

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Extração do Óleo da Polpa de Pequi  
(*Caryocar brasiliense*) por Processos Convencionais  
Combinados com Tecnologia Enzimática**

Renata Gomes de Brito Mariano

**2008**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**Extração do Óleo da Polpa de Pequi  
(*Caryocar brasiliense*) por Processos Convencionais  
Combinados com Tecnologia Enzimática**

**RENATA GOMES DE BRITO MARIANO**

*Sob Orientação da Professora*  
**Sonia Couri**  
*e Co-orientação da Professora*  
**Suely Pereira Freitas**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ.  
Agosto de 2008

634.4

M333e

T

Mariano, Renata Gomes de Brito,  
1980-

Extração do óleo da polpa de  
pequi (*Caryocar brasiliense*) por  
processos convencionais combinados  
com tecnologia enzimática/ Renata  
Gomes de Brito Mariano - 2008.

55f. : il.

Orientador: Sonia Couri.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Alimentos.

Bibliografia: f. 47-55.

1. Pequi - Teses. 2. Pequi -  
Processamento - Teses. 3. Óleos e  
gorduras - Análise - Teses. 4.  
Enzimas - Aplicações industriais -  
Teses. 5. Frutas tropicais - Teses.  
I. Couri, Sonia, 1949- . II.  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro. Programa de Pós-  
Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Alimentos. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA**  
**E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**Renata Gomes de Brito Mariano**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/08/2008.

---

Sonia Couri (D.Sc) CTAA/Embrapa  
(Orientadora)

---

Suely Pereira Freitas (D.Sc) UFRJ/ EQ  
(Co-Orientadora)

---

Djalva Maria da Nóbrega Santana (D.Sc) UFRRJ

---

Lucinéia Gomes da Silva (D.Sc) CEFET Química

## DEDICATÓRIA

*Após ter agüentado minhas ausências (em todos os sentidos);*

*Após ter encarado cansativas viagens a Congressos (e no ônibus da Rural);*

*Após ter aturado minhas crises existenciais, de mau humor, TPM e outras,*

*Após ter feito todas as tarefas de casa e cuidado sozinho dos nossos amados cães nos últimos meses;*

*E mesmo enquanto eu me debruçava sobre o computador e esquecia de todo o resto.*

*Lá estava você... Leonardo... ainda me observando com ar de admiração!!!*

*Esta dissertação é dedicada a você!*

## AGRADECIMENTOS

Mais esta Senhor Deus...

Obrigada por não ter permitido que eu desistisse nos inúmeros momentos em que tive vontade.

Aos meus que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas.

Ao Prof. Sérgio, um pai.

Não sei como agradecer a uma pessoa SEMPRE que fez TUDO por mim.

À Profª. Anete,

Por toda sua compreensão e apoio.

Por estar sempre do meu lado.

Por me ajudar a amadurecer não só profissionalmente.

Pelos conselhos, conversas, muitos puxões de orelha....

Por ter me mostrado aquele folheto da Rural e ter falado: “Faça a prova, você vai passar. Eu lhe empresto os livros...”

E aqui estou.

À Profª Suely,

Por ter me acolhido com tanto carisma.

Pela IMENSA contribuição para a realização e principalmente conclusão deste trabalho.

Por toda compreensão.

Por não ter desistido de mim.

À Profª Sonia, por seu apoio e compreensão principalmente na etapa final de conclusão deste trabalho.

Ao Luís Pardal, por ter me apresentado ao pequi e pela grande ajuda no fornecimento das amostras.

À Andréia, pelas divertidas tardes no Laboratório de Bromatologia.

À Ana Patrícia,

Por sua amizade... Sem ela minha passagem pela Rural teria sido bem mais árdua.

À Carol, um exemplo de responsabilidade e competência que levarei pra sempre.

Obrigada por sua amizade.

Léo...

Obrigada por toda a sua paciência e companheirismo.

## RESUMO

MARIANO, Renata Gomes de Brito. **Extração do Óleo da Polpa de Pequi (*Caryocar brasiliense*) por Processos Convencionais Combinados com Tecnologia Enzimática**. 55p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

O pequi é amplamente distribuído no cerrado brasileiro e seus frutos são usados normalmente na alimentação, cosméticos e produção de lubrificantes. O fruto é constituído de uma casca externa tênue e de um mesocarpo pouco fibroso e rico em taninos. O caroço do pequi é revestido por uma polpa contendo, em média, 50% de óleo e 13% de fibra e por uma amêndoa branca e também rica em óleo (40 a 50%). A proposta deste trabalho foi selecionar um processo tecnológico para extração do óleo de pequi, a partir da polpa, de forma a agregar valor aos recursos naturais disponíveis no cerrado, melhorando a renda das pequenas comunidades rurais e favorecendo a preservação das espécies nativas. Os frutos integrais, colhidos no estado de Mato Grosso, Brasil, foram esterilizados à 121°C por 5 minutos para a inativação das enzimas peroxidases e redução da carga microbiana, armazenados e congelados a -18°C até seu uso. Neste estudo, um extrato enzimático com atividades de pectinase e CMCase, respectivamente 83 e 21 U/g foi usado para a hidrólise da polpa do pequi antes da extração do óleo. A enzima foi produzida em reator de escala reduzida por fermentação semi-sólida usando um mutante do *Aspergillus niger* 3T5B8. A extração foi conduzida por diferentes métodos: extração aquosa e prensagem hidráulica, com e sem incubação enzimática. O melhor rendimento de extração do óleo foi obtido nas seguintes condições operacionais: 1% (v/p) de enzima em relação ao peso da amostra e 1 hora do tempo da incubação a 45°C, no estágio do pré-tratamento e a 10000 psi durante 1 hora no estágio de pressão mecânica. O teor de óleo na polpa do pequi (36%) e a caracterização físico-química do óleo foram determinados de acordo com métodos analíticos oficiais. Os índices da acidez, peróxido, iodo e de saponificação foram respectivamente 1,46 mgKOH/g, 2,98 meq/kg, 49,13 e 189,40. A acidez e os valores do peróxido foram mais baixos que os valores obtidos em amostras comerciais do óleo respectivamente 2,48 mgKOH/g e 5,22 meq/kg. Os índices de iodo, saponificação e ponto de fusão da mesma amostra não apresentaram diferenças significativas se comparadas com a amostra comercial. Os principais ácidos graxos do óleo da polpa foram oléico (C18:1) e palmítico (C16:0). Pode-se concluir que o processo combinado do tratamento enzimático seguido da prensagem mecânica promoveu, simultaneamente, a hidrólise celular da parede e a redução da viscosidade da polpa, contribuindo para o aumento do rendimento do óleo em pelo menos 20%.

**Palavras-chave:** *Caryocar brasiliense*, óleo de pequi, extração enzimática, prensagem.

## ABSTRACT

MARIANO, Renata Gomes de Brito. **Enzymatic technology combined with conventional process to improve oil extraction from pequi pulp (*Caryocar brasiliense*)**. 55p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

The pequi is wide distributed in the Brazilian cerrado. Its' fruits are normally used for food, cosmetics, lubricants production. The pequi pulp is mainly composed of lipids (45 to 50%) and fiber. The integral fruits were collected in the Mato Grosso State, Brazil. The fruits were autoclaved at 121°C for peroxidase inactivation and stored under refrigeration for subsequent use. In this study, an enzymatic extracts with high pectinase and CMCase activities, respectively 83 and 21 U/g, was used for hydrolysis of pequi pulp prior to oil extraction. The enzyme was produced in bench-scale reactor by solid state fermentation using a mutant *Aspergillus niger* 3T5B8. The oil extractions were carried out by centrifugation or by hydraulic pressing, with or without enzymatic incubation. The best oil yield was obtained in the following operational conditions: 1,0 % volume of enzyme per weight of the sample, 45°C and 1 hour of incubation time in pre-treatment stage and 10000 psi during 1 hour in the pressing stage. The oil content in the pequi pulp (36%) and the physicochemical characteristic of the oil was determined according to official analytical methods. Acidity, peroxide values, iodine and saponification indices were respectively 1.46 mgKOH/g, 2.98 meq/kg, 49.13 and 189.40. The acidity and peroxide values were lower that obtained values in commercial oil samples respectively, 2.48 mgKOH/g and 5.22 meq/kg. This combined process promotes, simultaneously, the cellular wall hydrolysis and the viscosity reduction of the pulp, contributing to increased the oil yield by pressing in at least 20%.

**Key-words:** Pequi, *Cariocar brasiliense*, oil extraction, enzyme-based process.

## LISTA DE FIGURAS

	p.
<b>FIGURA 1.1:</b> Mapa da região dos Cerrados no Brasil.	17
<b>FIGURA 1.2:</b> Índias Kaiapó despolpando pequi para posterior conserva por desidratação (2004).	17
<b>FIGURA 3.1:</b> Pequizeiro.	22
<b>FIGURA 3.2:</b> Fruto inteiro, com casca.	23
<b>FIGURA 3.3:</b> Fruto do pequi mostrando mesocarpo, interno (polpa amarela) e mesocarpo externo (polpa branca).	23
<b>FIGURA 3.4:</b> Cromatograma (HPLC) dos carotenóides do pequi.	25
<b>FIGURA 4.1:</b> Região onde se situa a Aldeia Piaruçú.	30
<b>FIGURA 4.2:</b> Fluxograma de recepção da amostra. Tratamento dado ao fruto para armazenamento até sua utilização.	33
<b>FIGURA 4.3:</b> Etapas de processamento da amostra para armazenagem.	33
<b>FIGURA 4.4:</b> Etapas de pesagem das partes do fruto.	34
<b>FIGURA 4.5:</b> Frutos em processo de secagem.	35
<b>FIGURA 4.6:</b> Etapas da determinação da composição centesimal da polpa do pequi.	38
<b>FIGURA 4.7:</b> Caracterização físico-química do óleo de pequi.	40
<b>FIGURA 4.8:</b> Procedimento experimental para as etapas de extração aquosa e enzimática.	42

<b>FIGURA 4.9:</b>	Etapas do processo de obtenção do óleo da polpa de pequi por prensagem e prensagem combinada.	43
<b>FIGURA 4.10:</b>	Diagrama de blocos mostrando a seqüência dos processamentos de extração do óleo bruto pelos processos de extração aquosa e extração aquosa enzimática..	45
<b>FIGURA 4.11:</b>	Diagrama de blocos mostrando a seqüência dos processamentos de extração do óleo bruto pelos processos de extração por prensagem convencional e extração por prensagem combinada..	46
<b>FIGURA 5.1:</b>	Distribuição de massa no fruto.	47
<b>FIGURA 5.2:</b>	Balanço de massa do caroço de pequi antes e após autoclavagem.	47
<b>FIGURA 5.3:</b>	Curva de cinética de desidratação do fruto a temperaturas de 35 e 60°C.	48
<b>FIGURA 5.4:</b>	Frutos antes e após processo de secagem.	48
<b>FIGURA 5.5:</b>	Modelo cinético para secagem da polpa de pequi a 35°C.	49
<b>FIGURA 5.6:</b>	Modelo cinético para secagem da polpa de pequi a 60°C.	49
<b>FIGURA 5.7:</b>	Produto obtido na prensagem do fruto.	54
<b>FIGURA 5.8:</b>	Resíduo da prensagem combinada.	55
<b>FIGURA 5.9:</b>	Óleo obtido da torta por extração etanólica.	56
<b>FIGURA 5.10:</b>	Eficiência das extrações em base seca.	56

## LISTA DE TABELAS

	P.
<b>TABELA 3.1:</b> Composição centesimal média da polpa de pequi.	26
<b>TABELA 3.2:</b> Composição centesimal média da amêndoa de pequi.	26
<b>TABELA 3.3:</b> Valores de vitamina e sais minerais expressos para 100g de polpa.	26
<b>TABELA 3.4:</b> Teores de fenólicos totais e carotenóides em mg/100g na polpa e amêndoa de pequi.	27
<b>TABELA 3.5:</b> Composição percentual de ácidos graxos da polpa e amêndoa de pequi.	28
<b>TABELA 3.6:</b> Composição triglicéridica do óleo de pequi.	28
<b>TABELA 3.7:</b> Caracterização físico-química do óleo de pequi.	29
<b>TABELA 4.1:</b> Reagentes e solventes utilizados.	31
<b>TABELA 4.2:</b> Equipamentos utilizados.	32
<b>TABELA 5.1:</b> Composição química da polpa de pequi em base úmida.	50
<b>TABELA 5.2:</b> Composição percentual da polpa de pequi comparada a outras oleaginosas.	50
<b>TABELA 5.3:</b> Fontes vegetais de beta-caroteno.	52
<b>TABELA 5.4:</b> Lipídeos totais calculados na polpa em diferentes pré-tratamentos	52
<b>TABELA 5.5:</b> Óleo obtido por extração aquosa de diferentes materiais oleaginosos.	53

<b>TABELA: 5.6:</b>	Óleo obtido por extração aquosa combinada com enzima de diferentes materiais oleaginosos.	54
<b>TABELA 5.7:</b>	Efeito das condições de secagem no rendimento de extração do óleo	55
<b>TABELA 5.8:</b>	Perfil de ácidos graxos de frutos oleaginosos.	58
<b>TABELA 5.9:</b>	Índices de qualidade do óleo bruto.	59

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	16
<b>2 OBJETIVOS</b>	19
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b>	20
3.1 Evolução dos Processos de Extração do Óleo	20
3.2 O Pequi	22
3.2.1 Composição química do fruto	24
3.2.2 Óleo de pequi	27
3.2.3 Parâmetros de qualidade do óleo	27
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	30
4.1 Materiais	30
4.1.1 Amostra	30
4.1.2 Reagentes e solventes	30
4.1.3 Equipamentos	32
4.2 Pré-tratamento da Amostra	32
4.3 Distribuição de Massa no Fruto	34
4.4 Secagem do Fruto	34
4.4.1 Coeficiente de difusão	35
4.5 Preparação da Enzima	36
4.6 Composição Centesimal	36
4.6.1 Umidade total	36
4.6.2 Cinzas	36
4.6.3 Proteínas	37
4.6.4 Lipídeos	37
4.6.5 Beta-caroteno	38
4.7 Caracterização Físico-Química do Óleo Bruto	38
4.7.1 Índice de acidez	38
4.7.2 Índice de iodo	39
4.7.3 Índice de saponificação	39
4.7.4 Ponto de fusão	40
4.7.5 Índice de peróxido	40
4.7.6 Composição em ácidos graxos	41

4.8 Procedimentos de Extração do Óleo Bruto	41
4.8.1 Extração aquosa	41
4.8.2 Extração aquosa enzimática	41
4.8.3 Extração por prensagem convencional	42
4.8.4 Extração por prensagem combinada com enzima	42
4.8.5 Processamento da torta	43
4.9 Cálculo de Eficiência das Extrações	43
4.10 Análise Estatística dos Dados	44
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>47</b>
5.1 Distribuição de Massa no Fruto	47
5.2 Pré-tratamento da Amostra	47
5.3 Secagem do Fruto	48
5.3.1 Coeficiente de difusão	49
5.4 Composição Centesimal	50
5.5 Beta-Caroteno	51
5.6 Extração do Óleo Bruto	52
5.6.1 Extração aquosa	53
5.6.2 Extração aquosa enzimática	54
5.6.3 Extração por prensagem e prensagem combinada	54
5.7 Processamento da Torta com Etanol	55
5.8 Eficiência dos Processos de Extração	56
5.9 Caracterização física e química do óleo bruto	57
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>60</b>
<b>7 SUGESTÕES</b>	<b>61</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O pequi é uma palmeira nativa do Cerrado, área responsável pelo segundo maior bioma do país, superado apenas pela Floresta Amazônica. A região (Figura 1.1) destaca-se pela riqueza de sua biodiversidade, que pode ser interpretada pela vasta extensão territorial, pela posição geográfica privilegiada, pela heterogeneidade de climas e solos, e por ser cortada pelas três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (VERA *et al.*, 2005). Semelhante aos frutos do dendezeiro e da macaúbeira, o pequi contém óleo na polpa e na amêndoa. O óleo da polpa, semelhante aos óleos de dendê e macaúba, é rico em ácidos graxos monoinsaturados e carotenóides. Entretanto o óleo da amêndoa do pequi é mais insaturado e, portanto, mais líquido que os óleos daquelas palmáceas. Os principais ácidos graxos do óleo da polpa de pequi são oléico (c.a. 60%) e palmítico (c.a. 35%).

O pequi é um fruto de alto teor nutritivo e integra a base cultural do centroeste brasileiro, sendo um elemento essencial na culinária regional do Cerrado. O emprego do pequi na dieta tem mérito terapêutico, uma vez que é excelente na prevenção e combate à hipovitaminose. Este fruto desempenha, ainda, um importante papel no desenvolvimento social de comunidades que se mantêm economicamente por meio da atividade extrativista ([www.sbrt.ibict.br](http://www.sbrt.ibict.br)).

