Cerrado, até consideradas áreas vazias de população, fossem referenciadas como a “Fronteira Agrícola brasileira”. Nesse contexto, sob os interesses das grandes indústrias de sementes, insumos e maquinários agrícolas, bem como dos bancos de investimentos, subsidiados por programas governamentais e agências de desenvolvimento regionais, como a SUDENE, novos sistemas de produção foram implantados na região, alterando a forma da relação do homem com o ambiente agreste do Cerrado. As principais alterações introduzidas foram: a pecuária extensiva modernizada; a agricultura irrigada; o reflorestamento de eucalipto e pinus; o carvoejamento da mata nativa e mais recentemente, a cultura da soja e da cana de açúcar (Ribeiro, 2010). Destaque na Figura 5.15.



Figura 5.3: Novas formas de ocupação do Cerrado. Carvoejamento das matas nativas (acima esquerda), pecuária extensiva modernizada (Acima direita), lavoura de soja (abaixo esquerda), uso intenso de defensivos agrícolas (abaixo direita)

Ao final da década de 90 a situação permeava a um desastre ambiental e social. Com o objetivo de minimizar essa situação e atender as demandas locais de alimentos, de sobrevivência, culturais e territoriais, surgiram movimentos sociais que culminaram em variadas formas de organização: cooperativas de produtores extrativistas, associações de agricultores familiares, organizações não governamentais e outras associações, Universidades e Instituições Públicas.

Associações estruturadas com unidades de beneficiamento se encarregaram do processamento de frutos nativos e outros produtos da agricultura familiar. Os resultados incluem a melhoria da renda dos produtores e a adequação da relação produtores-meio ambiente, sendo que a responsabilidade de cada um com a preservação ambiental resgatou a auto-estima da população em relação aos saberes tradicionais. Algumas dessas associações e cooperativas, com o auxílio das instituições de apoio (universidades, ONGs e centros de pesquisas), têm conseguido processar os frutos nativos fabricando produtos de boa qualidade que estão conquistando uma boa clientela no mercado nacional e em alguns casos até internacional, conforme fotos mostradas na Figura 5.16.



Figura 5.16: Unidades de beneficiamento de produtos do extrativismo no Norte de Minas Gerais

As unidades de beneficiamento de frutos nativos e produtos da agricultura familiar, aqui vistas como “*Clusters*”, ou seja, aglomerados sócio-econômicos-ambientais. São formados por um grupo de pessoas (população tradicional) de uma determinada localidade, com características próprias inerentes a cada comunidade, detentores dos conhecimentos relativos ao ambiente em que sobrevivem e conhecedores de certas tecnologias apropriadas para o usufruto dos recursos naturais. Interagem sustentavelmente com o ambiente em que estão inseridos, retirando seja da agricultura ou da flora nativa a matéria-prima para a fabricação dos produtos. Tendo como principal retorno a renda econômica, o incrementos de nutrientes na alimentação tanto humana quanto animal e a preservação do meio-ambiente. Interrelacionam com outras unidades de beneficiamento num ambiente de cooperação-competição. São fornecedores de matéria prima para grandes indústrias e de produtos alimentícios e outros produtos para os centros urbanos (supermercados, hotéis, escolas e outros). O fortalecimento deste sistema de produção gerará muitos frutos produtivos. Para que isto ocorra serão necessárias políticas públicas definitivas e eficientes visando, principalmente o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, a capacitação técnica e gerencial e a elaboração de uma política de subsídios para suprir a principal carência enfrentada atualmente que é a falta de capital de giro para a manutenção das unidades durante o ano inteiro. Na Figura 5.17, na forma de Fluxograma apresenta-se de forma sintética as inter-relações descritas.

