

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E
BIODIVERSIDADE

Construção e avaliação de um protótipo para despolpar frutos de *Acrocomia sp.*

Carlos Alberto Chuba Machado

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2018

CARLOS ALBERTO CHUBA MACHADO

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA
DESPOLPAR FRUTOS DE *Acrocomia sp.***

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade, para obtenção do Título de Doutor.

Orientadora: Dr^a. Eliana Janet Sanjinez Argandoña.

Coorientadora: Dr^a. Andréa Cristina dos santos

Coorientador: Dr. Ramon Eduardo Pereira Silva

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C559c Chuba-Machado, Carlos Alberto

Construção e avaliação de um protótipo para despolpar frutos de *Acrocomia sp.* / Carlos Alberto Chuba Machado. -- Dourados: UFGD, 2018.

103 f.: il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dra. Eliana Janet Sanjinez-Argandoña.

Co-orientadores: Prof. Dr. Ramon Eduardo Pereira Silva;
Prof^a. Dra. Andréa Cristina dos Santos.

Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade) -
Universidade Federal da Grande Dourados, 2018

1. Bocaiuva. 2. Macaúba. 3. Mecanização. 4. Propriedade rural. 5.
Agricultura familiar. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados
fornecidos pelo autor.

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer **APROVADO**, para a tese intitulada: "**Construção e Avaliação de um Protótipo para Despolpar Frutos de *Acrocomia aculeata* sp.**", de autoria de **Carlos Alberto Chuba Machado**, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados.

Prof^a. Dr^a. Eliana Janet Sanjinez-Argandoña
Presidente da banca examinadora

Prof. Dr. Nelson Luís de Campos Domingues
Membro Examinador (UFGD)

Prof. Dr. Rodrigo Couto Santos
Membro Examinador (UFGD)

Prof. Dr. Jaime Humberto Palacio Revello
Membro Examinador (UFGD)

Prof. Dr. Flavio Aristone
Membro Examinador (UFMS)

Dourados/MS, 27 de setembro de 2018.

BIOGRAFIA

Carlos Alberto Chuba Machado, nasceu em Presidente Epitácio-SP, Brasil em 23 de novembro de 1969. Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal de São Carlos (1999) e graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Grande Dourados (2011). Mestrado em Recursos Naturais pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2012). Atualmente é Professor Assistente do Curso de Engenharia de Produção na Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados. Tem experiência na área de Gestão Agroindustrial, Gerenciamento de Tecnologias de Produção e Planejamento Controle da Manutenção.

Dedico este trabalho ao meu pai Luiz Carlos, minha querida mãe Jandira e minha Vó Dorinda, responsáveis pela minha vida e a quem devo meu caráter.

À minha esposa Cida e a meus filhos Pedro e Lucas, que sempre estiveram ao meu lado, mesmo nos contratempos ocorridos, aos quais, peço desculpa pela ausência, irritações e por não ter dedicado o tempo que deveria.

Aos meus tios Adelino e Zito (*In memoriam*).

Meu eterno amor e agradecimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida.

Aos meus pais, Luiz Carlos Machado e Jandira Guimaro Chuba Machado e minhas irmãs Eliane, Karina e demais familiares, por todo amor a mim demonstrado, por me apoiarem e sempre me incentivar.

À minha esposa e companheira Professora Cida, pelo amor, apoio, carinho e compreensão em todos os momentos e aos meus filhos, Pedro e Lucas, que são minha inspiração.

À Bolinha, minha cachorra, companheira inseparável.

Aos colegas do grupo GEPPAC, que contribuíram diretamente ou indiretamente na realização deste trabalho, em especial a Elaine e a Aline.

À orientadora e aos coorientadores pelas contribuições e disponibilidade em auxiliar neste trabalho. Aos professores membros da banca: Aristones, Couto, Domingues e Revello.

Aos professores e colegas da Faculdade de Engenharia e aos técnicos em especial ao André e Elaine.

Aos professores, técnicos e acadêmicos do Programa de Pós-Graduação Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade, em especial ao Prof. Dr. Nelson Luís de Campos Domingues.