Nas últimas décadas, a difusão capitalista intensificou a expansão do modelo agropecuário de monocultura latifundiária, modelo este que ignora outros sistemas de uso da terra, como os que combinam diferentes modos de agricultura e pecuária com os extrativismos, trazendo conseqüências socioambientais graves. Este fato é observado no cerrado brasileiro que vem se transformando numa área de expansão de grandes latifúndios produtivos e assumindo importante papel para o agronegócio. Avalia-se que 70% da área das chapadas já estejam ocupadas por esse tipo de empresa. A conseqüência disto é que *“os camponeses dos cerrados se vêem, hoje, desapropriados por um modelo que, por sua própria lógica, não democratiza seus benefícios, seja pela elevada magnitude de capital que exige para aceder a todo o pacote tecnológico, seja pelas enormes extensões de terras, seja, ainda, pela diminuição de preços agrícolas que provoca, impedindo que cheguem ao mercado aqueles que estão abaixo do nível de produtividade médio, sempre rebaixado pelas grandes empresas...”* (GONÇALVES, 2004).

A inserção, no debate globalizado, de populações com conhecimentos ancestrais, como os próprios camponeses, indígenas e afros descendentes, pelo fato de suas práticas culturais específicas serem aquelas que mais se assemelham aos interesses da humanidade e da ecologia do planeta vem sendo discutida e reivindicada pelas comunidades científicas do país. Dentro deste contexto alguns programas foram implantados no Brasil para ampliar a reflexão sobre a agricultura familiar e o desenvolvimento rural, podendo ser citado o Programa Nacional de Desenvolvimento Familiar - PRONAF. Programas como este tem como foco principal o desenvolvimento regional considerando as oportunidades que o espaço oferece. O pequi é um exemplo desta realidade, sendo uma espécie bastante promissora que pode ser empregada em programas de revegetação de áreas degradadas e em programas de renda familiar através da exploração econômica e sustentável, pois se trata de uma espécie de fruto oleaginoso, terapêutico e muito apreciado pela população do Cerrado (EMATER, 2005).

Uma das populações que pode ser beneficiada com os subsídios do pequi é a comunidade indígena. No passado, as sociedades indígenas dependiam, em menor ou maior medida, da agricultura, caça, pesca e coleta para a subsistência. A interação com as frentes de

expansão, a instalação de novos regimes econômicos, a diminuição dos limites territoriais, entre outros fatores, levou a drástica alteração na economia de subsistência, ocasionando empobrecimento e carência alimentar. Hoje, a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) convida empresas a desenvolver projetos para auto sustentação dos índios. Como exemplo bem sucedido pode-se citar a empresa *Pardal Tecnologia* cuja parceria com a comunidade dos índios Kaiapó da Aldeia do Piaracu, no Xingu (Figura 1.2), desenvolve técnicas sustentáveis para utilização da grande quantidade de pequi que antes não era processado por falta de métodos adequados para sua conservação. Esta parceria inclui o treinamento e o fornecimento de equipamentos e suporte técnico para a comunidade. A renda obtida neste projeto piloto foi aplicada, no mesmo ano, 2004, para a fundação da casa “o Pequi”.

Entretanto há que se encontrar uma forma de inserir as comunidades indígenas em uma economia que não os torne dependentes de uma ou outra empresa. Por exemplo, como fornecedores do óleo do pequi bruto. O óleo da polpa de pequi tem maior valor agregado que o fruto fresco e o processamento deste fruto geram subprodutos, a amêndoa, a torta e a casca (mais que 70% do fruto), para outros fins industriais como produção de farinha e ração animal (COUTO, 2007).

Dados estatísticos da *Oil World* (2000) relatam que o consumo de óleos vegetais per capita no Brasil, em kg/ano, duplicou nos últimos 30 anos. Um dos fatores do aumento deste consumo pode ser entendido pela substituição da gordura animal pela gordura vegetal tanto na dieta dos brasileiros como na produção de alimentos industrializados. Além disso, o uso de óleos vegetais para fins energéticos tem ampliado o interesse no aperfeiçoamento dos processos de extração e na busca de fontes alternativas deste produto (FREITAS & LAGO, 2007).



**FIGURA 1.1:** Mapa da região dos Cerrados no Brasil  
Fonte: EMBRAPA/ CPAC.



**FIGURA 1.2:** Índias Kaiapó despolpando pequi para posterior conserva por desidratação (2004).

A extração regional do óleo de pequi é feita por cozimento. Este método é simples e vem sendo adaptado a partir de conhecimento milenar. Porém, o contato direto e prolongado com água, o aquecimento excessivo e a falta de boas práticas de processamento fazem com que o óleo bruto adquira características físicas e químicas pouco apreciadas para a comercialização como alimento ou ainda como matéria-prima fina para indústria de cosméticos, devido aos elevados índices de acidez e peróxido. Embora já implantado no Brasil, desde a década de 90, os métodos apropriados para a extração de óleo de polpas oleaginosas, como aqueles utilizados na extração do óleo de palma pela Agropalma (prensagem seguida de centrifugação), utilizam uma tecnologia de alto custo e inviável de ser aplicada em uma comunidade indígena.

A busca de oportunidades de ocupação e renda para as comunidades indígenas por meio da diversificação das atividades econômicas, agregação de valor aos produtos e maior eficiência nos processos de comercialização impulsionaram o desenvolvimento do presente trabalho.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos a melhoria das práticas de pós-colheita e adequar um processo tecnológico passível de se adaptar às comunidades extrativistas para a extração de óleo da polpa de pequi que proporcione um produto de qualidade, com características físicas e químicas exigidas pelo mercado consumidor.

Objetivos específicos:

Estabelecer métodos de tratamento pós-colheita, padronizando os processos de sanitização e conservação a serem aplicados.

Caracterização da matéria-prima através de métodos analíticos oficiais, verificando a composição centesimal média do produto da região.

Avaliação dos processos de extração do óleo de pequi utilizando tecnologias simples e tecnologias combinadas.

Caracterização do óleo pelos índices de qualidade e identificação pelo perfil de ácidos graxos.

Avaliação estatística dos resultados de rendimento e qualidade do produto.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Evolução dos Processos de Extração do Óleo

Classicamente, a extração de um óleo vegetal é realizada numa seqüência de etapas que compreendem o pré-tratamento térmico, prensagem e extração da torta final com hexano. O óleo bruto assim extraído é turvo, instável quimicamente e contém diversos compostos indesejáveis resultantes da oxidação dos lipídeos durante o processamento. O refino torna o óleo menos instável, pois elimina compostos polares, ácidos graxos livres (responsáveis pela acidez), peróxidos (ranço), contaminantes de diversas origens e finalmente as moléculas voláteis responsáveis pelos maus odores. Porém, esta seqüência de operações envolve processamentos térmicos que afetam os compostos menores, insaponificáveis, com funções terapêuticas e nutricionais relevantes. Consequentemente altera a qualidade original do produto no que diz respeito a algumas moléculas-chave como os antioxidantes naturais e vitaminas lipossolúveis (PARMENTIER *et al.*, 2004).

Apesar dos processos que utilizam solventes apolares como o hexano apresentarem rendimento superior a 95% a probabilidade de explosão e incêndio em plantas comerciais de extração de óleos com solventes orgânicos leva à exigência de cuidados especiais na sua manipulação uma vez que, em sua maioria, são líquidos de alta volatilidade e inflamabilidade (ROSENTHAL *et al.*, 1996)

A busca de novas tecnologias para substituir o hexano apresenta o uso do álcool etílico para a extração de óleo vegetal. O álcool etílico é derivado de uma fonte renovável e considerado um solvente mais limpo para o meio ambiente podendo representar uma alternativa economicamente praticável em países onde sua disponibilidade o torna menos caro que o hexano. O uso do álcool etílico como auxiliar na extração de óleo foi estudado para os óleos de café e girassol em escala de laboratório e para o óleo de soja em escala piloto. Estes estudos mostraram, no entanto, que a baixa solubilidade do óleo vegetal no álcool etílico comercial representa um fator limitante para sua utilização (FREITAS & LAGO, 2007).

A prensagem a frio é um método mais antigo e mais simples, utilizado especialmente para extração de óleos de sementes, principalmente quando se deseja que o óleo esteja livre de contaminação por misturas de solventes. Já na extração de óleo de polpas de frutas o método artesanal mais comumente aplicado é o cozimento, que tem como fatores limitantes o baixo rendimento e a rápida alteração na sua composição química em função das reações de oxidação.

Uma tecnologia mais moderna para a extração de óleo propõe o uso de enzimas para auxiliar no rompimento da parede celular que envolve o óleo. Os processos industriais de extração de óleo que utilizam enzimas, em geral, causam baixo impacto ambiental, reduzem o consumo de energia e aumentam a qualidade do produto final. O uso de enzimas na extração de óleos vegetais foi pesquisado intensamente nas últimas décadas e foi aplicado para todas as oleaginosas de interesse comercial. O tratamento enzimático tem se mostrado eficiente na degradação das paredes dos tecidos vegetais, propiciando maior rendimento na extração de óleos, melhoria na qualidade nutricional da torta e aumento na estabilidade do produto final (FREITAS *et al.*, 1996, SANTOS & FERRARI, 2005).

Há estudos comparativos entre o processo de extração enzimático e a obtenção clássica de óleos e gorduras pelo uso de solventes orgânicos, mostrando que existe diferença na composição lipídica dos produtos finais. Foi constatado que os diferentes métodos de extração influenciaram ligeiramente nas quantidades relativas dos ácidos graxos. Observou-se também que os atributos de qualidade tais como percentual relativo de ácido oléico, porcentagem total de ácidos graxos insaturados, índice de iodo, ácidos graxos livres, índice de insaponificáveis e a cor do óleo eram melhores no produto extraído com enzima do que no produto extraído com solvente. (ABDULKARIM *et al.*, 2005; DZONDO-GADET *et al.*, 2005). Entretanto, NASCIMENTO *et al.* (2008) não observaram diferença significativa na composição em ácidos graxos entres os óleos de açaí extraídos com éter de petróleo e usando tecnologia enzimática.

A aplicação da tecnologia enzimática na indústria de óleos pode ser feita por extração aquosa ou extração combinada. Na extração combinada, o extrato enzimático é adicionado durante a etapa de cozimento, antes da prensagem do grão ou polpa, proporcionando uma pré-ruptura do tecido celular e aumentando o rendimento da prensagem. Já na extração aquosa a matéria prima é submetida a um pré-processamento que, em geral, consiste na diluição e trituração á quente para inativação das enzimas naturais e preparo de uma emulsão homogênea. A seguir, a mistura é transferida para um reator onde a enzima é adicionada ao substrato mantido sob incubação (COURI & FREITAS, 1997).

O custo das enzimas é um fator negativo associado aos processos de extração enzimática. O uso de enzimas hidrolíticas na extração de óleos vegetais em escala comercial está restrito à obtenção do óleo de oliva visto que o valor comercial deste produto justifica os custos operacionais com catalisadores enzimáticos. O custo elevado das enzimas se deve ao monopólio exercido na sua comercialização. Várias pesquisas estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas no Brasil com o objetivo de viabilizar o uso da tecnologia enzimática em diversos setores da indústria.

Diversos estudos (COURI & FREITAS, 1997; ROSENTHAL *et al.*, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2008) demonstraram que as enzimas produzidas por fermentação semi-sólida, utilizando linhagem de *Aspergillus niger*, apresentam atividades poligalacturonase, celulase cristalina, carboximetilcelulase,  $\alpha$ -amilase e protease. Estas enzimas possuem características hidrolíticas e foram aplicadas com sucesso na extração aquosa de óleo de abacate, tucumã, açaí e palma. Recentemente, constatou-se que o controle dos principais parâmetros como tempo, concentração de enzima, temperatura de incubação e o uso do complexo enzimático na forma de extrato bruto podem viabilizar o custo da extração. (FREITAS *et al.*, 2002; SOTO *et al.*, 2006).

Com o intuito de reduzir a quantidade de enzima necessária para romper a parede celular e viabilizar tecnicamente o processo de extração aquosa de óleos de sementes, FREITAS *et al.* (1997), desenvolveram um novo processo para extração. O processo combina a extrusão termoplástica de grãos e subsequente ação das enzimas hidrolíticas e proteolíticas favorecendo a extração enzimática do óleo quando comparado ao pré-tratamento das sementes por moagem.

Algumas pesquisas têm associado o processo de pré-irradiação ultra-sônica a sementes de amêndoa e damasco (SHARMA & GUPTA, 2005) e do pinhão manso (SHAH *et al.*, 2004), para aumentar o rendimento e a qualidade do óleo quando extraído com enzima. Um outro processo também associado ao uso de enzimas é a extração com fluido supercrítico (REZAEI & TEMELLI, 2000). Estas associações têm apresentado potencial para o desenvolvimento de novos procedimentos de extração que pretendem tornar a extração enzimática de óleos vegetais viável economicamente.

### 3.2 O Pequi

O Brasil apresenta uma variedade considerável de espécies oleaginosas. Estas espécies podem ser encontradas distribuídas por todo o território nacional sendo o Cerrado um dos biomas brasileiros que mais contribui para o fornecimento dessas espécies. O pequi, espécie considerada como símbolo das regiões de chapada, possui grande interesse econômico, principalmente devido ao uso de seus frutos na extração de óleos. Em relação ao conteúdo de lipídios, a polpa de pequi apresenta valores em torno de 60% (em base seca). Este teor de gordura compara-se ao da palma, abacate e buriti. (SANTOS *et al.*, 2005), polpas oleaginosas consideradas como ricas fontes de lipídeos.

*Caryocar brasiliense*, popularmente conhecido por pequi, é comumente encontrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás. O plantio de sementes ocorre na estação chuvosa e prefere climas quentes sendo ideais as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. O desenvolvimento das mudas é lento. Suas folhas, crespas, de pecíolos regulares, ou seja, do comprimento de menos de um terço do limbo, são quase ovais, de tamanho médio, apresentando, no entanto, grandes lóbulos na circunferência (SIQUEIRA, 2006).

A árvore é bastante ramificada, de caule tortuoso, cujo porte varia de quatro a dez metros de altura (Figura 3.1). Sua epiderme ou casca, de aspecto escamoso e pardo-escuro, fendida em todos os sentidos, quebradiça, da grossura de um centímetro, mais ou menos, desagrega-se facilmente e renova-se em período de tempo bastante curto. A espécie apresenta de 15-42 plantas/ha no cerrado do distrito federal, mas pode alcançar 180 plantas/ha ou 43 plantas/ha com espaçamento de 15 m. Suas flores são abundantes e dispostas em cachos. A produção de novos brotos acontece na estação seca, geralmente no mês de agosto. A florescência das árvores ocorre após a queda de suas folhas, nas primeiras chuvas das águas chamadas "chuvas de broto", que caem, quase sempre, de setembro a outubro. Seus troncos são cortados e usados para produzir carvão vegetal devido a seu diâmetro e alto valor de combustão (LEITE *et al.*, 2006). Sua madeira também presta-se para construções rurais e fabricação de móveis (ANJOS *et al.*, 2002).



**FIGURA 3.1:** Pequi; A. Tronco e ramos tortuosos do Pequi; B. Casca com fissuras e cristas descontínuas no tronco do pequi.

Fonte: [www.biologo.com.br](http://www.biologo.com.br)

Piqui ou pequi origina-se do tupi “pyqui”, onde py = casca e qui = espinhos referindo-se aos espinhos do endocarpo do fruto. O fruto, ora esférico, ora oval, se desprende espontaneamente da árvore, depois de sua completa, maturação, é formado pela junção de dois, três e às vezes mais alojamentos, em cada um dos quais se encontra um caroço arredondado, revestido exteriormente de uma polpa butirosa, amarelo-alaranjada ou branca, conforme a variedade. O fruto é drupóide com 3,2 x 6,5 a 7,8 cm, verde, epicarpo coriáceo carnoso, pirênios 1 a 4, envolvidos pelo mesocarpo, com 2,8 a 3,8 x 2,9 cm; mesocarpo amarelo claro, endocarpo lenhoso espinhoso. A polpa madura é abundante, espessa e de cor clara. A casca é muito aderente às sementes quando o fruto está verde, mas se solta com facilidade se está amadurecida (SIQUEIRA *et al.*, 1997) (Figuras 3.2 e 3.3).

Fotos: RENATA MARIANO (janeiro 2007)



**FIGURA 3.2:** Fruto inteiro, com casca. **FIGURA 3.3:** Fruto do pequi mostrando mesocarpo interno (polpa amarela) e mesocarpo externo (polpa branca).

A colheita dos frutos é feita diretamente da árvore quando iniciam a abertura espontânea ou são recolhidos no chão após a queda. Em seguida levados ao sol para completar a abertura e liberação dos caroços (polpa amarela e amêndoa); a semente (amêndoa) encontra-se no interior do caroço e é difícil de ser retirada. Um quilograma de caroços contém aproximadamente 145 unidades. Cada planta fornece em média 6 mil frutos ao ano. Porém, sua viabilidade em armazenamento é curta e o fruto apodrece rapidamente após sua queda. ([clubedasemente.org.br/piqui.html](http://clubedasemente.org.br/piqui.html)).

Dentre as frutíferas nativas do Cerrado, o pequizeiro merece atenção, quer seja pela sua elevada ocorrência nesse bioma, quer pelas características de sua polpa. Na Central de Abastecimento de Goiás (Ceasa-GO), o volume de comercialização de frutos de pequi, no ano de 2002, foi de aproximadamente 2.800 toneladas, com preço médio de R\$ 460,00 a tonelada. Esse fruto tem o início de sua safra em setembro, período que se estende até o mês de fevereiro (VERA *et al.*, 2005). É uma espécie bastante promissora que pode ser empregada tanto em programas de revegetação de áreas degradadas como em programas de renda familiar.