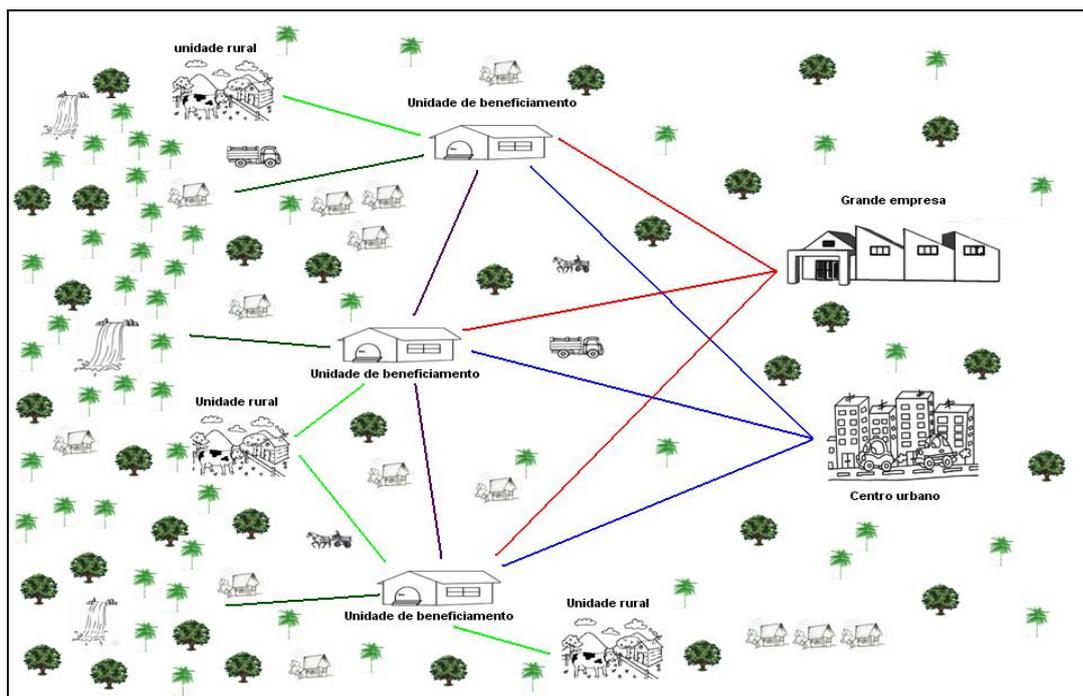


Figura 5.17: Fluxograma das Inter-relações no sistema agroextrativista do Norte de Minas Gerais

No contexto descrito, a macaúba surge como uma boa alternativa para o incremento dessas unidades de beneficiamento. Atualmente somente uma unidade faz o processamento dos frutos para a extração de óleos no Norte de Minas Gerais, a UBCM. Os resultados obtidos nos experimentos realizados no desenvolvimento deste trabalho demonstraram que haverá a necessidade de uma articulação para a formulação de uma logística para o processamento dos frutos como o objetivo da obtenção dos óleos de boa qualidade, principalmente com um baixo índice de acidez. As unidades poderão ser fornecedores de matéria prima de qualidade para grandes esmagadoras. Bem como, poderão ter acrescentada à estrutura fabril, sistemas de extração de óleos adaptados às condições locais, específicas de cada comunidade, poderão processar a macaúba e outras oleaginosas. Nesse caso o ganho, para os produtores, será maior por que além do óleo produzido, terão os co-produtos gerados, como as tortas, que poderão ser utilizados diretamente nas propriedades.

Dentro dessa perspectiva, a macaúba se enquadra perfeitamente nas diretrizes de diversos programas desenvolvimentistas governamentais brasileiros em curso atualmente:

(1) Programa Nacional da Agricultura Familiar (PRONAF): a macaúba poderá ser um incremento na renda dos pequenos produtores rurais. Tanto em relação à coleta extrativista e também com o cultivo da planta com a iniciativa da implantação de pomares de frutos nativos nas propriedades em sistemas agroflorestais ou agrossilvopastoris (Lopes et al em RIBEIRO,2010). Auxiliará na recuperação de áreas degradadas e poderá tornar produtivas áreas de preservação;

(2) Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): a elevada produtividade em óleo, faixa de 3000 a 6000kg de óleo/ha/ano (150-250 plantas/ha) , em conjunto ao potencial estimado de 12milhões de hectares de macaubais nativos, segundo a Embrapa (2009), gera uma expectativa de produção de pelo menos 40 milhões de toneladas de óleo anualmente, que poderá ser aumentado com implantação do plantio comercial. Além disso, se enquadra nos quesitos relativos ao desenvolvimento regional, preservação ambiental, inclusão e mobilidade social do programa.