Ao professor Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), ao FUNDECT, a CAPES, ao CNPq e a Rede de Pesquisa Pró Centro-Oeste.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram no desenvolvimento desse trabalho.

Chuba-Machado, Carlos Alberto; Universidade Federal da Grande Dourados. Setembro de 2018. CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA DESPOLPAR FRUTOS DE *Acrocomia sp.* Orientadora: Dr^a. Eliana Janet Sanjinez Argandoña. Coorientadores: Dr. Ramon Eduardo Pereira Silva e Dr^a. Andrea Cristina dos Santos.

RESUMO

A exploração de frutos nativos brasileiros é fonte de renda para muitas famílias, está relacionada à riqueza cultural e contribui para a conservação da biodiversidade. Os frutos da palmeira *Acrocomia sp.* conhecidos por bocaiuva ou macaúba, apresentam potencial comercial como matéria-prima para as indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e de biocombustível. A polpa dos frutos é considerada fonte de lipídios, carboidratos, proteínas, carotenoides e fibras. As comunidades processam os frutos de bocaiuva manualmente e consideram a obtenção de polpa uma oportunidade para o incremento de renda no meio rural. Um dos maiores obstáculos para aumento da demanda é a extração da polpa, devido a forte aderência entre o mesocarpo e o endocarpo. O objetivo deste estudo foi projetar, construir e avaliar um equipamento de pequeno porte para despolar frutos de *Acrocomia sp.* Foram coletadas informações relacionadas aos procedimentos de extração manual e bem como auxiliados por instrumentos adaptados. Com base nestas informações, foi proposto o conceito de equipamento de extração a partir de ferramentas de desenvolvimento de produto. O equipamento de bancada foi construído em três unidades: processamento, secundário e periférico, com funcionamento intermitente e despulpamento realizado por cisalhamento. O protótipo reduziu o tempo de processo e aumentou o rendimento de extração da polpa dos frutos, possibilitando a substituição do despulpamento manual por mecanizado. A maior eficiência de extração (81,4%) foi para frutos sem casca previamente desidratados por 24hs a 70°C em 75s. Nessa condição, foi obtida polpa com característica de farinha com umidade de aproximadamente 10%, acidez de 1,25% e retenção de 57% de carotenoides. Esses resultados mostraram que a prévia desidratação dos frutos proporcionou maior desempenho no despulpamento mecanizado do mesocarpo de bocaiuva e as análises físicas e químicas mostraram que o protótipo foi capaz de extrair polpa com qualidade.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Bocaiuva. Despulpadeira. Macaúba. Mecanização. Propriedade rural.

Chuba-Machado, Carlos Alberto; Federal University of Grande Dourados. September 2018. CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A PROTOTYP TO SPREAD FRUITS OF *Acrocomia sp.* Advisor: Dr. Eliana Janet Sanjinez Argandoña. Co-advisor: Dr. Ramon Eduardo Pereira Silva and Dr. Andrea Cristina dos Santos.

ABSTRACT

The exploitation of Brazilian native fruits is a source of income for many families and is related to cultural richness and contributes to the conservation of biodiversity. The fruits of the *Acrocomia sp.* Palm are known as bocaiuva or macaúba and presents commercial potential as a raw material for the pharmaceutical, cosmetic, food and biofuel industries. Fruit pulp is considered a source of lipids, carbohydrates, proteins, carotenoids and fibers. The communities process bocaiuva fruits manually and consider pulp production as an opportunity of increasing income in rural areas. One of the major obstacles to increased this demand is the pulp extraction, due to the strong adhesion between the mesocarp and the endocarp. The objective of this study was to design, assembly and evaluate a small equipment for pulping the fruits of *Acrocomia aculeata*. Information related to manual extraction procedures, as well as assisted by machines, was collected. Based on this information, the concept of extraction machine was proposed from product development tools. The bench equipment was built in three units: processing, secondary and peripheral, which works in intermittent operation. The pulping process is performed by shearing. The prototype reduced the processing time and increased the pulp extraction yield of the fruits, allowing the substitution of handmade pulping by mechanized work. The highest extraction efficiency (81.4%) was for fruits without peel previously dehydrated for 24hs at 70°C in 75 s. Under this condition, pulp was obtained with characteristic for flour with moisture of 10%, acidity of 1.25% and retention of 57% of carotenoids. The results demonstrated that the previous dehydration of the fruits led to a better performance to the mechanized pulping of the mesocarp of bocaiuva and the physical and chemical analyses showed that the prototype was able to extract pulp with quality.