### 3.2.1 Composição química do fruto

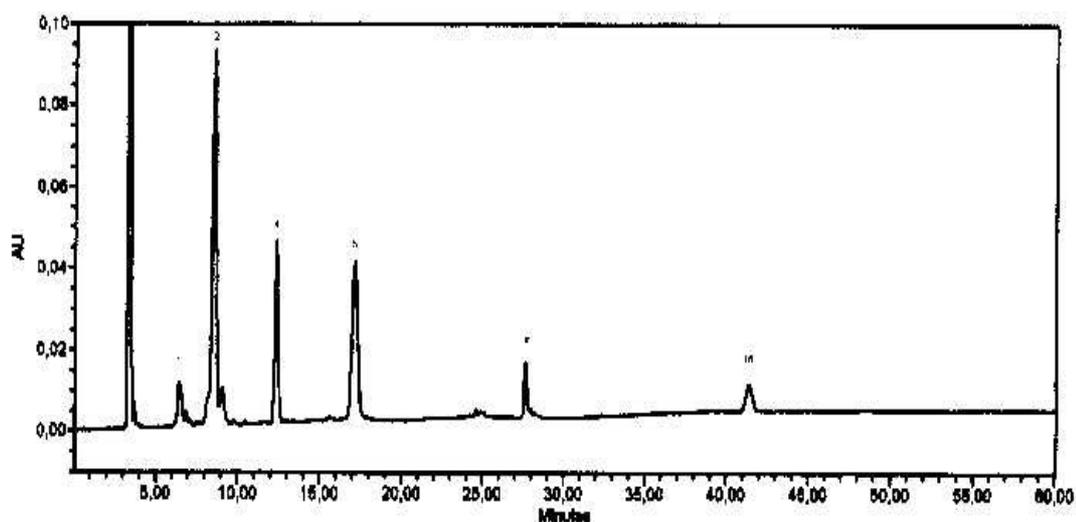
Dentre os frutos tropicais mais consumidos, o teor protéico da polpa do pequi é inferior apenas ao do coco da Bahia, que apresenta um valor de 5,5%. O teor de proteína na polpa de pequi apresenta grande variação, sendo encontrados valores entre 2,5 e 4,0% (CARVALHO & BURGER, 1960; ESTEVES *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006). VILELA (1998) encontrou valores mais elevados de 4,9 e de 6,0%, enquanto FERREIRA *et al.* (1987) relatam um valor bem menor de 1,6%. ALMEIDA *et al.* (1998) relata que entre as várias espécies nativas do Cerrado brasileiro analisadas (Pequi, Araticum, Baru, Buriti, Cagaita, Jatobá e Mangaba), o teor de proteína do pequi é inferior apenas ao Jatobá (6,0%) e ao Baru (3,9%).

O pequi também se constitui em uma fonte importante de fibra alimentar, 10%, encontrados por LIMA *et al.* (2007) e 13% relatado por VILAS BOAS (2004) o que representa 40% das necessidades de fibra alimentar. Isso mostra que o consumo da polpa de pequi pode trazer benefícios à saúde, tendo em vista o conhecimento de que o consumo regular de fibra alimentar na dieta está relacionado com a redução do risco de diversos quadros patológicos (MICHELS *et al.*, 2005 *apud* LIMA *et al.*, 2007).

O teor de pectina é um parâmetro importante para a industrialização e comercialização das frutas e o pequi se destaca entre as frutas nativas do Cerrado por apresentar 2,23% de pectina na parte comestível. Se comparado com outras frutas cultivadas e utilizadas na dieta dos brasileiros, constata-se que o teor de pectina da polpa do pequi é quase equivalente ao da laranja (2,36%) ALMEIDA *et al.* (1998).

OLIVEIRA *et al.* (2006) encontraram quantidades de  $\beta$ -caroteno, licopeno e de carotenóides totais, em polpa de pequi, respectivamente de 6,26 a 11,4; 1,12 a 2,08, e 6,75 a 11,34  $\mu\text{g/g}$  de polpa, variação essa constatada em função do estágio de maturação do fruto. Segundo NIIZU & RODRIGUEZ AMAIA (2004) o teor de  $\beta$ -caroteno está na faixa dos valores encontrados em cenoura (61,6  $\mu\text{g/g}$ ). AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUEZ AMAIA (2004) mostraram que os principais carotenóides do pequi são violanxantina, luteína e zeaxantina, com pequenas quantidades de  $\beta$ -criptoxantina,  $\beta$ -caroteno e neoxantina (Figura 3.4).

RAMOS *et al.* (2001) analisaram os frutos precedentes do estado do Mato Grosso. Determinaram para a polpa de pequi valores médios de carotenóides totais e beta-caroteno de 231,09 e 14,67  $\mu\text{g/g}$  respectivamente. MARIANO *et al.* (2006) encontraram teor de  $\beta$ -caroteno de 248,3  $\mu\text{g/g}$  de polpa fresca. O fruto do pequizeiro pode ser considerado uma fonte potencial de vitamina A, pois a quantidade diária recomendada pela ANVISA (RES 360/2003) na dieta humana é de 2000 U.I, o equivalente a 600  $\mu\text{g}$ .



**FIGURA 3.4:** Cromatograma (HPLC) dos carotenóides do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). Identificação máxima: (1) neoxantina, (2) violaxantina, (4) b-caroteno, (5) luteína, (9) zeaxantina, (16) b-cryptoxantina. Fonte: (AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUEZ AMAIA, 2004).

No pequi a espessura e a coloração da polpa são utilizadas como critério de seleção pelos consumidores. Os carotenóides são considerados os principais pigmentos responsáveis pela coloração da polpa; frutos com polpa mais alaranjada são, geralmente, os preferidos pelos consumidores (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Uma enorme variação no teor de vitamina C é observada entre as frutas do Cerrado, e o pequi se destaca entre as espécies nativas por apresentar 78,72 mg de vitamina C por 100 g, valor este superior ao de frutas como a laranja (40,9 mg/100 g) e o limão (26,4 mg/100 g) (SANTOS *et al.*, 2005).

A polpa do pequi possui 209 mg/100g de fenólicos totais, valores superiores aos encontrados na maioria das polpas de frutas consumidas no Brasil, como: Açaí (136,8mg/100g); goiaba (83,1 mg/100g); morango (132,1 mg/100g); abacaxi (21,7 mg/100g); entre outras, indicando que a polpa do pequi é um alimento com elevada capacidade antioxidante. Já a amêndoa do pequi possui um teor reduzido de fenólicos e de carotenóides. Esses valores estão próximos aos de outras amêndoas típicas do cerrado brasileiro, como o baru, a bocaiúva e o caju (LIMA *et al.*, 2007).

Nas Tabelas 3.1 a 3.4 estão apresentadas a composição média nutricional, centesimal, mineral e de fenólicos dos frutos de pequi.

**TABELA 3.1:** Composição centesimal média da polpa de pequi.

	<b>SANTOS</b> <i>et al., 2005</i>	<b>LIMA</b> <i>et al., 2007</i> <sup>1</sup>	<b>OLIVEIRA</b> <i>et al., 2006</i> <sup>2</sup>	<b>ESTEVEVES</b> <i>et al., 2005</i> <sup>1</sup>	<b>TACO</b> <b>2006</b>
Umidade	--	41,50%	--	48,47%	66%
Cinzas	--	0,63%	--	1,21%	0,8%
Proteínas	2,64%	3,00%	3,76%	2,52%	2%
Lipídeos	20,00%	33,40%	26,07%	31,10%	18%
Carboidratos	19,60%	11,45%	--	16,67%	13%
Fibra Alimentar	13,00%	10,02%	--	--	19%

<sup>1</sup>Composição em base úmida <sup>2</sup>Valores para frutos coletados do chão após a queda e armazenados no freezer  
 -- Valores não mencionados

**TABELA 3.2:** Composição centesimal média da amêndoa de pequi.

<b>LIMA</b> <i>et al., 2007</i> *	
Umidade	8,68%
Cinzas	4,01%
Proteínas	25,27%
Lipídeos	51,51%
Carboidratos	8,33%
Fibra Alimentar	2,20%

\*Composição em base úmida

**TABELA 3.3:** Valores de vitaminas e sais minerais expressos para 100g de polpa.

<b>Ca</b> <b>(mg)</b>	<b>Mg</b> <b>(mg)</b>	<b>Mn</b> <b>(mg)</b>	<b>P</b> <b>(mg)</b>	<b>Na</b> <b>(mg)</b>	<b>K</b> <b>(mg)</b>	<b>Cu</b> <b>(mg)</b>
30	30	0,6	34	0	298	0,21
<b>Zn</b> <b>(mg)</b>	<b>Retinol</b> <b>(mcg)</b>	<b>Tiamina</b> <b>(mg)</b>	<b>Riboflavina</b> <b>(mg)</b>	<b>Piridoxina</b> <b>(mg)</b>	<b>Niacina</b> <b>(mg)</b>	<b>Vit.C</b> <b>(mg)</b>
1,0	0	0,17	0,48	0,06	2,6	8

Fonte: TACO, 2006

**TABELA 3.4:** Teores de fenólicos totais e carotenóides em mg/100g na polpa e amêndoa de pequi\*.

Constituintes	Polpa	Amêndoa
Fenólicos totais	209,0±0,05	122,0±0,05
Carotenóides totais	7,25±0,6	0,295±0,5

\*Valores expressos com média  $\pm$  desvio-padrão. Fonte: LIMA *et al.*, 2007.

### 3.2.2 Óleo de pequi

A polpa do pequi fornece grande quantidade de óleo amarelo-alaranjado, dificilmente emulsionável, em virtude de certos princípios resinosos de sua composição (www.sbrt.ibict.br). Como uso medicinal, o óleo da polpa tem efeito tonificante, sendo usado contra bronquites, gripes e resfriados e no controle de tumores (ROESLER *et al.*, 2007). A polpa de pequi apresenta o maior teor de óleo (20%) se comparada às demais espécies analisadas por ALMEIDA *et al.* (1998) que variaram de 5% a menos de 1%, sendo comparado o teor de gordura ao do abacate e buriti. Segundo a tabela de composição química dos alimentos (FRANCO, 1982), constata-se que o teor de lipídios do pequi é comparável, também, ao da macaúba e do babaçu.

Tanto na polpa como na amêndoa do pequi, pode ser observado o predomínio dos ácidos graxos insaturados. LIMA *et al.* (2007) encontraram valores de 61% e 52%, respectivamente. De acordo com o mesmo autor, o ácido oléico está presente em maior concentração na polpa, c.a. 56%, sendo seguido pelo ácido palmítico (35 %). Na amêndoa do pequi, predominam os ácidos palmítico e oléico em quantidades praticamente iguais, 44%. Também estão presentes o ácido linoléico 5,5%, esteárico 2,0% e palmitoléico 1,2%. Segundo OLIVEIRA *et al.*, (2006) os ácidos palmítico e oléico foram os mais representativos, com 39% e 54%, respectivamente, em relação aos ácidos graxos presentes na composição do óleo da polpa de pequi.

OLIVEIRA *et al.* (2006) constataram que o teor de lipídios difere com o estágio de desenvolvimento dos frutos; aumentando de 24,3% na polpa dos frutos coletados na planta, para 27,2% na polpa dos frutos mantidos três dias em condição ambiente após a queda natural. Eles comentam, ainda, que segundo pesquisas da EMBRAPA/PAC, o óleo do pequi pode ser utilizado com sucesso na fabricação de cosméticos por sua clareza e aroma delicado. Pesquisa desenvolvida pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais elaborou um produto derivado do óleo de pequi com alta capacidade de ser absorvido pela pele, o que vem despertando o interesse da indústria farmacêutica.

De acordo com ANTUNES *et al.* (2006) o alto conteúdo de ácidos graxos saturados presentes no óleo de caroço de pequi corresponde a uma adaptação evolutiva, por parte da planta, na busca por maior obtenção de energia, aproveitando o fato das elevadas temperaturas das regiões de cultivo permitirem que os triacilglicerídeos saturados estejam presentes de forma líquida, biodisponível. Segundo os autores, existe aproximadamente 50% (m/m) de óleo no caroço do pequi. Este pode ser utilizado tanto para a produção de novas mudas ou para a extração e utilização do óleo para fins industriais. Este óleo apresenta elevado teor de ácidos graxos saturados (42%) – em particular palmítico (37,5%) e esteárico (3,0%). Pelo fato

dos ácidos palmítico (P) e oléico (O) serem predominantes, os principais triacilglicerídeos formados são POP (28,1%), POO (33,7%) e OOO (11,9%).

Nas Tabelas 3.5 e 3.6 apresenta-se a composição percentual de ácidos graxos no pequi (polpa e amêndoa), identificados por alguns autores.

**TABELA 3.5:** Composição percentual de ácidos graxos da polpa e amêndoa de pequi\*.

Ácidos graxos	Nº carbonos	Polpa <sup>1</sup>	Polpa <sup>2</sup>	Polpa <sup>3</sup>	Amêndoa <sup>1</sup>
Láurico	C12: 0	0,04	nd	nd	nd
Mirístico	C14: 0	0,13	nd	nd	0,46
Palmítico	C16:0	35,17	40,2	34,4	43,76
Palmitoléico	C16: 1	1,03	1,4	2,1	1,23
Esteárico	C18: 0	2,25	2,3	1,8	2,54
Oléico	C18: 1 n-9	55,87	53,9	57,4	43,59
Cis-vacênico	C18: 1 n-7	1,90	nd	nd	1,38
Linoléico	C18: 2	1,53	1,5	2,8	5,51
Alfa-linolênico	C18: 3	0,45	0,7	1,0	0,09
Araquídico	C20: 0	0,23	0,2	nd	0,20
Gadoléico	C20: 1	0,27	nd	nd	0,04
Decosaexaenóico	C22: 6	nd	nd	nd	0,19

Fontes: <sup>1</sup>LIMA, 2007 <sup>2</sup> FACIOLI e GONÇALVES, 1998 <sup>3</sup> BRASIL, 1985 nd = não detectado \*valores médios

**TABELA 3.6:** Composição triglicéridica do óleo de pequi.

Triglicerídeo	Teor % (p/p)
LOO	3,8
POL	2,7
OOO	5,4
POO	22,9
POP	27,6
SOO	9,1
POS	18,2
PPS	0,3
SOS	8,7

Fonte: FACIOLI e GONÇALVES, 1998.

A extração regional do óleo de pequi é realizada de maneira artesanal e consiste em se submeter a polpa do fruto a um cozimento intensivo com água. Primeiramente a casca do fruto é retirada, colocando-os para cozinhar por 40 minutos. Após o cozimento, os frutos são retirados e resfriados naturalmente. Em seguida é feita uma maceração, com um pilão, que tem como objetivo soltar a polpa do caroço. Durante o processo são adicionadas pequenas quantidades de água gelada para que o pilão deslize mais facilmente e para que a gordura liberada fique suspensa. A gordura sobrenadante é retirada. Seca-se o produto em recipiente metálico sobre uma chapa quente até que o mesmo perca a opacidade causada pelo excesso de água. O óleo obtido é filtrado e envasado em garrafas (FACIOLI e GONÇALVES, 1998).

Devido à falta de recursos para o armazenamento do fruto e de tecnologia para o processo de extração, a produção de óleo é baixa. Para cada 100 dúzias de pequi são obtidos, aproximadamente, 2 litros de óleo. Além disso, o processo artesanal consome muitas horas de trabalho, levando-se em média 10 horas para a produção de 1 litro de óleo. (AQUINO, 2007).

### 3.2.3 Parâmetros de qualidade do óleo

Consta na RDC N°. 270, de 22 de setembro de 2005, o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, apresentando como definição para óleos vegetais e gorduras vegetais os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais, podendo conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. Classifica ainda os óleos vegetais como aqueles que se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C e as gorduras vegetais como as que se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C. Na Tabela 3.7 mostram-se os valores da caracterização físico-química do óleo de pequi, no entanto os autores (BRANDÃO *et al.*, 2006), não informam de qual parte do fruto o óleo foi extraído. Em função do aspecto físico mencionado, pressupõe-se que esta caracterização equivale ao óleo extraído da polpa do fruto.

**TABELA 3.7:** Caracterização físico-química do óleo de pequi.

	Óleo de pequi <sup>1</sup>	LEGISLAÇÃO <sup>2</sup> (valor máximo)
Aspecto físico	Líquido amarelo	nc
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,9182	nc
Visc. Cinemática (mm <sup>2</sup> /s) 40°C	43,5285	nc
Umidade (%)	1,216	nc
Índice de Acidez (mg KOH/g)	0,4685	4,0
Índice de Peróxido (meq /Kg)	2,98	15,0

\*Fontes: <sup>1</sup>BRANDÃO *et al.*, 2006; <sup>2</sup>BRASIL, 2005. nc: não consta

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Amostra

Os frutos de *Caryocar brasiliense* Camb, provenientes da região da Tribo Kaiapó, da Aldeia Piaruçú, no Alto Xingu, Estado do Mato Grosso, foram colhidos nos mês de janeiro de 2007, ao acaso, do chão, no mesmo dia da queda. A Figura 4.1 mostra a região de coleta dos frutos.