(3) Programa Nacional de Agroenergia: Com uma única espécie, a macaúba se enquadra nas quatro vertentes do plano (PNA, 2006). “Floresta energética” com o plantio comercial, produção de energia a partir dos “resíduos” (carvão, biogás e outros), “Etanol” (fermentação da torta), e “combustíveis líquidos” a partir dos óleos.

Além dos programas citados, em função da enorme gama de possibilidades, é conveniente acrescentar o elevado potencial oleoquímico dos óleos do fruto da macaúba, com destaque ao perfil graxo diferenciado.

Na Figura 5.18 apresenta-se um panorama do emprego de forma sustentável da Macaúba.

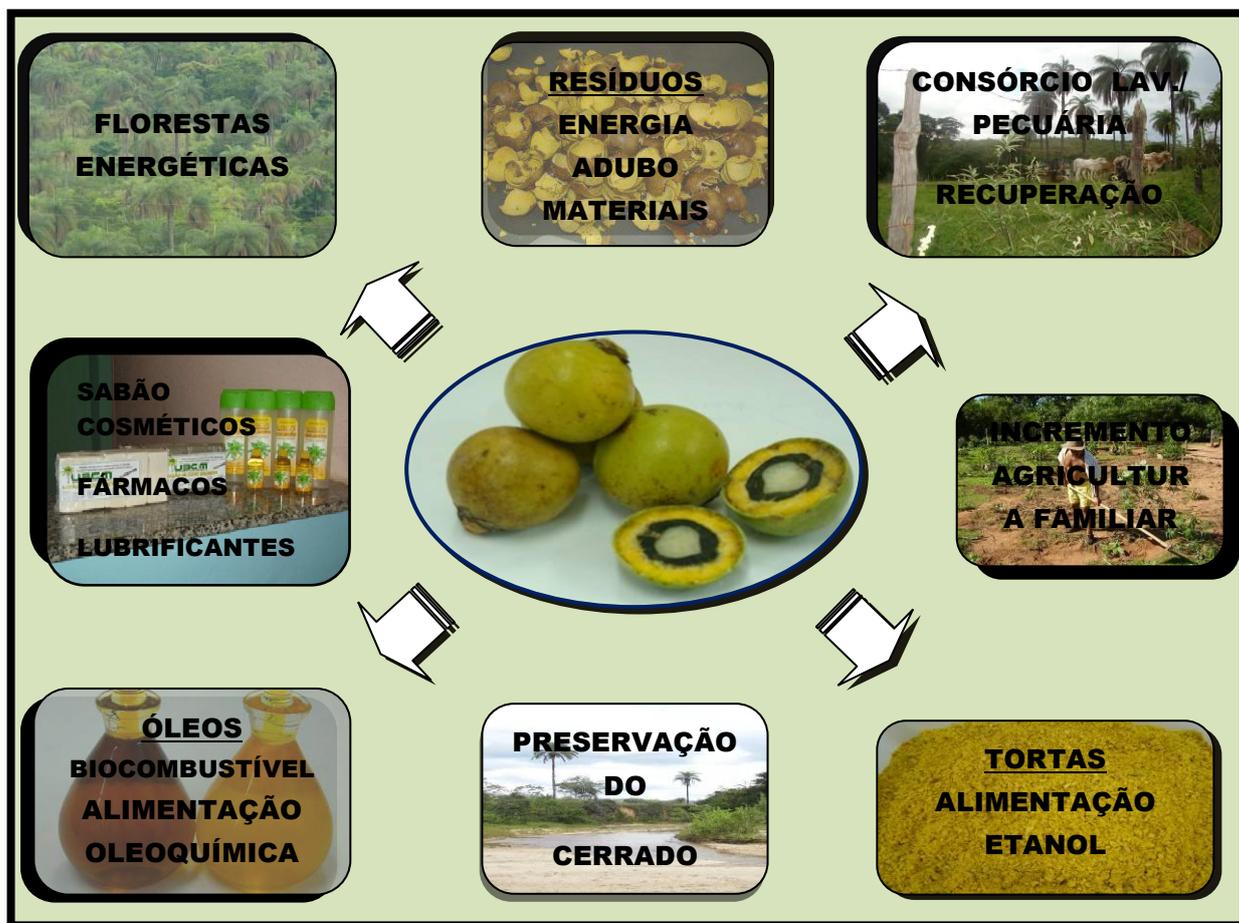


Figura 5.18: Potencial de usos da macaúba.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, confirmou-se o elevado potencial elaiotécnico dos frutos da palmeira Macaúba, bem como a possibilidade da obtenção dos óleos com qualidade alimentícia e também para a produção do biodiesel. Seguem as principais conclusões deste trabalho:

- 1) Dentro do universo amostral analisado, houve uma diferenciação significativa nas dimensões, na massa média e no teor de lipídios dos frutos da macaúba das três regiões avaliadas. Não houve diferenciação significativa para as variáveis umidade e proporção das partes em relação à massa dos frutos.
- 2) As variáveis relativas à qualidade dos frutos: diâmetro, massa média, relação polpa/casca, relação polpa/caroço, não variaram proporcionalmente ao teor de óleo dos frutos, portanto, apresentaram baixa correlação com essa variável.
- 3) O índice tecnológico proposto “Coeficiente Elaiotécnico (*CET*)”, reproduziu a proporcionalidade com o teor de lipídios dos frutos, conseguindo diferenciar os frutos das diferentes regiões avaliadas e apresentando uma correlação muito alta com o teor de lipídios dos frutos.
- 4) É possível a obtenção dos óleos da macaúba com qualidade alimentar e também com qualidade adequada para a produção do biodiesel, desde que se utilize de logística adequada de coleta, tratamento e armazenamento dos frutos.
- 5) Os frutos da macaúba coletados após a queda trazem consigo uma grande quantidade de microorganismos que irão atuar na degradação da polpa e consequentemente causar alterações na qualidade do óleo.
- 6) Os microorganismos penetram no interior dos frutos pelas partes vulneráveis como o pedúnculo, orifícios, rachaduras. A contaminação do fruto ocorre gradualmente, levando de 6 a 7 dias para infestar toda polpa nos frutos sem tratamento algum. Até esse período o índice de acidez do óleo da polpa é inferior a 2% em ácido oléico, acidez máxima estipulada para óleos brutos.

- 7) Os microorganismos deterioradores da polpa da macaúba encontram no óleo da polpa da macaúba um substrato ideal para a sua ação.
- 8) Pode se concluir também que os tratamentos propostos de sanitização apresentaram efeito significativo, minimizando ou contendo a ação dos microorganismos e das lípases, possibilitando a elaboração de um plano de logística para a condução dos frutos coletados, tendo a sua qualidade preservada, até uma unidade de extração de óleos.
- (i) O tratamento SS, que inclui a lavagem com detergente, fervura por 25min e secagem ao sol, preservou os frutos com acidez abaixo de 2% em ácido oléico por até 14 dias.
- (ii) O tratamento SE, que inclui lavagem com detergente, fervura por 25min e secagem em estufa a 120°C, se mostrou adequado para a obtenção de óleos da polpa com nível de acidez adequado para uso alimentício, produção de biodiesel e outros fins. A partir da curva da variação da acidez em função do tempo de armazenagem (Figura 3.8) pode-se prever que a acidez do óleo da polpa ficará abaixo do índice de 1,0 % em ácido oléico por 30 dias. A equação obtida da regressão curva obtida da variação da acidez com o tempo, indica um período de até 127 dias de armazenagem para o índice de acidez atingir 5%.
- 9) Por não necessitarem de aparatos complexos, os tratamentos propostos podem ser realizados pelos produtores extrativistas no campo, em suas residências ou em pequenas unidades de beneficiamento. Podendo-se assim, traçar uma logística de coleta e armazenagem dos frutos da macaúba oriundos dos macaubais nativos para a extração de óleos com uma qualidade alimentar, cosmética ou com uma qualidade suficiente para a produção de biocombustíveis.
- 10) Pode se confirmar a diferença entre as massas específicas das partes secas dos frutos da macaúba.
- 11) É possível a extração dos óleos da macaúba utilizando-se os frutos frescos.
- 12) Um leve aquecimento auxiliou na extração dos óleos da macaúba.