**FIGURA 4.1:** Região onde se situa a Aldeia Piaruçú.

#### 4.1.2 Reagentes e solventes

Os reagentes e solventes utilizados neste trabalho, seus respectivos fabricantes e grau de pureza estão apresentados na Tabela 4.1.

**TABELA 4.1:** Reagentes e solventes utilizados.

<b>Substância</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Grau de Pureza</b>
Ácido acético	Synth	P.A.
Ácido clorídrico	Merck	P.A.
Ácido sulfúrico	Merck	P.A.
Amido solúvel	Vetec	P.A.
Beta-caroteno	SIGMA	Sintético – Tipo 1
Bicarbonato de sódio	Carlo Erba	P.A.
Biftalato de potássio	Merck	P.A.
Catalisador Kjeldahl	Riedel-de Haën	P.A.
Cloreto de mercúrio	Vetec	P.A.
Cloreto de sódio	Carlo Erba	P.A.
Clorofórmio	Vetec	P.A.
Dicromato de potássio	Carlo Erba	P.A.
Etanol	Synth	absoluto
	Vetec	95%
	Merck	absoluto
Éter de petróleo	Merck	P.A.
Éter etílico	Merck	P.A.
	Vetec	P.A.
Hidróxido de potássio	Synth	P.A.
Hidróxido de sódio	Synth	P.A.
Iodeto de potássio	Vetec	P.A.
Reativo iodo cloro seg. Wijs	Dinâmica	P.A.
	Cromoline	P.A.
Sulfato de amônio	Vetec	P.A.
Sulfato de potássio	Nuclear	P.A.
Tiosulfato de sódio	Nuclear	P.A.

### 4.1.3 Equipamentos

**TABELA 4.2:** Equipamentos utilizados.

<b>Equipamento</b>	<b>Especificação</b>
Autoclave vertical	PHOENIX modelo AV30
Balança analítica digital	Mettler Toledo AB204 carga máx. 210g divisão menor 0,1 mg
Balança digital	Marte AS2000C carga máx. 2000g divisão menor 0,01g
Banho termostático com agitação	QUIMIS
Capela de exaustão	QUIMIS
Centrífuga	Celm LS-3
Coluna de sílica	SP2340 (60m x 0,32 mm x 0,25 $\mu$ m)
Cromatógrafo gasoso de alta resolução	HP5890 série II
Digestor Kjeldahl	QUIMIS
Espectrofotômetro	LAMBDA 10 UV/VIS PERKIN ELMER
Estufa	Odiolf - CZ
Estufa de desidratação com ventilação forçada	Pardal Hobby
Extrator de Soxhlet	QUIMIS
Micro destilador de álcool	TECNAL TE-012
Mufla	QUIMIS D-24
Potenciômetro	QUIMIS 400 A
Prensa hidráulica	CARVER

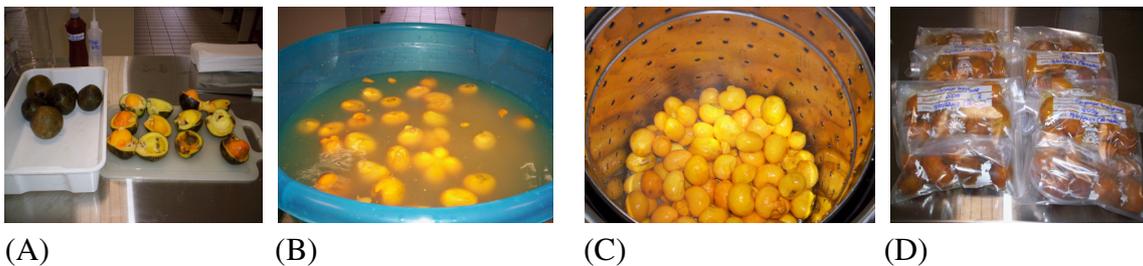
### 4.2 Pré-tratamento da Amostra

Após serem coletados pelos nativos da aldeia, os frutos inteiros (com casca) foram enviados para o laboratório onde foram selecionados quanto à aparência, ausência de injúrias e podridões e quanto ao grau de maturação (polpa amarelada). Os frutos inteiros (ainda fechados com casca) foram limpos e a polpa e o caroço (denominados neste trabalho por **fruto**) foram autoclavados (121°C, 5 min) para inativação das peroxidases, em seguida foram congelados (- 18°C) para uso posterior. Os frutos classificados como ruins, passaram pelo mesmo tratamento objetivando seu uso em testes preliminares.

No diagrama de blocos (Figura 4.2) apresentam-se as principais etapas de processamento pós-colheita aplicado ao fruto antes do armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ . A Figura 4.3 mostra fotos destas etapas.



**FIGURA 4.2:** Fluxograma de recepção da amostra. Tratamento dado ao fruto para armazenamento até sua utilização.



**FIGURA 4.3:** Etapas de processamento da amostra para armazenagem; (A) Seleção dos frutos (polpa e caroço); (B) Sanitização do fruto; (C) Autoclavagem. (D) Embalagem e etiquetagem.

### 4.3 Distribuição de Massa no Fruto

A distribuição de massa no fruto foi feita por pesagem consecutiva das partes utilizando balança digital de média precisa (divisão menor 0,01g).

O cálculo de distribuição percentual foi feito sobre a massa do fruto inteiro após sua lavagem e sanitização com hipoclorito, utilizando toda a mostra selecionada para estudo. Após o processamento de sanitização foram feitas novas medidas com o intuito de verificar se houve perda significativa de massa principalmente após a etapa de autoclavagem.

Cálculo:

$$(F\%) = \frac{m_p}{M_i} * 100$$

F (%) = (p/p) distribuição por cento da parte envolvida do fruto (caroço, polpa e casca)  
 $m_p$  = massa da parte do fruto, em g  
 $M_i$  = massa do fruto integral (g)

Na Figura 4.4 mostra-se fotos das etapas de pesagem das frações do fruto para o cálculo da distribuição percentual da massa.



(A)



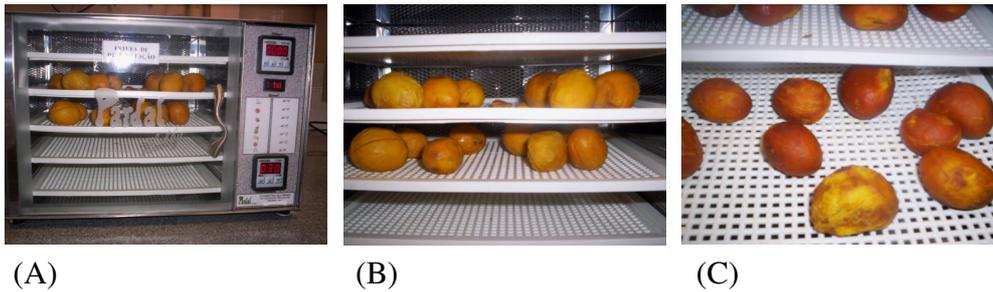
(B)

**FIGURA 4.4:** Etapas de pesagem das partes do fruto. (A) Fruto inteiro, (B) Fruto (polpa e caroço) após autoclavagem.

### 4.4 Secagem do Fruto

A secagem foi feita nos frutos esterilizados inteiros (polpa e caroço). Foram utilizadas duas temperaturas de secagem, 35°C, com o objetivo de simular uma secagem ao sol e a 60°C, ambas por três horas. Para cada secagem foram determinadas as curvas cinéticas de secagem e o coeficiente de difusão usando a Lei de Fick. O equipamento usado foi um secador de bandeja com ventilação forçada na velocidade de ar de 1m/s (Figura 4.5).

As amostras foram secas em estufa à 105°C por 90 minutos para determinar o índice de umidade residual e o peso seco. Todas as secagens foram feitas com massa próximas de 15g e em triplicata.



(A) (B) (C)  
**FIGURA 4.5:** Frutos em processo de secagem. (A) e (B) Aparência do fruto no início do processo. (C) Aparência do fruto após a secagem 35°C/ 3 horas.

#### 4.4.1 Coeficiente de difusão

Para avaliar o coeficiente efetivo de difusão, as seguintes hipóteses foram consideradas na solução da equação diferencial de transporte de massa transiente (Eqs. 1,2): i - castanha esférica e homogênea; ii - o transporte de água é um fenômeno difusivo com coeficiente de difusão independente do tempo e da umidade de equilíbrio ( $C_{eq}$ ); iii - a difusão ocorre apenas na direção radial.

A solução da equação de transporte (BIRD *et al.*, 1960) associada às condições iniciais e de contorno fornece uma relação exponencial (Eq. 3) entre a concentração média adimensional ( $C^*$ ) e o tempo de exposição ( $t$ ).

Calculou-se o coeficiente de difusão efetivo (**Def**) que satisfaz à solução matemática do modelo teórico, aplicando-se ajuste não linear aos dados experimentais de umidade versus tempo, com auxílio de um método de otimização GAUSS-NEWTON (STATISTICA versão 6.0).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{ef} \left( \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + 2 \frac{\partial C}{\partial r} \right) \quad [\text{Eq. 1}]$$

$$\begin{array}{ll} CC1 & r = 0; \frac{\partial C}{\partial r} = 0 \\ CC2 & r = R; C = C_{eq} \\ Ci & t = 0; C = C_o \end{array} \quad [\text{Eq. 2}]$$

$$C^* = \frac{C - C_{eq}}{C_o - C_{eq}} = \frac{8}{\pi_2} \sum \frac{1}{(n+1)^2} \exp \left[ -(n+1)^2 \pi^2 \left( \frac{D_{ef}}{R^2} \right) t \right] \dots \dots [Eq.3]$$

## 4.5 Preparação da Enzima

A enzima foi produzida em reator de pequena escala por fermentação sólida usando um mutante do *Aspergillus niger* 3T5B8 como agente de fermentação, de acordo com a metodologia melhorada por COURI *et al.*, (1998). Foi usado como substrato da fermentação o farelo de trigo. A solução final foi ajustada com 0.09% (p/v) de solução do sulfato do amônio em HCl 0.1 M, a fim alcançar um nível final de umidade do substrato em torno de 60% e a atividade de água igual a 0.925. Os extratos enzimáticos apresentaram atividade principalmente de pectinase e carboximetilcelulase (CMCase), respectivamente 83 e 21 U/g.

Os parâmetros de incubação enzimática foram selecionados em resultados reportados na literatura para o mesmo preparo enzimático por NASCIMENTO *et al.* (2008).

## 4.6 Composição Centesimal

### 4.6.1 Umidade total

A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida, sendo o resíduo obtido no aquecimento direto chamado de resíduo seco.

A determinação da umidade das amostras de pequi foi realizada diretamente na polpa, utilizando porções de 5g de amostra em triplicata, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ADOLFO LUTZ, 1985) à temperatura de 105°C por três horas em estufa.

Cálculo:

$$X = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} * 100$$

onde:

X- umidade em %

M<sub>i</sub> – massa inicial, em g

M<sub>f</sub> – massa final, em g

### 4.6.2 Cinzas

Cinzas, ou resíduo por incineração é o nome obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550-570°C. O teor de cinzas foi determinado em mufla utilizando as três alíquotas provenientes da determinação de umidade total, à temperatura de 555 °C por 5 horas (ADOLFO LUTZ, 1985).

Cálculo:

$$\text{cinzas}(\%) = \frac{(N)}{P} * 100$$

onde:

N = massa de cinzas, em g

P = massa da amostra em g

### 4.6.3 Proteínas

A determinação de proteínas em alimentos baseia-se na quantificação do nitrogênio orgânico e sua conversão em proteína através da multiplicação pelo fator 6,25 ou outro fator específico para o alimento. O teor de proteínas encontrado através desta determinação é mais corretamente denominado proteína bruta, “*crude protein*”, uma vez que outros compostos orgânicos nitrogenados presentes na amostra também são quantificados.

O valor de proteínas foi obtido pelo método de micro Kjeldahl adaptado, utilizando catalisador sólido de óxido de selênio. A determinação foi feita na polpa seca e desengordurada, em triplicata, com tempo de digestão de 3 horas (ADOLFO LUTZ, 1985). Para cálculo das proteínas a partir do nitrogênio total foi usado fator de conversão para oleaginosas equivalente a 5,3, conforme critério atribuído pela FAO/73, (TACO, 2006).

Ambas as concentrações do ácido clorídrico e do hidróxido de sódio utilizados para recolhimento do nitrogênio destilado e na titulação do excesso de ácido foram de 0,01N.

Cálculo:

$$\frac{(V_b - V_a) \times f \times 0,01 \times 0,014 \times 5,3 \times 100}{P} = \text{protídeos por cento (p/p)}$$

V<sub>b</sub> = volume de NaOH gasto na titulação do branco (mL)

V<sub>a</sub> = volume de NaOH gasto na titulação da amostra (mL)

f = fator de correção da solução de NaOH

P = massa da amostra em g

### 4.6.4 Lipídeos

A determinação de lipídios em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes (éter, éter de petróleo ou hexano) seguida da remoção, por evaporação ou destilação, do solvente empregado. O resíduo obtido constituído por todos os compostos que nas condições da determinação possam ser extraídos pelo solvente é também denominado extrato etéreo. A técnica utilizada empregou a extração contínua da gordura no aparelho de Soxhlet. (ADOLFO LUTZ, 1985).

A polpa de pequi (fatiada) foi seca à 60°C por 3 horas. Foram utilizadas 10 gramas de amostra em cada filtro de celulose, em extração contínua com éter de petróleo por 6 horas. O excesso de éter de petróleo foi evaporado a frio em capela de exaustão e seco em dessecador com sílica gel por 2 horas. A quantificação do óleo foi feita por diferença entre as pesagens do conjunto balão mais o óleo e o balão vazio.

Cálculo:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{lipídios (\% p/p)}$$

N = massa de lipídios (g)

P = massa da amostra (g)

#### 4.6.5 Beta-caroteno

O teor de beta-caroteno foi avaliado na polpa fresca e no óleo. Nos dois casos o beta-caroteno foi extraído por uma hora com éter de petróleo em agitação com a polpa fragmentada e a quantificação feita por espectrofotometria UV-VIS em comprimento de onda de 450nm (ADOLFO-LUTZ, 1985), utilizou-se paralelamente a curva padrão para quantificação.

Cálculo:

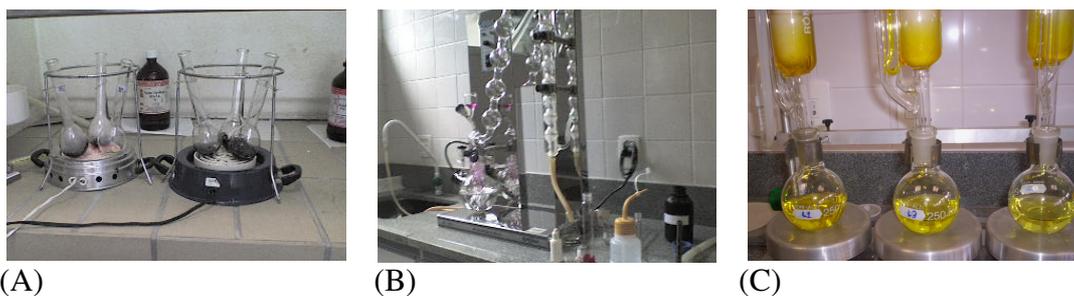
$$\beta (\% \text{ p/p}) = \frac{A}{24,4 * C} * 100$$

onde:

A = absorvância

C = quantidade da amostra diluída em 100mL de éter de petróleo

Na Figura 4.6 são apresentadas as etapas dos procedimentos efetuados para determinação da composição centesimal da polpa de pequi.



**FIGURA 4.6:** Etapas da determinação da composição centesimal da polpa do pequi: (A) Etapa de digestão para determinação de proteínas; (B) Etapa de destilação para determinação de proteínas; (C) Extração de lipídios com éter de petróleo.

#### 4.7 Caracterização Físico-Química do Óleo Bruto

##### 4.7.1 Índice de acidez

Definido como o número de mg de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres presentes em 1g de amostra. O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo. A acidez pode ser expressa também em mL de solução normal por cento v/p ou em g de ácido oléico por cento p/p.

Para determinação do índice de acidez foi seguido o método IUPAC 2.201, utilizando 0,5 g de amostra e solução de álcali a 0,01N.

Cálculo:

$$IA \text{ (mgKOH/g)} = \frac{V * f * 0,561}{P}$$

onde:

V = Volume NaOH 0,01N

f = fator de correção da solução de NaOH

P = massa de amostra, em g

#### 4.7.2 Índice de iodo

O índice de iodo está relacionado ao grau de insaturação dos ácidos graxos que constituem o óleo ou a gordura. É determinado pela quantidade de halogênio que reage com a amostra e é convencionalmente expressa em peso de iodo que reage com 100 g de óleo ou gordura. Neste trabalho foi utilizado o Método de Wijs (ADOLFO-LUTZ, 1985), com massas de amostra de 0,2g, e análises em triplicata.

Cálculo:

$$II = \frac{(B - A) * f * 1,28}{P}$$

II = índice de iodo

B = Volume (mL) de solução de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,1N gasto na titulação do branco

A = Volume (mL) de solução de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,1N gasto na titulação da amostra

f = fator de correção da solução Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O

P = massa da amostra em g

#### 4.7.3 Índice de saponificação

O índice de saponificação é a quantidade de hidróxido de sódio necessária para saponificar 1g de óleo ou gordura. É indicativo do comprimento de cadeia de ácido graxo. O índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos resíduos dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes.