13) A qualidade dos óleos extraídos, utilizando-se os frutos da macaúba frescos, tiveram os principais índices de qualidade dentro dos parâmetros para óleos comestíveis.

14) O método de extração dos óleos da macaúba utilizado na UBCM e mostrou bastante arcaico, produzindo um óleo da polpa fora dos padrões alimentares.

15) Existem muitas possibilidades para a utilização dos óleos da macaúba em uma pequena unidade de beneficiamento gerenciada por produtores extrativistas.

16) A utilização dos frutos da macaúba oriundos nativos macaúba é uma ótima alternativa para o incremento da renda de pequenas unidades de beneficiamento de frutos nativos e pequenos produtores. Além disso, poderá contribuir para a preservação da flora nativa do Cerrado, na recuperação de áreas degradadas, tornar produtivas às áreas de preservação e, ainda, ser um grande incremento na cadeia produtiva da indústria elaiotécnica.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Caracterização biométrica de outras espécies do gênero *Acrocomia*.
- Ampliação do tempo de avaliação da armazenabilidade dos frutos da macaúba.
- Identificação da flora microbiana que ataca os frutos da macaúba.
- Estudos sobre as lipases que atuam no desenvolvimento da acidez livre nos frutos da macaúba.
- Técnicas de refino dos óleos da macaúba.
- Ampliação das Pesquisas versando sobre a utilização dos óleos e co-produtos da macaúba para fins industriais, energéticos, farmacêuticos, oleoquímica e outros
- Desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos e rotas para o processamento industrial dos frutos da macaúba.
- Estudos para elaboração de um plano de manejo sustentável para a utilização dos frutos de macaubais nativos.
- Estudos sócio-econômicos sobre a cadeia produtiva da macaúba.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, P. C. S.; **Gestão e disputa pela água na sub-bacia do Riachão, Montes Claros/MG**. Dissertação, Inst. de Geografia- UFU, Uberlândia, 2008. 146p.
- AFONSO, S. R.; **Construção de projetos para a promoção da cadeia do pequi de do buriti nos territórios identificados**. Relatório produto 4/Projeto PNUD BRA 99/025, MMA, Brasília, 2009.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; **CERRADO: espécies vegetais úteis**; EMBRAPA-CPAC, Planaltina-DF, 464p., 1998.
- ALVES, R.; **Filosofia da Ciência**. 4º ed. , Editora Loyola, São Paulo, 221p., 2002.
- ANVISA, **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais**, Resolução nº: 482, Anvisa/legis, Brasília, 1999.
- AOAC; **Official Methods and Practices of de AOCS**. 5o ed., Washington- DC, 1998.
- AQUINO, L. P. *et al*; **Influence of Pequi Drying on the quality of the oil extracted**. Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos, No. 29, vol.2, p. 354-357, Campinas, 2009.
- AWAD, M.; **Fisiologia pós- colheita de frutos**, Ed. Nobel, 120p, São Paulo, 1993.
- AZEREDO, H. M. C.; **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 1º Ed. Embrapa Agroindústria Tropical, 195p. Fortaleza, 2004.
- BASTOS, M. S. R.; **Ferramentas da ciência e tecnologia para a segurança dos alimentos**. 1º Ed., Editora Embrapa,438p, Fortaleza,2008.
- BALINT, Á. **Prediction of physical properties of food for unit operation**. Periodica Polytechnica Ser. Chem.Eng., v. 45, n. 1, p. 35-40, Budapeste, 2001.
- BELITZ,H. D.; GROSCH, W.; SHIERBERLE, P.; **Food Chemistry**. 4th ed., Springer, 1.114p., Berlin, 2009.
- BENSUSAN, N.; **Unindo sonhos: Pesquisas ecossociais no Cerrado**. 1º Ed., IEB, Brasília, 2009.
- BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, 1964. n.2; p. 50-554.

- BOWER, J. A.; **Statistics for food science- V part C: non-parametric ANOVA.** Nutrition & Food Science, MBC University Press, # 2, 1998 p. 102-108.
- BOWER, J. A.; **Statistics for food science- V Comparison of many groups .** Nutrition & Food Science, MBC University Press, # 2, 1997 p. 78-84.
- BOWER, J. A.; **Statistics for food science- V Correlation and regression.** Nutrition & Food Science, MBC University Press, Vol. 30 # 6, 1998 p. 295-299.
- BRENNAM, J. G.; **Food Processing Handbook.** Wiley-VCH, 602p. Weinheim, Germany, 2006.
- CAVALINI, F. C.; **Índice de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas Kumagai e Paluma.** Dissertação de mestrado, 69 p. ESALQ/USP, Piracicaba, 2004.
- CARDOSO, M. L.; **O mito do método.** Trabalho apresentado, Seminário de Metodologia Estatística, PUC, Rio de Janeiro, 1971.
- CARGNIN, A. *et al*; **Potencial da macaubeira como fonte de matéria prima para a produção de biodiesel.** Anais IX Simpósio Nacional do Cerrado, Brasília, 2008.
- CBA, **COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL;** Normas analíticas; 1998.
- CECCHI, H.M.; **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos.** 2º Ed., Editora Unicamp, Campinas, 207p., 2007.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A.; **Metodologia científica,** 5º Ed., Makron Books, São Paulo, 1996.
- CHITARRA, M. I. F.; **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças.** Ed. UFLA, 62 p., Lavras, 1999.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B.; **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo,** 2º Ed., editora Atual, Lavras, 783p., 2005.
- CIPRIANO, R. **Descobrimo o poder da macaúba.** http://www.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/folder.2006/foldernoticia.2006-04-03.3722359657/noticia.2006-04-26.0919750710/mostra_noticia, (15 setembro 2006).

CODEX STAN-19: Codex standard for edible oils and fats not covered by individual standards. Codex alimentarius. 5p., 1981.

CODEX STAN-210; Codex standard for named vegetable oils. CODEX ALIMENTARIUS, 13 p., 1999.

COSTA, J. B. A.; Cultura, Natureza e População Tradicional. Rev. Verde Grande, v. 03, n.:3,p. 37-64, Montes Claros,2005.

CORTEZ, L.A. B.; LORA, E. E. S.; GOMEZ, E. O.; Biomassa para energia. Editora da Unicamp, 732p., Campinas, 2008.

CRUZ, E. D. et al; Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba. Rev. Bras. de Bot., vol. 24, n. 2, p. 161-165, São Paulo, 2001.

DA SILVA, I. C. C.; Uso de processos combinados para o aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo da macaúba. Dissertação, Escola de química - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009, 99p.

DIAS, J. L. M.; Medidas, normalização e qualidade. Ed. Ilustrações, Rio de Janeiro, 292p., 1998.

DIEFFENBACHER, A. ; POCKLINGTON, W.D. ; IUPAC: Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 7th ed. ; Blackwell Scientific Publications, Oxford, 151 p., 1992.

DIEGUES, A. C. et al; Os saberes Tradicionais e a biodiversidade do Brasil. Brasileiras-USP, São Paulo,221p., 1999.

DIEGUES, A. C.; O mito moderno da natureza intocada. 3° Ed., NUPAUB-USP, São Paulo, 162p., 2000.

EMBRAPA; Arranjos Produtivos Locais (APL's) para Biodiesel. Encarte, Embrapa agroenergia, Brasília, 16p., 20

FACHINELO, J. C.; NATICHGAL, J. C.; KERSTEN, E.; Fruticultura: fundamentos e práticas. UFPel, v. 1, 176p, Pelotas-RS, 2008.

FARIAS, T. M. ET AL; Determinação de um indicador visual externo do estado de degradação dos frutos da macaúba. Anais do 6° Congresso Brasileiro de Plantas

Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, p. 3404-3409, Montes Claros, 2009. Disponível em:<http://oleo.ufla.br>

FELLEW, P.; **FOOD PROCESSING TECHNOLOGY: Principles and Practice**. 2nd ed.; CRC Press, Cambridge, 592p., 2002.