O índice de saponificação foi determinado segundo o método descrito pela AOCS (CD 3- 24) utilizando 0,5g de amostra em triplicata.

Cálculo:

$$IS = \frac{(B-A) * f * 0,5 * 0,0561 * 1000}{P}$$

IS= índice de saponificação (mg KOH/g amostra)

0,5 = normalidade da solução de HCl

B = volume de HCl gasto na titulação do branco (mL)

A = volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL)

f = fator de correção da solução HCl

P = peso da amostra, em g

#### 4.7.4 Ponto de fusão

Os triglicerídeos puros apresentam ponto de fusão nitidamente definido. As gorduras naturais, devido à natureza misturada de seus triglicerídeos, fundem-se ao longo de uma faixa de temperatura. Desta forma, o ponto de fusão de uma gordura é referido à temperatura na qual o último traço sólido se funde. Para determinação do ponto de fusão do óleo de pequi foi utilizada a metodologia descrita por MORETTO e FETT, (1998).

#### 4.7.5 Índice de peróxido

O índice de peróxido é utilizado para determinar o desenvolvimento da rancidez oxidativa nos óleos e nas gorduras baseado no poder oxidativo dos peróxidos orgânicos sobre o iodeto de potássio. O índice de peróxido é expresso em miliequivalentes de oxigênio por 1000g de amostra.

O índice de peróxido foi determinado segundo o método descrito pela AOCS (CD 8-53) utilizando 0,5g de amostra em triplicata e solução de tiosulfato de sódio na concentração de 0,01N.

Cálculo:

$$IP = \frac{(A - B) * N * f * 1000}{P}$$

$\underline{IP}$  = índice de peróxido

$N$  = normalidade da solução de  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

$A$  = volume (mL) de solução de  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  0,01N gasto na titulação da amostra

$B$  = volume (mL) de solução de  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  0,01N gasto na titulação do branco

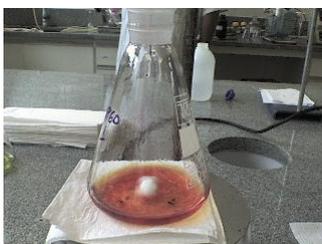
$f$  = fator de correção da solução de tiosulfato de sódio

$P$  = n° de g da amostra

Na Figura 4.7 mostra-se etapas da caracterização físico-química do óleo de pequi.



(A)



(B)



(C)

**FIGURA 4.7:** Caracterização físico-química do óleo de pequi: (A) Reação de saponificação; (B) e (C) Neutralização do excesso de álcali para determinação do índice de saponificação.

#### **4.7.6 Composição em ácidos graxos**

Os ésteres metílicos de óleos da polpa foram preparados pelo método HARTMAN & LAGO, (1973). A análise dos ácidos gordos foi executada em cromatógrafo à gás HP5890 série II equipado com uma coluna capilar SP2340 de silicone fundido (60m x 0,32mm x 0,25µm) para picos da separação. O programa da temperatura foi de 150 até 200°C à 1,3°C/min. As temperaturas do injetor e do detector foram ajustadas para 250°C. A amostra foi diluída a 2% e o volume injetado de 1µL. A vazão do H<sub>2</sub> usado como gás carreador foi de 2,5mL/min. Os ácidos graxos foram identificados comparando seus tempos de retenção com os dos padrões dos ésteres metílicos.

#### **4.8 Procedimentos de Extração do Óleo Bruto**

##### **4.8.1 Extração aquosa**

Para a extração do óleo com água foram utilizadas cerca de 25g de polpa úmida. A polpa foi fatiada em lascas pequenas e acondicionada em erlenmeyer. Sobre a polpa foi adicionada água filtrada na proporção 3:1 com relação à massa da polpa. O conjunto foi incubado em banho termostático à 80°C por 90 min com agitação de 50rpm. Após a incubação a fase líquida, composta pela água e pelo óleo, foi separada das fibras com auxílio de uma peneira. O resíduo foi lavado com água à 80°C.

O óleo extraído foi separado da água em funil de bromo com auxílio de 10ml de éter etílico. Após a separação a fase etérea foi filtrada com papel de filtro comum, e evaporada em capela de exaustão. O óleo obtido foi seco em dessecador com sílica por 48 horas e quantificado pelo método gravimétrico.

##### **4.8.2 Extração aquosa enzimática**

A extração aquosa enzimática foi conduzida, também, com alíquotas de 25g de polpa úmida. A polpa foi fracionada em lascas pequenas e acondicionada em erlenmeyer. À polpa foram adicionados água filtrada na proporção 3:1 e o de extrato enzimático (1%), ambos calculados com relação à massa da polpa.. O conjunto foi incubado em banho termostático à 45°C por 90 min com agitação de 50rpm. Os parâmetros utilizados na etapa de incubação com enzima foram previamente selecionados por resultados reportados na literatura, para o mesmo preparo enzimático, (NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Após a incubação, a fase líquida, composta pela água, extrato enzimático e óleo, foi separada das fibras com auxílio de uma peneira. O resíduo foi lavado com água à 80°C. O óleo extraído foi separado da água em funil de bromo com auxílio de 10ml de éter etílico. Após a separação a fase etérea foi filtrada com papel de filtro comum, e evaporada em capela de exaustão. O óleo obtido foi seco em dessecador com sílica por 48 horas e quantificado pelo método gravimétrico.

Na Figura 4.8 estão apresentadas fotos das etapas do processo de extração aquosa e extração aquosa enzimática do óleo da polpa de pequi.



**FIGURA 4.8:** Procedimento experimental para as etapas de extração aquosa e enzimática. (A) Fracionamento da polpa; (B) Mistura para incubação (C) Fase líquida após etapa de filtração.

#### 4.8.3 Extração por prensagem convencional

Na etapa de prensagem mecânica, a amostra foi submetida a um pré-tratamento como descrito a seguir: os frutos inteiros (polpa e caroço) foram parcialmente desidratados em temperaturas de 35°C e 60°C por 3 horas em estufa com ventilação forçada. Foram utilizadas amostras de 200g de fruto desidratado (polpa + caroço). As amostras desidratadas foram prensadas em uma prensa piloto hidráulica por 1h sob pressão constante de 10.000 psi.

O material obtido da prensagem foi deixado em decantação à 50°C por 30 min e imediatamente filtrado com papel de filtro comum. O filtrado foi seco com sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), deixado em dessecador com sílica por 48 horas e quantificado pelo método gravimétrico.

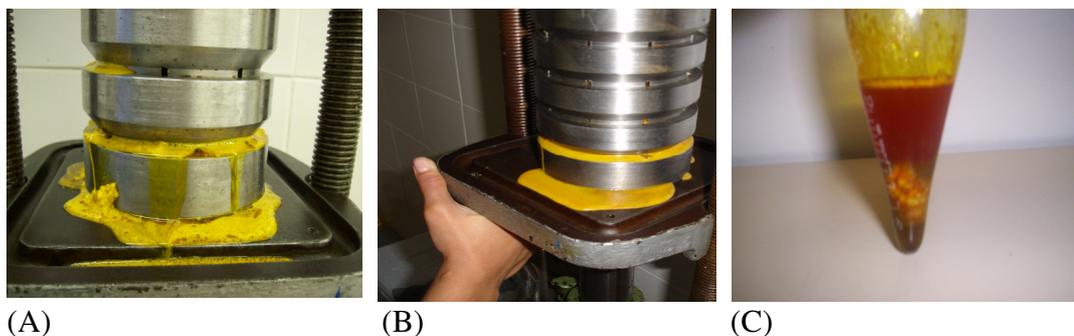
#### 4.8.4 Extração por prensagem combinada com enzima

Na extração do óleo por prensagem combinada com enzima foram utilizadas amostras com mesma massa usada prensagem mecânica, cerca de 200g de fruto desidratado (polpa + caroço). As amostras desidratadas foram diluídas com água filtrada na proporção 3:1 contendo 1% de extrato enzimático, ambos calculados com relação à massa do fruto. O conjunto foi incubado em banho termostático à 45°C por 90 min com agitação de 50rpm. Os parâmetros para incubação com enzima foram os mesmos utilizados na etapa de extração aquosa.

Após a incubação a fase líquida, composta pela água e extrato enzimático, foi separada dos frutos por decantação. O fruto úmido foi seco à 40°C por 1 hora para remoção do excesso de água e inativação das enzimas. Posteriormente foi prensado em uma prensa piloto hidráulica por 1h sob pressão constante de 10000 psi.

O material obtido da prensagem foi deixado em decantação à 50°C por 30 min e imediatamente filtrado com papel de filtro comum. O filtrado foi seco com sulfato de sódio anidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), deixado em dessecador com sílica por 48 horas e quantificado pelo método gravimétrico.

Na Figura 4.9 mostra-se as etapas do processo de obtenção do óleo da polpa de pequi por prensagem e prensagem combinada com enzima.



**FIGURA 4.9:** Etapas do processo de obtenção do óleo da polpa de pequi por prensagem e prensagem combinada; (A) Prensagem sem enzima; (B) Prensagem combinada com enzima; (C) Decantação do prensado à quente.

#### 4.8.5 Processamento da torta

O óleo residual existente nas tortas foi parcialmente recuperado por extração com etanol 95% usando os mesmos parâmetros reportados por FREITAS & LAGO (2007), para extração de óleo de café e girassol. A torta foi seca em estufa de ventilação forçada à 60°C por 1 hora. Após a secagem adicionou-se solvente na proporção de 3:1, calculado sobre a massa da torta. A mistura foi incubada à 65°C por 1 hora em agitação de 20rpm. As fases sólida (fibras + amêndoa) e líquida (óleo + água) foram separadas por filtração a vácuo e o álcool etílico removido por destilação à pressão reduzida. A quantificação foi feita pelo método gravimétrico.

#### 4.9 Cálculo de Eficiência das Extrações

Para todas as extrações de óleo foi calculada a eficiência do método segundo a equação.

$$Y (\%) = \frac{M}{M_o} * 100$$

Y (%) = eficiência da extração (p/p)

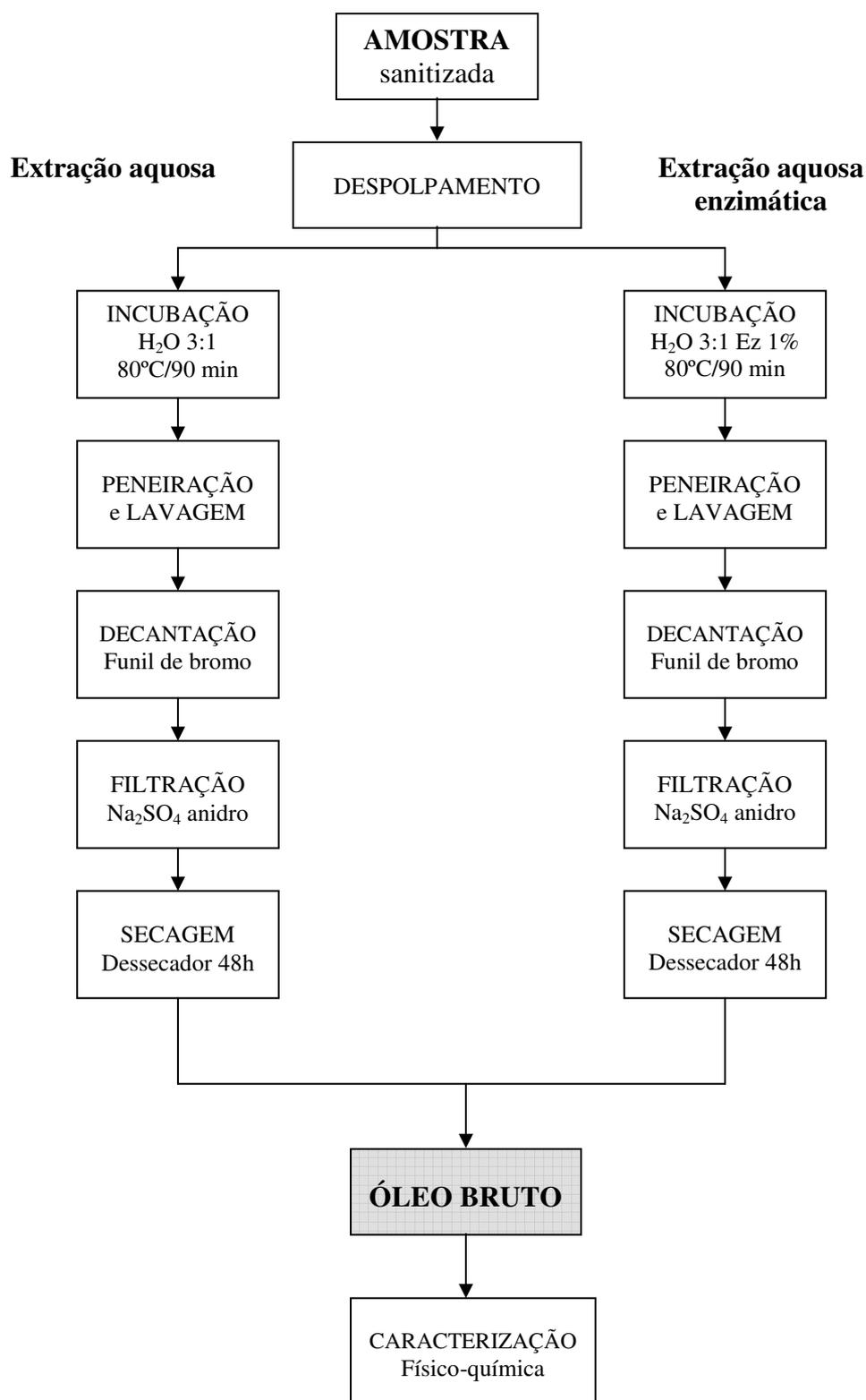
M = massa de óleo obtido (g)

M<sub>o</sub> = massa de óleo na amostra (g), determinada em Soxhlet.

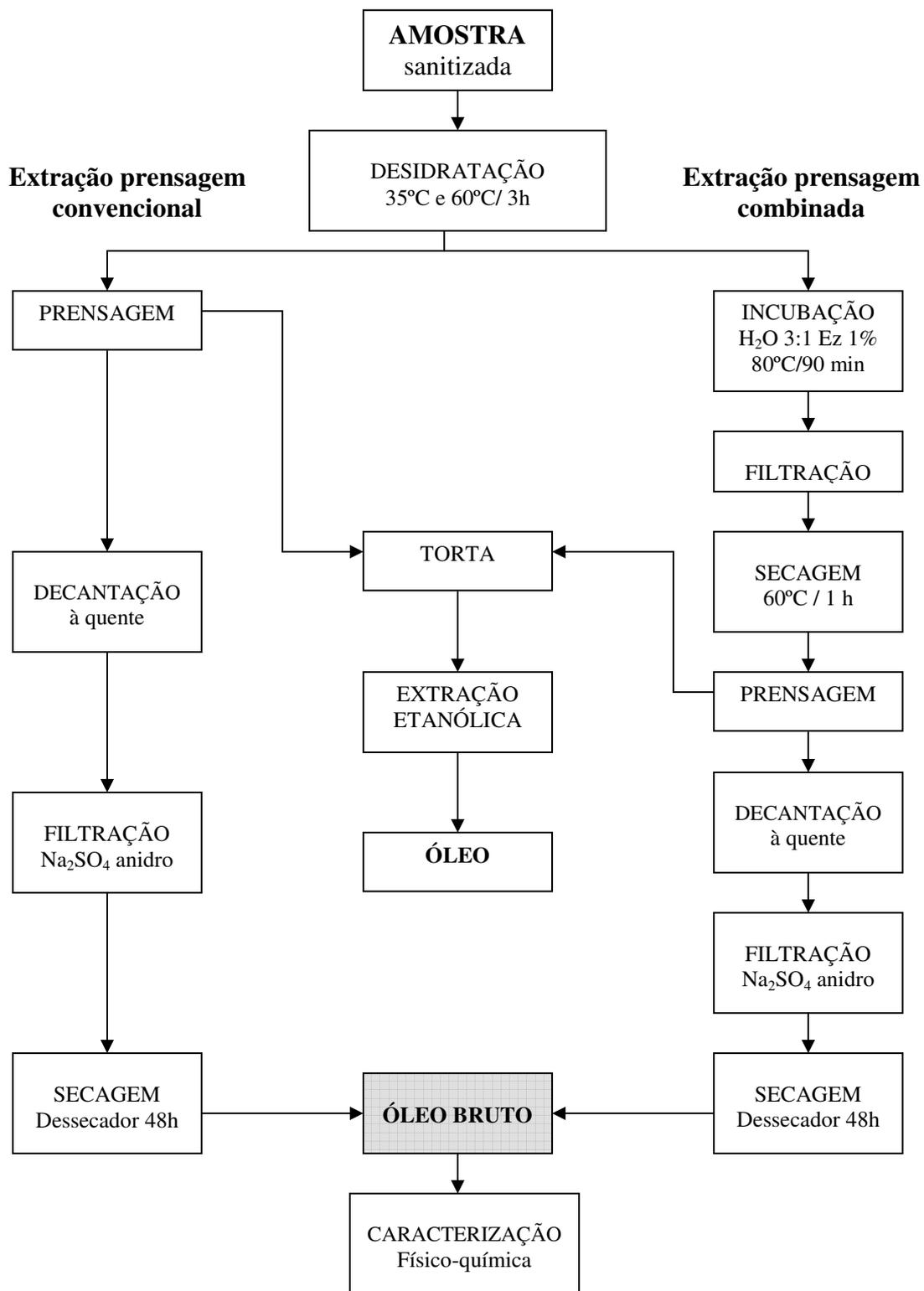
#### **4.10 Análise Estatística dos Dados**

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Cada tratamento teve o valor médio calculado e aplicado o teste de Tukey (ANOVA) com nível de significância  $p < 0,05$ .

Os diagramas de blocos (Figuras 4.10 e 4.11) resumem os processos de extração do óleo bruto aplicados ao fruto.



**FIGURA 4.10:** Diagrama de blocos mostrando a seqüência dos processamentos de extração do óleo bruto pelos processos de extração aquosa e extração aquosa enzimática.

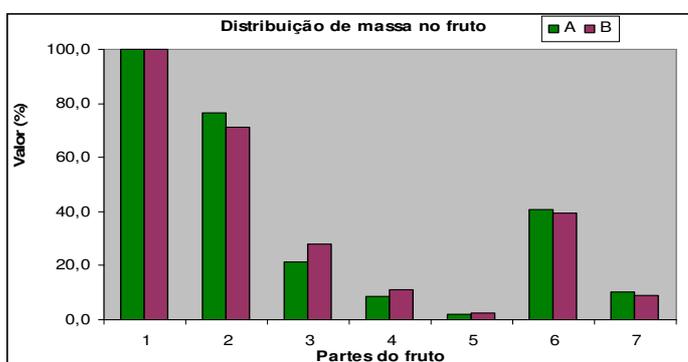


**FIGURA 4.11:** Diagrama de blocos mostrando a seqüência dos processamentos de extração do óleo bruto pelos processos de extração por prensagem convencional e prensagem combinada com enzimática.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Distribuição de Massa no Fruto

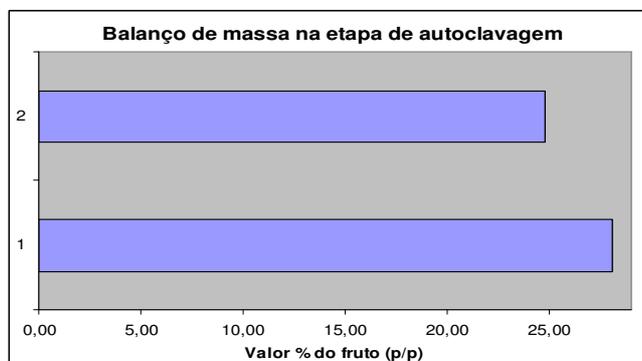
A distribuição de massa nos frutos foi em média 71,3% de casca, 11,1 % de polpa e 2,5% de amêndoa. Os valores reportados por VERA *et al.* (2005) referentes aos frutos inteiros de pequi, provenientes de diferentes regiões do cerrado, foram respectivamente 76,7%, 8,5% e 2,1%. Considerando o coeficiente de variação obtido por estes autores (36,8%) os resultados observados neste trabalho se inserem dentro da faixa estatística esperada. A Figura 5.1 mostra a comparação entre dados reportados na literatura e aqueles obtidos no presente trabalho.



**FIGURA 5.1:** Distribuição de massa no fruto, (A) VERA *et al.* (2005), (B) – Presente trabalho; (1) fruto inteiro, (2) casca, (3) fruto, (4) polpa, (5) amêndoa, (6) polpa/fruto, (7) amêndoa/fruto.

### 5.2 Pré-tratamento da Amostra

Se comparado aos frutos frescos, os frutos congelados (Figura 5.4 A) não mostraram diferenças aparentes na sua textura ou coloração. A Figura 5.2 mostra os resultados de balanço de massa antes e após a autoclavagem dos caroços.



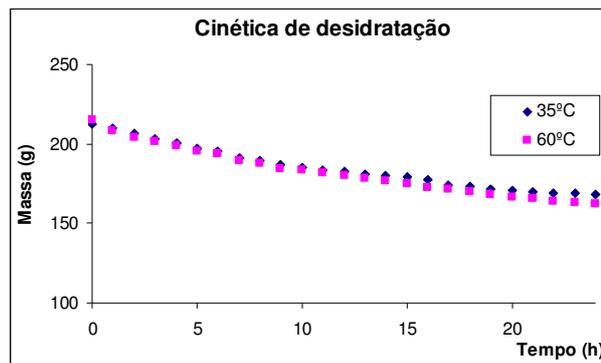
**FIGURA 5.2:** Balanço de massa do fruto de pequi antes e após autoclavagem; (1) valor percentual do fruto antes do processo, (2) valor percentual do fruto após processo.

O balanço de massa mostrou uma perda de 3,3% com relação ao peso total do fruto no processamento de autoclavagem. Isto ocorre, principalmente, devido à evaporação de água durante o processo. Pode-se constatar que a autoclavagem inativou as enzimas peroxidases, responsáveis pela oxidação do óleo, uma vez que o fruto se manteve íntegro durante o seu armazenamento.

### 5.3 Secagem do Fruto

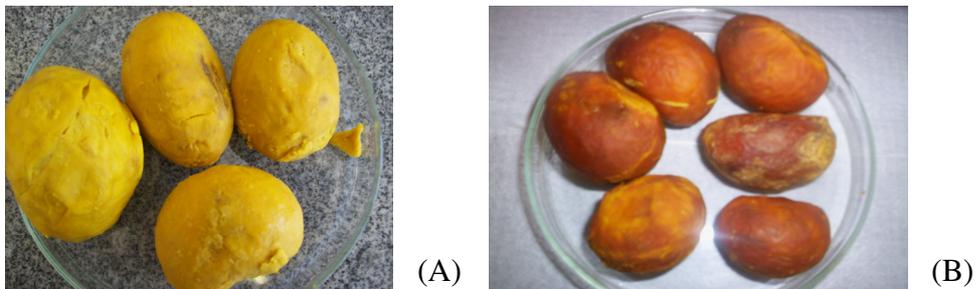
O teor de umidade total na polpa, determinado à 105°C, foi em média de  $48,5 \pm 1,4\%$ . Valor próximo (48,0%) foi encontrado por ESTEVES *et al.* (2005) para amostras de outra região. A quantidade de água representa praticamente a metade do peso da polpa.

O estudo cinético de remoção de água no fruto inteiro mostrou que o tempo para que o equilíbrio seja alcançado é de três horas, tanto para a secagem à 35°C quanto para a secagem à 60°C. A Figura 5.3 mostra as curvas de cinética de desidratação dos frutos nas temperaturas de 35 e 60°C.



**FIGURA 5.3:** Curva de cinética de desidratação do fruto inteiro a 35 e 60°C.

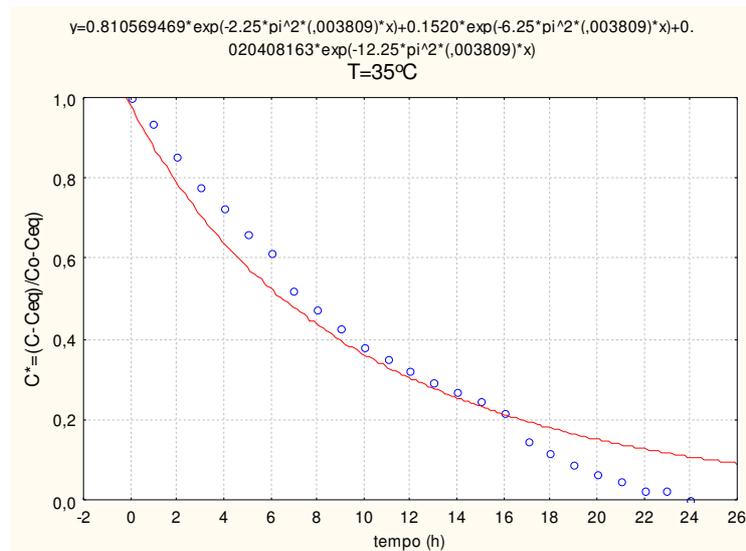
Os valores médios de água residual a 35 e 60°C foram respectivamente 27,8 e 24,9%, calculados na base do fruto inteiro. Estes valores indicam que houve uma perda máxima de água de aproximadamente 48,6%. A secagem, como esperado, aumentou a rigidez da polpa e facilitou o processamento de prensagem do fruto. A Figura 5.4 mostra o fruto antes e após a secagem.



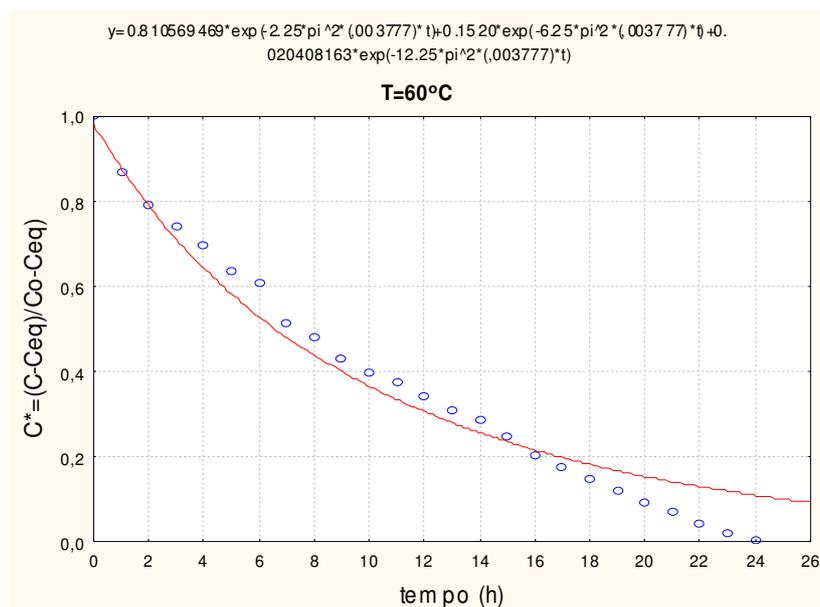
**FIGURA 5.4:** Frutos antes e após processo de secagem; (A) Fruto antes da secagem a 60°C; (B) Fruto após secagem a 60°C.

### 5.3.1 Coeficiente de difusão

A umidade de equilíbrio a 35°C foi 53,0% e a 60°C foi de 46,4%. Como esperado, a umidade absoluta diminui quando a temperatura aumenta. Entretanto a umidade adimensional não variou quando se elevou a temperatura de 35 para 60°C. Por esta razão os valores dos coeficientes de difusão são praticamente iguais nas duas condições de secagem, ou seja,  $1,06 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{s}$ . Sendo assim, o tempo de secagem da polpa para se alcançar a umidade de equilíbrio em cada temperatura não variou. As Figuras 5.5 e 5.6 mostram os modelos cinéticos e o coeficiente de difusão para secagem do fruto de pequi.



**Figura 5.5:** Modelo cinético para secagem da polpa de pequi a 35°C (Lei de Fick). Coeficiente de difusão  $D_{\text{eff}}/R^2 = 1,06\text{E}-06 \text{ (cm}^2/\text{s)}$



**Figura 5.6:** Modelo cinético para secagem da polpa de pequi a 60°C (Lei de Fick). Coeficiente de difusão  $D_{\text{eff}}/R^2 = 1,06\text{E}-06 \text{ (cm}^2/\text{s)}$

## 5.4 Composição Centesimal

Os resultados obtidos na composição química da polpa mostram que o fruto contém em média 37,8% de lipídeos, 9,3% de carboidratos e 3,2% de proteínas (Tabela 5.1). Na Tabela 5.2 a composição centesimal da polpa de pequi foi comparada a outras oleaginosas.

**TABELA 5.1:** Composição química da polpa de pequi em base úmida.

Análise	Polpa de pequi (g/100g)*
Umidade	48,48 ±1,43
Proteínas	3,24±0,32
Lipídeos totais	37,81±0,27
Cinzas	1,21±0,10
Carboidratos (por diferença)	9,27

\* média desvio-padrão.

**TABELA 5.2:** Composição percentual da polpa de pequi comparada a outras oleaginosas.

Componente	Pequi <sup>1</sup>	Buriti <sup>2</sup>	Tucumã <sup>3</sup>	Açaí <sup>4</sup>	Abacate <sup>4</sup>
Umidade	48,5	62,9	48,5	89,2	84
Proteínas	3,2	2,1	3,5	0,2	1
Lipídeos	37,8	13,8	32,3	4,6	8
Carboidratos	9,3	20,8	14,5	5,6	6
Cinzas	1,2	0,9	1,3	0,4	0,5
Fibras	--	14,0	--	--	6,3

Fontes: <sup>1</sup> Obtidos neste trabalho; <sup>2</sup>RIBEIRO (2008) <sup>3</sup> YUYANA *et al.* (2008)

<sup>4</sup> NASCIMENTO *et al.* (2008)

-- valores não reportados.

Dentre as oleaginosas de interesse comercial citadas na tabela 5.3, o teor protéico da polpa do pequi foi inferior apenas ao do tucumã, que apresenta um valor de 3,5 g/100g. ESTEVES *et al.* (2005), encontraram valores também de 3,2% de proteínas para a polpa de pequi de outra região. VILELA (1998) encontrou valores mais elevados de 4,9 e de 6,0%, enquanto FERREIRA *et al.* (1987) relataram um valor bem menor, de 1,61 g/100g.

As fibras apresentam valor significativo de 19%. Este valor foi reportado da Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2006). A partir da composição química pode-se concluir que o pequi constitui boa fonte de fibras e proteínas, apresentando-se como um incremento significativo na dieta da população do Cerrado.

Quando se compara a composição centesimal dos frutos de pequi e tucumã, observa-se que os valores encontrados estão bem próximos, mesmo se tratando de frutos de espécies diferentes. O pequi apresenta valor de lipídeos (37,8%) superior ao do tucumã (32,3%), enquanto este apresenta valor superior de carboidratos (14,5%) frente aos 9,3% encontrados no pequi.

O teor de lipídeos do pequi (37,8%) foi bem superior aos mencionados para o buriti (9%) e abacate (8%), frutos cujo óleo são empregados comercialmente o que coloca o pequi como fonte potencial para fornecimento de óleo vegetal extraído de polpas.

## 5.5 Beta-Caroteno

O teor de beta-caroteno foi de 248,3 µg/g de polpa, o que representa 6.498 ER/100g e 64.956 UI/100g de carotenóides pró-vitamínicos “A”. Nas amostras que foram aquecidas à 60°C foi constatada uma perda média de 30,8% de beta-caroteno o que corresponde a uma diminuição aproximada de 2.000 ER/100g de polpa.

RAMOS *et al.* (2001) analisaram os frutos precedentes do estado do Mato Gross e determinaram para a polpa de pequi valores médios de carotenóides totais e beta-caroteno de 231,09 e 14,67 µg/g, respectivamente. Para carotenóides pró-vitamínicos “A”, os mesmos autores encontraram 494 equivalentes de retinol (ER)/100g de amostra o que expresso em Unidades Internacionais (UI) representa 4939 UI/100g.

Apesar dos valores encontrados no presente trabalho terem sido superiores aos de RAMOS *et al.* (2001), o total de pró-vitamina “A” encontrado na polpa citado no GUIA RURAL, (1988), considera o pequi como fruto bastante rico em pró-vitamina “A” apresentando valores próximos de 200.000 UI/100g. OLIVEIRA *et al.* (2006) encontraram quantidades de β-caroteno, em polpa de pequi, de 6,26 a 11,4 mg por 100g de polpa, convertido em UI representa de 16.376 a 29.823 UI/100g, também superiores aos valores encontrados por RAMOS *et al.* (2001) e mais próximos aos encontrados neste trabalho.

A Tabela 5.3 apresenta as quantidades de carotenóides totais e percentuais de beta-caroteno em fontes vegetais usadas para as mesmas aplicações comerciais que o pequi.

**TABELA 5.3:** Fontes vegetais de beta-caroteno.

<b>Fontes Vegetais</b>	<b>Carotenóides (<math>\mu\text{g/g}</math>)</b>	<b>Beta-caroteno (% do total de carotenóides)</b>
Dendê (óleo)	470-700	54,4
Buriti	213,9	72,5
Buriti (óleo)	1150-3380	--
Tucumã	62,6-96,9	75,6-89,3
Piquiá	21	85,4
Bocaiúva	59,6	92,3

Fonte: RIBEIRO (2008). -- Valor não reportado.

O pequi representa uma fonte regional importante de beta-caroteno e conseqüentemente de pró-vitamina "A", visto que vegetais considerados ricos neste micro-nutriente como a cenoura apresenta valores entre 85-174  $\mu\text{g/g}$  (RODRIGUEZ-AMAIA, 2001).

### 5.6 Extração do Óleo Bruto

Os resultados obtidos para o teor de lipídeos totais na polpa do pequi estão apresentados na Tabela 5.4. Os valores foram calculados em relação ao peso da polpa fresca, da polpa desidratada e do fruto. Como esperado, a secagem do fruto nas duas temperaturas selecionadas não alterou o valor de lipídeos totais. Em base seca, o teor de lipídeos na polpa de pequi (70%) é superior ao valores reportados para diferentes oleaginosas de interesse comercial (DOMINGUEZ *et al.*, 1994).