FERREIRA, A. B.; ANJOS, M. dos; FERREIRA, M. B. **Aurélio do Século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3. ed: Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2128p , 1999.

FILGUEIRAS, C. A. L.; **A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução?**. Química Nova, no 18, vol. 2, p. 219-224,1995.

FRUITS from America: an ethnobotanical inventory *Acrocomia aculeata*. Disp. em:<http://www.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits_from_americas/frutales/Acrocomiaaculeata.htm> Acesso em: 8 set. 2005.

GAVA, A. J.; **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1º Ed. , Ed. Nobel, 284 p., São Paulo, 2002.

GRAY, M. **Palm and Cycad Societies of Australia**. Disponível em: <<http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>> Acesso em: 20 set. 2005 ou Acesso em 20 ago. 2007

GRISKEY, R. G.; **Transport phenomena and unit operation, a combined approach**. Ed. Wiley & Sons Inc.; 457p., New York, 2002.

GRUPOVERDE, ***Acrocomia aculeata***. Disponível em: <http://www.grupoverdepalms.com/index2.html>> ; Acesso em 12 nov. 2005. ?Acesso em 20 ago 2007.

GUSTONE, F. D.; HARWOOD,J. L.; DIJKSTRA, A. J.; **THE LIPID HANDBOOK**. 3rd Ed., CRC press, 791p., New York, 2007.

HANSEN, E.; **Postharvest physiology of fruits**. Ann. Rev.Plant physiology, No. 17, p. 459-480, Corvalis,1966.

HAYMA, J.; **The storage of tropicals agricultural products**. 4th ed., Stoas Digigraf, Wagenigen, 84p., 2003.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas** New Jersey: Princeton University, 1995. p.166-167.

HUI, Y.H.; **Handbook of fruits and fruit processing**. First ed., Blakwell Publishing, 688 p., Iowa, 2006.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ; **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz**. 4º ed. São Paulo, 2008. Disponível em www.ial.sp.gov.br

INMETRO; **Quadro geral de unidades de medidas: Resolução CONMETRO 12/88/INMETRO, SENAI**. 4º Ed., Editora SENAI, Rio de Janeiro, 44p., 2007.

INMETRO; **Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2008)**. 1º Ed., Rio de Janeiro, 78p., 2009.

JOVER, J. N.; **La Ciencia y La Tecnología como procesos sociales**. 2º Ed., Editorial Félix Varela, 245p., Havana, 2009.

LAVOISIER, A. L.; **Traité de élémentaire chemie**. 1º volume, Ed. Imprimerie Impreiale, Paris, 781p., 1864.

LORENZI, G. M. A. C.; **Acrocomia aculeata Lord ex Mart – Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**, Tese, Departamento de Fitotecnia, UFPR, Curitiba, 166 p., 2006

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

LORENZI, H. *et al*; **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Ed. Nova Odessa, Instituto Planetarum, São Paulo, 2004.

MARKLEY, K. S. Mobocayá or Paraguay coco palm: an important source of oil. **Economic Botany**, New York, v. 10, n. 1, p. 3-32, 1956

MOBOT - MISSOURI BOTANICAL GARDEN - **Manual de Plantas de Costa Rica**, <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/treat/acoelorrapphe.shtml>>, (15 junho 2006).

MOLDÃO, M. ; EMPIS, J.; **Processamentos Mínimos**; Sociedade Portuguesa de Inovação- SPI, eBook, disponível em www.spi.pt/documents/books/hortofructicolos/Wcebaf179e0cb2.asp, acessado em 06/10/2009.

MORAES, M.; **Botânica Brasileira aplicada à medicina, às artes e à industria**. Livraria de Garnier, Rio de Janeiro, 568p.; 1881.

MORAES, P. L. D.; LIMA L. C. O.; ALVES R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALMEIDA A. S.; **Physical, physiological and chemical change during storage of two Sapodilla cultivars.** Revista: Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 4, p.549-554, 2006.

MORETTO, E.; FETT, R.; **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** Livraria Varela, 150p., 1998.

MOURA, E. F.; **Embriogênese somática em macaúba: indução, regeneração e caracterização anatômica.** Tese, UFV, Viçosa, 2007, 83p.