**TABELA: 5.4:** Lipídeos totais calculados para polpa em diferentes pré-tratamentos.

<b>Base</b>	<b>Percentual de óleo (p/p)*</b>
I	16,03 $\pm$ 1,06
II	36,15 $\pm$ 6,07
III	62,94 $\pm$ 4,18
IV	70,16 $\pm$ 11,78

I – fruto sem casca; II – Polpa fresca; III - Polpa seca à 60°; IV – em base seca

\*média  $\pm$  desvio padrão

### 5.6.1 Extração aquosa

A extração de óleo da polpa pela adição de água quente formou uma emulsão que deu origem a três fases (sólida, aquosa e oleosa) separadas naturalmente por decantação durante 30 minutos. A quantidade média de óleo extraído e separado da emulsão, em 100g de polpa fresca, foi de  $7,15 \pm 0,40$ g. Este resultado comparado ao total de óleo na amostra úmida (36,2%) nos fornece um rendimento médio de 19,7% (p/p). AQUINO (2007) comenta que o rendimento de extração do óleo da polpa de pequi, conduzido no campo pelo processo aquoso, é também muito baixo.

O rendimento de extração aquosa, reportado por diferentes autores é superior a 84% quando o processo é aplicado a sementes e polpas oleaginosas (Tabela 5.5). Entretanto estes resultados incluem o óleo total transferido para a emulsão. Para atingir estes valores elevados, o óleo foi separado por adição de solvente orgânico seguido de centrifugação.

**TABELA 5.5:** Óleo obtido por extração aquosa de diferentes materiais oleaginosos.

Material oleaginoso	Condições de extração			Rendimento (%)
	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Proporção <sup>1</sup>	
Coco	45	30	1:4	84
Amendoim	--	--	--	89
Semente de girassol	--	45	1:10	86
Canola	75	60	1:3	90

<sup>1</sup> Proporção oleaginosa: água Fonte: ROSENTHAL *et al.*, 1996. -- valores não reportados

A fase sólida da polpa do pequi, por ser constituída basicamente por fibras e proteínas possui densidade menor que a fase aquosa, permanecendo em contato com a fase oleosa e conseqüentemente formando uma emulsão estável com o óleo extraído. Este fator dificultou a separação do óleo, diminuindo consideravelmente o rendimento da extração quando comparado à extração aquosa de outras oleaginosas (Tabela 5.5). A aplicação de força centrífuga, a 5.000 rpm por 20 min, não foi eficaz para separar a fração fibrosa da fase oleosa.

### 5.6.2 Extração aquosa enzimática

A massa total de óleo extraída por 100g de polpa de polpa fresca foi de  $7,97 \pm 0,13$  g. Este valor representou um aumento na eficiência de extração de 12% se comparado à extração aquosa e representa 22,0% do teor de óleo total na amostra. Valores reportados na literatura mostram que a aplicação de enzimas em frutas com polpas oleaginosas pode resultar em uma eficiência de até 83% na extração de óleo. Aplicando o mesmo extrato enzimático FREITAS *et al.* (1993) obteve um rendimento de até 83% na extração do óleo da polpa de abacate (Tabela 5.6). O alto valor obtido deve-se ao menor teor de fibras na matéria prima o que possibilitou a quebra da emulsão e separação mais eficiente do óleo. Portanto, a performance da extração enzimática e separação do óleo em meio aquoso depende tanto da natureza do fruto quanto das variáveis aplicadas ao processo.

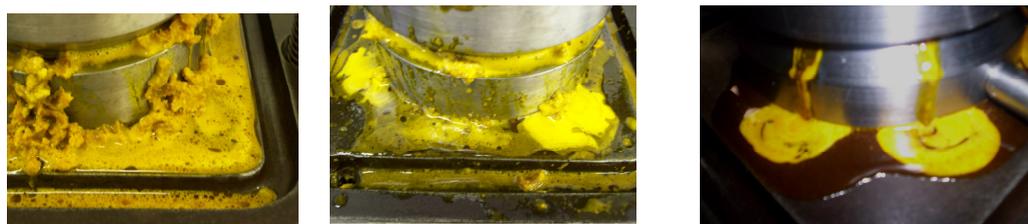
**TABELA 5.6:** Óleo obtido por extração aquosa combinada com enzima em diferentes materiais oleaginosos.

Fruta	Temp. (°C)	Tempo (min)	Enzima	Concentração (%) <sup>a</sup>	Proporção polpa: água	Eficiência (%)
Abacate <sup>1</sup>	45	90	CTAA <sup>b</sup>	0,06	1:1	83
Coco <sup>2</sup>	37	360	Pectinase	1	1:4	63
			Celulase	1		
Pupunha <sup>3</sup>	45	60	CTAA <sup>b</sup>	0,3	1:1	80
Açaí <sup>4</sup>	45	90	CTAA <sup>b</sup>	0,3	1:1	83

Referências: <sup>1</sup> FREITAS *et al.*, 1993; <sup>2</sup>TANO-DEBRAH e OHTA, 1997; <sup>3</sup>GOMES *et al.*, 2002; <sup>4</sup> NASCIMENTO *et al.*, 2008. <sup>a</sup> Porcentagem sobre a massa de polpa <sup>b</sup> Extrato enzimático obtido por fermentação semi-sólida em farelo de trigo com *Arpergillus niger* mutante, semelhante ao utilizado neste trabalho. -- valores não reportados

### 5.6.3 Extração por prensagem e prensagem combinada

Estudos preliminares indicaram que a extração por prensagem a partir do fruto sem casca fornecia melhores resultados quando comparados com a prensagem da polpa. Portanto, a amêndoa do pequi, por sua resistência à pressão, foi mantida para servir como auxiliar de extração na etapa de prensagem hidráulica do fruto (Figura 5.9).



(A) (B) (C)  
**FIGURA 5.7:** Produto obtido na prensagem do fruto. (a) Polpa úmida; (B) fruto úmido; (C) fruto desidratado.

Além da presença da amêndoa, a diminuição de umidade no fruto também favoreceu a eficiência do processo. O fruto prensado úmido, ainda que apresente maior rendimento que os processos aquosos, fornece uma mistura óleo/água na forma emulsionada resultando em um fator negativo na etapa de separação. A secagem dos frutos inteiros a 35° e 60°C reduz a estabilidade da emulsão aumentando consideravelmente o rendimento.

A secagem dos frutos favoreceu, ainda, a separação do óleo do produto da extração, originando apenas duas fases, uma sólida, composta basicamente por fibras e umidade, e outra oleosa. O rendimento da extração por prensagem dos frutos secos aumentou em até 7% quando comparado à prensagem dos frutos frescos. Portanto, o maior impacto da inclusão da secagem no pré-tratamento do fruto está associado à redução das etapas de separação do óleo (Figura 5.7) e minimização no consumo de energia do processo.

A prensagem combinada apresentou rendimento similar quando comparado a prensagem sem aplicação do extrato enzimático. Esta variação não diferiu estatisticamente os dois processamentos (prensagem e prensagem combinada).

**TABELA 5.7:** Efeito das condições de secagem no rendimento de extração do óleo.

Tratamento <sup>a</sup>	Óleo extraído (g/100g)	
	Prensagem	Prensagem combinada
I	19,37±0,59	21,15±0,96
II	21,14±1,55	21,17±2,16
III	24,43±0,53	24,52±0,99

<sup>a</sup> Tratamentos: I – Fruto sem casca; II – fruto após secagem a 35°C. III – fruto após secagem a 60°C .

### 5.7 Processamento da Torta com etanol

O uso do etanol para recuperação do óleo da torta forneceu rendimentos diferenciados quando se utilizou a amostra tratada com enzima. Obteve-se um rendimento adicional de 31% se comparado com a torta obtida a partir da prensagem convencional (Figura 5.10). Isto ocorre, provavelmente, devido à ação das enzimas hidrolíticas no rompimento da parede celular do fruto aumentando o transporte difusivo do óleo, presente na matriz sólida, para o solvente.



(A)



(B)

**FIGURA 5.8:** Resíduo da prensagem combinada. (A) Antes da recuperação do óleo com etanol; (B) Após recuperação do óleo com etanol.

O óleo obtido da torta apresentou aspecto ceroso (Figura 5.9). Isto pode ter ocorrido devido à polaridade do etanol que transfere para a fração lipídica alguns carboidratos presentes na polpa do fruto.

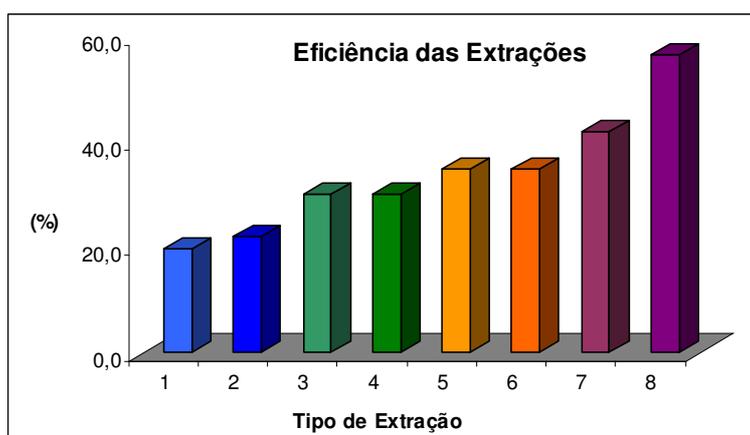


**FIGURA 5.9:** Óleo obtido da torta por extração etanólica.

### 5.8 Eficiência dos processos de extração

O melhor rendimento de extração do óleo da polpa de pequi (Figura 5.10) foi obtido por prensagem convencional a partir do fruto seco à 60°C (35%). Resultado similar foi reportado por SILVA *et al.* (2008) para a prensagem do fruto da macaúba (30 a 42%). Neste trabalho, os autores constataram que a incubação da polpa da macaúba com 0,5% do extrato enzimático CTAA, antes da etapa de prensagem, resultou em um aumento de 40% na eficiência do processo.

A diferença entre os valores obtidos para a eficiência do processo de extração do óleo a partir das amostras secas quando se aumentou a temperatura de secagem de 35 para 60°C foi de apenas 5%. Considerando que a secagem a 35°C pode ser substituída pela desidratação solar, a aplicação da prensagem a partir do fruto seco a 35°C é economicamente vantajosa.



**FIGURA 5.10:** Eficiência das extrações em base seca.

Legenda: 1- Extração Aquosa; 2 – Extração enzimática aquosa; 3 – Extração por prensagem (fruto seco 35°C); 4 – Extração por prensagem combinada (fruto seco 35°C); 5 – Extração por prensagem (fruto seco 60°C); 6 – Extração por prensagem combinada (fruto seco 60°C); 7 – Extração por prensagem (fruto seco a 35 e 60°C) mais extração etanólica da torta; 8 - Extração por prensagem combinada (fruto seco a 35 e 60°C) mais extração etanólica da torta.

A eficiência de extração do óleo de pequi foi maior quando se aplicou o tratamento enzimático do fruto associado à prensagem hidráulica. A massa de óleo recuperada com etanol a partir da torta tratada com enzimas foi superior aos demais e elevou a eficiência global a 56,6%, o que representa um incremento de 22% quando se compara com resultados da extração por prensagem convencional. Este resultado indica que a hidrólise da parede celular aumenta o transporte difusivo do etanol para a matriz sólida e favorece a extração do óleo residual

### **5.9 Caracterização físico-química do óleo bruto**

Segundo a RDC 270 (BRASIL, 2005) os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C.

O ponto de fusão encontrado para os óleos de pequi extraídos pelos processos de extração aquosa, extração aquosa enzimática, extração por prensagem convencional e extração por prensagem combinada se apresentaram na faixa de 26-30°C, logo, os mesmos, segunda a legislação, devem ser classificados como gordura vegetal. Para termos de comparação foi determinado o ponto de fusão do óleo extraído com solvente éter de petróleo por extração contínua em aparelho de Soxhlet o qual se apresentou na faixa de 26-29°C.

A composição em ácidos graxos do óleo bruto de pequi, determinado por cromatografia gasosa, está de acordo com valores reportados de FACIOLI e GONÇALVES (1997) e LIMA (2007) para óleo de pequi extraído por cozimento do fruto. Este procedimento é similar ao processo de extração aquosa, conduzido neste trabalho. Observou-se não haver diferença significativa na composição de ácidos graxos do óleo obtido por processos de extração aquosa ou por prensagem mecânica.

A composição em ácidos graxos confirmou que o óleo de pequi apresenta um alto teor de ácidos graxos insaturados e monoinsaturados (Tabela 5.8). A fração de ácido palmítico detectado (43,6%) é similar ao do óleo de dendê, enquanto que a fração em ácido oléico (54,6%) se assemelha aos óleos de tucumã, buriti e abacate. No que diz respeito ao teor de carotenóides, este óleo se aproxima da composição dos óleos de tucumã e buriti.

**TABELA 5.8:** Perfil de ácidos graxos de frutos oleaginosos.

Ácidos graxos	Nº carbonos	Pequi <sup>1</sup> (%)	Dendê <sup>2</sup> (%)	Tucumã <sup>2</sup> (%)	Buriti <sup>3</sup> (%)	Abacate <sup>4</sup> (%)
Palmítico	C16: 0	43,60	46,8	13,86	18	20,3
Esteárico	C18: 0	0,66	5,1	9,8	2,1	0,6
Oléico	C18: 1 n-9	54,55	40,8	46,81	73,5	55,6
Linoléico	C18: 2	0,85	11	26,13	2,7	15,1
Alfa-linolênico	C18: 3	0,18	0,6	0,93	2,1	1,2

<sup>1</sup> Obtidos neste trabalho; <sup>2</sup> RIBEIRO (2008); <sup>3</sup> TAVARES *et al.* (2003); <sup>4</sup> FREITAS *et al.* (1993)

Os índices de acidez, saponificação, peróxido e iodo do óleo de pequi estão apresentados na Tabela 5.9. Os parâmetros que determinam a qualidade do óleo foram comparados entre os diferentes tipos de processo de extração. Para controle, foi utilizado o óleo bruto extraído com éter de petróleo em aparelho tipo *Soxhlet*.

O óleo de pequi comercial apresentou acidez elevada (2,48 mgKOH/g) e alto valor de peróxidos (5,22 meq/kg). Estes resultados demonstram que ocorrem hidrólise e oxidação dos lipídeos, durante a produção do óleo comercial.

A acidez do óleo obtido no processo de extração aquosa (2,85 mgKOH/g) foi similar ao do óleo comercial. Provavelmente a alta temperatura aplicada (80°C) promoveu a hidrólise dos ácidos graxos insaturados. O menor valor de peróxido foi observado na amostra extraída por prensagem do fruto seco à 60°C (0,98 meq/kg). Entretanto o teor de peróxido foi mais alto para o óleo obtido por prensagem do fruto seco à 35°C. Este resultado pode estar associado ao tempo de secagem da amostra (3 horas) que, nesta temperatura, favorece o crescimento de microrganismos que aceleram a oxidação lipídica.

O processo de extração combinada com o tratamento enzimático promoveu uma maior oxidação do óleo da polpa do pequi. SZPIZ *et al.* (1995) também observou um aumento no valor do peróxido do óleo de abacate obtido por extração enzimática aquosa em comparação ao óleo obtido por extração com solvente. Os valores do peróxido e a acidez para todas as amostras, incluindo o óleo comercial, foram inferiores a especificação da AOCS para óleo bruto.

Não houve nenhuma diferença estatística em valores de índice de iodo entre os diferentes tratamentos (49,13 a 52,03) exceto para o óleo obtido por extração enzimática aquosa (74,80).

**TABELA 5.9:** Índices de qualidade do óleo bruto.

Método de extração	Acidez (mgKOH/g)	Peróxido (meq/kg)	Iodo (Wijs).	Saponificação
Aquosa (a 80°C) <sup>1</sup>	2,85 <sup>b</sup> ±0,11	1,16 <sup>a</sup> ±0,20	52,03 <sup>a</sup> ±0,00	180,13 <sup>b</sup> ±0,78
Aquosa enzimática <sup>1</sup>	1,35 <sup>c</sup> ±0,09	3,15 <sup>c</sup> ±0,35	74,80±0,48	184,23 <sup>b</sup> ±2,35
Secagem a 60°C				
Solvente (éter de petróleo) <sup>1</sup>	1,11 <sup>a</sup> ±0,00	0,99 <sup>a</sup> ±0,35	51,44 <sup>a</sup> ±0,12	160,15 <sup>a</sup> ±0,86
Prensagem <sup>1</sup>	1,33 <sup>c</sup> ±0,07	1,06 <sup>a</sup> ±0,00	51,50 <sup>a</sup> ±0,73	188,41 <sup>b</sup> ±4,32
Enzima e prensagem <sup>1</sup>	1,46 <sup>c</sup> ±0,04	2,98 <sup>c</sup> ±0,69	49,13 <sup>a</sup> ±0,35	189,40 <sup>b</sup> ±1,76
Secagem a 35°C				
Prensagem <sup>1</sup>	0,98 <sup>a</sup> ±0,18	3,65 <sup>d</sup> ±0,54	48,65 <sup>a</sup> ±0,05	196,32 <sup>c</sup> ±0,68
Enzima e prensagem <sup>1</sup>	1,35 <sup>c</sup> ±0,08	2,35 <sup>b</sup> ±0,01	48,36 <sup>a</sup> ±0,29	197,32 <sup>c</sup> ±3,65
Óleo comercial <sup>1</sup>	2,48 <sup>b</sup> ±0,02	5,22 <sup>e</sup> ±0,74	51,28 <sup>a</sup> ±0,09	198,48 <sup>c</sup> ±3,52
Literatura <sup>2</sup>	1,00	1,26	53,5	202

<sup>1</sup>Obtidos neste trabalho; <sup>2</sup> Martins (1983). Médias seguidas pela mesma letra (<sup>a</sup> - <sup>e</sup>) e na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05). AOCS especificação par óleo bruto: menor que 10 meq/kg; AOCS especificação para óleo bruto: menor que 4 mgKOH/g.