NORGAARD, R. B.; **A ciência ambiental como processo social.** Textos para debate, No. 35, AS-PTA, Desktop Publicações Ltda., Rio de Janeiro, 17p., 1991.

NOVAES, R. F.; **Contribuição para o Estudo do Côco Macaúba.** Tese, Secção de Tecnologia Agrícola, ESALQ, Piracicaba, 85p., 1952.

OLIVEIRA, M. E. B. *et al*; **Caracterização física de frutos do Pequi da chapada do Araripe – CE.** Comunicação Científica, Rev. Bras. De Frutic., v. 31, n. 4, p. 1196-1201, Jaboticabal, 2009.

O TEMPO; **Arqueólogos acham vestígios com mais de 1200 anos em MG,** Jornal o Tempo, p. 17. Belo Horizonte, 06/05/2009;

PEREIRA, E. B. *et al*; **Kinetic studies of lipase from *Candida rugosa*.** Rev. Applied Biochemical and Biotechnology, vol. 91-93, p.739-752, 2001.

PIMENTA, T. V.; **Metodologias de obtenção e caracterização dos óleos do fruto da macaúba com qualidade alimentícia: da coleta à utilização.** Dissertação, DEQ/UFMG, Belo Horizonte, 114p., 2010.

PNA, 2006; **Plano Nacional de Agroenergia.** 2º Ed., Ed. Embrapa, Brasília, 114 p. 2006.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1994. 320p.

PRATES, J. E.; SEDIYMA, G.C.; VIEIRA, H. A. Clima e produção agrícola. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 18-22, 1986.

RAREPALMSEEDS; *Acrocomia aculeata* Disponível em: http://www.rarepalmseeds.com/pix/A_shtml. Acesso em: 10 out. 2005 Acesso em: 20 ago. 2007.

- RETTORE, R. P.; MARTINS, H.; **Produção de combustíveis Líquidos a Partir de Óleos Vegetais**. Relatório final, CETEC-MG, vol.1, Belo Horizonte, 1983.
- RIBEIRO Jr., J. I.; **Análises estatísticas no SAEG**. Ed. UFV, Viçosa, 2001, 301p.
- RIBEIRO, E. M.; **História dos Gerais**. Ed. UFMG, Belo Horizonte, 2010, 329p.
- ROCHA, O. **O coco macaúba**. Revista de Agricultura, Piracicaba, v.21, p.345-358, 1946.
- SACHER, J. A.; **Senescence and postharvest physiology**, Annual Reviews Plant Physiology; p. 197-224, Los Angeles, 1973.
- SANTELLI, P.; **Fisiologia pós-colheita de frutos das palmeiras *Syagrus oleracea* e *Mauritia vinifera***. Dissertação, Instituto de Ciências Biológicas-UnB. Brasília, 72p. 2005.
- SCARIOT, A.; LIERAS E.; **Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: Patterns and Consequences**, BIOTROPICA, No. 27(2), p. 168-173, 1995.
- SCARIOT, A. **Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata***. Principes, Brasília, v.42, n.1, p.5-8, 1998.
- SEILER, J. P.; **Good microbiology practices**. 1st ed., Springer, European Union, 433 p., 2005.
- SHAHIDI, F. ; **Bailey's industrial oil and Fat Products**. sixth edition, v. 6, 3693p. Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.
- SILVA, G. C. R.; **Processo industrial de extração dos óleos do fruto da macaúba: proposição de rota, simulação e análise de viabilidade econômica**. Dissertação de mestrado, DEQ/UFMG, Belo Horizonte, 2010, 217p.
- SILVA, I. C. C.; **Uso de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba**. Dissertação, Escola de Química-UFRJ, Rio de Janeiro, 2009. 99p.
- SILVA, J.C. **Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial**. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 41 p.
- TOSI, L.; **Lavoisier: Uma revolução na química**. Química Nova, no. 12, v. 1, p. 33-56, 1989.

ULRICH, R.; **Postharvest Physiology of fruits**, Annual Reviews Plant Physiology; p. 385-416, Paris, 1958.

WROLSTAD, R. E. *et al*; **Handbook of Food Analytical Chemistry**. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005, 1302p.