Deve-se observar que o índice de saponificação para o óleo de pequi foi menor para todos os tratamentos se comparado com o óleo comercial e os dados da literatura. O índice de saponificação é uma medida direta do comprimento da cadeia de lipídeos. Estes resultados estão de acordo com a composição em ácidos graxos do óleo da polpa do pequi.

## 6 CONCLUSÕES

O estudo de métodos convencionais associados com tecnologia enzimática para obtenção do óleo da polpa de pequi permite-nos concluir que:

- A extração aquosa a 80°C apresentou a menor eficiência e promoveu maior oxidação dos ácidos graxos,
- O uso de enzimas combinado com a extração aquosa não promoveu um aumento relevante na eficiência do processo devido à formação de uma emulsão óleo/água/fibras,
- A adição de água no pré-tratamento do fruto favoreceu a oxidação dos lipídeos tanto no processo puramente aquoso quanto no processo combinado: adição de enzimas e prensagem hidráulica,
- A extração por prensagem hidráulica a partir do fruto sem casca resultou em uma maior eficiência quando comparada ao processo aquoso. Adicionalmente, a eficiência do processo e a qualidade do óleo aumentaram simultaneamente quando o fruto foi seco a 60°C,
- A extração por prensagem hidráulica do fruto submetido à secagem a 35°C teve rendimento similar à do fruto seco a 60°C. Entretanto, neste caso, a qualidade do óleo foi inferior devido, provavelmente, a ação de microrganismos na polpa do fruto durante a secagem a 35°C,
- A aplicação das enzimas no pré-tratamento do fruto favoreceu a extração do óleo com etanol a partir da torta prensada.

## **7 SUGESTÕES**

Avaliar a logística de colheita e pós-colheita do pequi para garantir seu processamento durante todo o ano;

Realizar um estudo estatístico para otimizar as etapas principais do processo proposto

Avaliar a possibilidade de fracionamento do óleo de forma a obter uma fase mais concentrada em carotenóides aumentando a competitividade do processo

Avaliar o uso da tecnologia combinada para extração de óleo de outros frutos do cerrado

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULKARIM, S. M.; LONG, K.; LAI, O. M ; MUHAMMAD S.K.S., GHAZALI H.M. **Some physico-chemical properties of Moringa olifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods.** Food Chemistry, v. 93, p. 253-263, novembro 2005.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies úteis** Planaltina, EMBRAPA/CPAC 1998 p.106-112.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38 p. (Documentos, 54).
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (1996) - **Official Methods and recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**, 4<sup>a</sup> Edição; AOCS, Champaign; Métodos Cd 3-24 e Cd 8 - 53.
- ANJOS, J.R.N., CHARCHAR, M.J.A.; AKIMOTO, A.K. **Ocorrência de antracnose causada por Colletotrichum acutatum em pequi no Distrito Federal.** Fitopatologia Brasileira 27(1), jan - fev 2002.
- ANTUNES, E. C.; ZUPPA, T. O.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; CASTRO, S. S. **Utilização do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) como espécie recuperadora de ambientes degradados no cerrado e fornecedora de matéria prima para a produção de biodiesel** 1º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO DO BIODIESEL, Brasília, p.103-107, 2006 Disponível em: [www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/UtilizacaoPequi.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/UtilizacaoPequi.pdf) - (Acesso em: 02/05/2007)
- AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais.** Dissertação de Mestrado Lavras UFLA – Departamento de Ciência de Alimentos, 95p. 2007,
- AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS.** Journal of Food Composition and Analysis, San Diego, v.117, p.385-396, 2004.

BAILEY, A.E.; **Industrial oil and fat products**. New York: Interscience Publisher, INC. 1945. 1ª Ed, 735 p.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport Phenomena**. New York: John. Wiley & Sons. 1960. 1ª Ed, 780 p.

BRANDÃO, K. S. R.; MACIEL, A. P.; LOUZEIRO, H. C.; NASCIMENTO, U. M.; SOUSA, A. G. de; SILVA, F. C.; **Avaliação das propriedades físico-químicas e estabilidade térmica do óleo e do biodiesel metílico de pequi (*Caryocar Coriaceum Seed Oil*)** disponível em: (Acesso em: 28/08/2008)  
<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/019.PDF>

BRASIL , **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005** [http://e- legis. anvisa. gov. br /leisref/public/showAct.php?id=18829&word=](http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word=) (Acesso em 27/08/2008).

BRASIL , **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003** [http://e-legis. anvisa. gov .br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=](http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=) (Acesso em 27/08/2008)

BRASIL MIC-STI, Ministério da Indústria e do Comércio - Secretaria de Tecnologia e Indústria; **Produção de Combustíveis Líquidos a partir de Óleos Vegetais**; Coordenadoria de Informações Tecnológicas; Brasília, 1985; p 161.

CARVALHO, M. C.; BURGER, O. N. **Contribuição ao estudo do pequi de Brasília. Brasília**: SPS, 1960. 15p. (Coleção Estudo e Pesquisa Alimentar, 50).

COUTO, E. M. **Utilização da farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. Dissertação de Mestrado Lavras UFLA – Departamento de Ciência de Alimentos, 107p. 2007,

COURI, S. ; TERZI, S. C. ; SILVA, F. D. ; FREITAS, S. P. ; PINTO, G. A. S. . **Seleção de linhagens mutantes de *Aspergillus niger*, para síntese de enzimas hidrolíticas por fermentação em meio semi-sólido**. Ciência & Engenharia, Uberlândia-Mg, v. 7, n. 2, p. 29-31, 1998.

COURI, S.; FREITAS, S. P.; **Aplicação de enzimas na extração aquosa de óleos vegetais**. Ciência de Alimentos avanços e perspectivas. v. 2, p. 28-32, 1997

DONZO-GADET, M.; NZIKOU, J. M.; MATOUBA, E.; ETOUMONGO A.; M. LINDER M.; DESOBRY S. **Characterisation and nutritional interest of safou pulp oil.** Process Biochemistry. v. 40, p. 307-312, janeiro 2005.

EMATER. **INFORME FINAL ALIANÇA PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL DO NOROESTE DE MINAS GERAIS – BRASIL FAO – EMATER-MG**, Belo Horizonte, Abril 2005.

ESTEVES, A.C.; KLING S. H.; GONÇALVES A. M.; MARIANO, R. G. B. **Determinação da Composição Nutricional do pequi submetido a processos de desidratação.** In: 28ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, Maio, 2005.

FACIOLI, N.L.; GOLÇALVES L.A.G. **Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)** QUÍMICA NOVA, 21(1) (1998)

FERREIRA, F.R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J.F.; BELINGIERI, P.A.; **Caracterização física e química de frutos maduros de pequi.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1987. Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. v.2, p.643-646.

FRANCO, G. **Nutrição: texto básico e tabela de composição química de alimentos. Composição química dos alimentos e valor energético.** 6.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1982. p.180-193.

FREITAS, S. P. ; CABRAL, L. C. ; HARTMAN, Leopold . **Economic evaluation of soymilk production: comparative study of two processes.** Alimentaria (Madrid), Madrid - Espanha, v. 281, p. 97-107, 1996.

FREITAS, S. P. e LAGO, R. C. A., **Equilibrium Data for the Extraction of Coffee and Sunflower Oils with Ethanol,** Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 10, n. 3, p. 220-224, jul./set. 2007.

- FREITAS, S. P.; Hartman, L.; COURI, S. et al. **The combined application of extrusion and enzymatic technology for extraction of soybean oil.** *Fett/Lipid.* v. 99, p. 333-337, Weinheim 1997.
- FREITAS, S.P.; COURI, S.; ASCHERI, J.L. et al. **Extração aquosa enzimática do óleo de amendoim.** XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18, 2002, Porto Alegre.
- FREITAS, S.P.; LAGO, R.C.A.; JABLONKA, F.H.; HARTMAN, L. **Extraction aqueous enzymatique de l'huile d'avocat à partir de la pulp fraîche.** *Revue Française des corps Gräs,* 40, 365-371. 1993.
- GOMES, C.A.O.; PINTO, A.S.; TERZI, S.C.; FREITAS, S.P. **Aqueous Enzymatic Extraction of Peach Palm Oil.** *Braz. J. Food Technol.,* 5:211-216, 2002
- GONÇALVES, C.W.P. **Geografia da riqueza, fome e meio ambiente: pequena contribuição crítica ao modelo agrário/agrícola de uso dos recursos naturais,** *Revista Internacional Interdisciplinar, Intherthesis-PPGICH UFSC,* vol. 1, nº 1, 2004.
- GUIA RURAL Abril, **Pequi.** Rio de Janeiro: Abril, 1988. p.235-236
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.: Métodos Químicos e físicos para análise de alimentos,** 3ª ed., São Paulo, 1985, vol.1, 371p.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives.** IUPAC, Blackwell Sci. Publ. Ltd., 7. ed., Método 2.201.
- LEITE, G. L.D.; VELOSO, R. V. S.; ZANUNCIO J.C.; FERNANDES, L. A. ; ALMEIDA, C. I.M. **Phenology of Caryocar brasiliense in the Brazilian cerrado region** *Forest Ecology and Management* 236 (2006) 286–294.

- LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO J.; **Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 695-698, Dezembro 2007.
- MARIANO, R. G. B.; GONÇALVES, A. M.; ESTEVES, A. C.; KLING, S. H. **Comparação da perda percentual de beta-caroteno no pequi (*Caryocar brasiliense*) desidratado a 60°C, 70°C E 105°C** In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba. Anais... Curitiba: SBCTA, 2006, p. 362.
- MARTINS, H; **Estudo das oleaginosas nativas de minas Gerais.** Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/ CETEC, vol.1, 152p. 1983.
- MORETTO, E.; FETT,R.; **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 1998, 150p.
- NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.P. **Composição de ácidos graxos de óleo de açaí obtido através de extração aquosa enzimática.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 30, n.2, p. 498-502, 2008.
- NIIZU, P.Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables.** Journal of Food Composition and Analysis, San Diego, v.18, n.8, p.739-749, 2004.
- OLIVEIRA M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES P. S. N.; SIMÕES M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. **Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos** Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 380-386, Dezembro 2006.
- PARMENTIER, M.; GUILLEMIB, S.; BARBAR, R. et al. **De nouveaux procédés d'extraction des huiles pour des produits finis de haute qualité.** Eurofedlipid. v. 11, p.377-380, nov/dez 2004.

- RAMOS, M.I.L.; UMAKI, M.C.S.; HIANE, P.A.; RAMOS FILHO, M.M. **Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitâmicos “A” da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense*)**. Boletim CEPPA, Curitiba, v.19, n.1, p.23-32, 2001.
- REZAEI, K.; TEMELLI, F.; **On-line extraction-reaction of canola oil using immobilized lipase in supercritical CO<sub>2</sub>** . The Journal of Supercritical Fluids. v. 19, p.263-274, outubro 2000.
- RIBEIRO, B.D.; **Aplicação de Tecnologia Enzimática na obtenção de β-caroteno a partir de óleo de buriti (*Mauritia vinifera*)**. Dissertação de Mestrado Rio de Janeiro URFJ-Escola de Química – 98p. 2008
- RODRIGUES, L. J.; VILAS BOAS, E. V. B.; PICCOLI, R. H.; PAULA, N. R. F.; PINTO, D. M.; VILAS BOAS, B. M. **Efeito do tipo de corte e sanificantes no amaciamento de pequi (*Caryocar brasiliense* CAMB.) minimamente processado**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 31, n. 6, p. 1793-1799, nov./dez., 2007.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Assessment of the provitamin A contents of foods – the Brazilian experience**. Journal of Food Composition and Analysis , v. 9, p.196-230, 1996.
- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. **Atividade antioxidante de frutas do cerrado** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(1): 53-60, jan.-mar. 2007.
- ROSENTHAL, A.; PYLE, D.L.; NIRANJAN, K. **Aqueous and enzymatic process for edible oil extraction**. Enzyme and Microbial Technology. v. 19, p. 402-420, novembro 1996.
- ROSENTHAL, A.; PYLE, D.L.; NIRANJAN, K. et al. **Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil and protein from soybean**. Enzyme and Microbial Technology. v. 28, p. 499-509, novembro 2000.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D.; MARTINOTTO, C.; NOGUEIRA, R. C.; SILVA, A. A. N. **Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro** Boletim Técnico nº 64, Lavras, UFLA, 2005.

- SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. ; **Extração aquosa enzimática de óleo de soja.** Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas v. 25, p.132-138, março 2005.
- SHAH, S.; SHARMA, A. ; GUPTA, M. N. **Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction** Bioresource Technology. v. 96, p. 121-123, abril 2004.
- SHARMA, A. ; GUPTA, M. N. **Ultrasonic pre-irradiation effect upon aqueous enzymatic oil extraction from almond and apricot seeds.** Ultrasonics Sonochemistry. v. 13, p. 529-534, dezembro 2005 .
- SILVA, I. C. C. DA; PONTES, F.S. ; COURI, S. ; FREITAS, S. P. . **Extração combinada do óleo de macaúba: tecnologia enzimática e prensagem hidráulica** In: CONGRESSO NACIONAIS DE ÓLEOS GORDURAS e BIODIESEL, 2008, Lavras. 5o CONGRESSO NACIONAIS DE ÓLEOS GORDURAS e BIODIESEL. Lavras : UFLA, 2008. v. 1. p. 1-10.
- SIQUEIRA, A. DE S. **Alometria de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em diferentes fisionomias do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO** Biota Neotrop. Set/Dez 2006 vol. 6, no. 3
- SIQUEIRA, M. I. D; GERALDINE, R. M; QUEIROZ, K. S; TORRES, M. C; SILVEIRA, M. F. **Conserva de pequi.** Goiânia: [s.n.] 1997. 22p. (Manual Técnico, 2).
- SOTO, C.; CHAMY, R.; ZÚNIGA, M.E. **Enzymatic hidrolisis and pressing conditions effect on borage oil extraction by cold pressing.** Food Chemistry., junho 2006.
- STATISTICA versão 6.0, Software.
- SZPIZ, R.R.; PEREIRA, D.A.; GODOY, R.L. DE O.; JABLONKA, F.H.; LAGO, R.C.A. **Influence of extraction method on the composition of avocado oil unsaponifiable matter.** In: SCIENTIFIC PROGRAM OF FOOD SCIENCE LATIN AMERICAN SYMPOSIUM, DCA/FEA, Campinas, Brasil, p. 11. 1995.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – **TACO**, Versão 2  
Campinas – SP 2006 Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA,  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.
- TANO-DEBRAH, K; OHTA, Y. **Aqueous extraction of coconut oil by na enzyme-assisted process.** J. Sci. Food Agric. 74, 497-502. 1997.

TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S.; LAMARDO, L.C.A.; CAMPOS, N.C.; JORGE, L.I.F.; GONZALEZ, E. **Composição química e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo**. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 62(3): 227 - 232, 2003.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J.L.; CHAVEZ, L.J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. **Caracterização física de frutos do pequi (Caryocar brasiliense Camb.)** Pesquisa Agropecuária Tropical, 35 (2): 71-79, 2005.

VILAS BOAS, E. V. B. **Frutos minimamente processados: pequi**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: UFV, 2004. p. 122-127.

VILELA, G. F. **Variações em populações naturais de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae): fenológicas, genéticas e valores nutricionais de frutos**. 1998. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras. , Lavras, 1998.

YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A. **Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (Astrocaryum aculeatum Meyer) desidratado e pulverizado** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(2) 408-412, abr.-jun. 2008.

#### REFERÊNCIAS ON-LINE

[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./biotecnologia/index.html&conteudo=./biotecnologia/artigos/frutas\\_nativas.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./biotecnologia/index.html&conteudo=./biotecnologia/artigos/frutas_nativas.html) (Acesso em : 04/06/2008).

<http://www.biologo.com.br/plantas/cerrado/pequi.html> (Acesso em: 28/06/2008)

<http://www.clubedaselemente.org.br/piqui.html> (Acesso em 04/06/2008)

<http://www.sbrt.ibict.br> (Acesso em: 27/11/2007)

<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=> (Acesso em 27/08/2008)

<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word=> (Acesso em 27/08/2008)

<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/019.PDF> (Acesso em: 28/08/2008)

[www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/UtilizacaoPequi.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/UtilizacaoPequi.pdf) (Acesso em: 02/05/2007)