Keywords: Family farming. Bocaiuva. Pulping. Macauba. Mechanization. Rural property

FIGURAS

Figura 1 - Palmeira bocaiuva (<i>Acrocomia sp.</i>).....	7
Figura 2 - Distribuição espacial da espécie <i>Acrocomia sp.</i> no bioma Cerrado.	8
Figura 3 - Características dos frutos de Bocaiuva (<i>Acrocomia sp.</i>)	9
Figura 4 - Perspectiva de uso da palmeira <i>Acrocomia sp.</i>	10
Figura 5 - Etapas do desenvolvimento do produto (Baseado em Romano (2013)).	19
Figura 6 - Sistematização dos requisitos do projeto (QFD).	23
Figura 7 - Estrutura funcional global do sistema para despolar frutos de bocaiuva.....	25
Figura 8 - Funções parciais do despolidor de fruto de bocaiuva.	26
Figura 9 - Funções elementares do despolidor de frutos de bocaiuva.	27
Figura 10 - Esquema dos componentes para a construção do protótipo.	27
Figura 11 - Esboço preliminar da concepção do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.	32
Figura 12 - Projeção da bancada experimental construída para despolidamento de frutos de bocaiuva e detalhes dos componentes projetados.....	39
Figura 13 - Diagramas de forças.....	41
Figura 14 - Perspectivas e vistas ortográficas	42
Figura 15 - Perspectivas e vistas ortográficas (mm)Compartimento de saída.	43
Figura 16 – Apresentação da montagem do protótipo funcional com os componentes construído.	46
Figura 17 - Percentual de massa acumulada durante o despolidamento de bocaiuva previamente desidratada a 70°C por 6h (T1), 12h (T2) e 24h (T3)	47
Figura 18 - Fluxograma das etapas de processamento para obtenção de polpa de bocaiuva extraído em protótipo	53
Figura 19 - Despolidamento mecanizado dos frutos de bocaiuva.	57
Figura 20 - Massa da polpa de bocaiuva despolidada no protótipo em relação ao tempo de processo.....	56
Figura 21 - Dendograma de similaridade dos despolidamentos em cada intervalo de tempo, indicando a formação de quatro grupos heterogêneos entre os tratamentos (A, B, C e D).	57
Figura 22 - Parâmetros de cor L*, a*, b*, °h e índice de escurecimento das polpas de bocaiuva extraídas no protótipo previamente desidratadas	59

TABELAS

Tabela 1 - Definições, especificações e requisitos preliminares identificados para o desenvolvimento do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.	20
Tabela 2 - Classificação dos requisitos do protótipo com auxílio do diagrama de Mudge.	22
Tabela 3 - Requisitos de engenharia para o projeto de desenvolvimento do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.	22
Tabela 4 - Ordem de relevância dos requisitos de engenharia para o projeto do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.	24
Tabela 5 - Entradas e saídas do sistema despoldador de frutos de bocaiuva.	25
Tabela 6 - Detalhamento das funções parciais do despoldador de frutos de bocaiuva.	26
Tabela 7 - Detalhamento das funções elementares do despoldador de frutos de bocaiuva.	28
Tabela 8 - Detalhamento da matriz morfológica, com soluções para cada função elementar proposta na construção do protótipo.	29
Tabela 9 - Matriz Pugh para seleção de alternativas de concepção do produto.	30
Tabela 10 - Descrição preliminar dos componentes de construção do protótipo.	31
Tabela 11 - Ficha técnica das unidades com descrição dos componentes da bancada experimental para despoldamento de frutos de bocaiuva.	40
Tabela 12 - Detalhamento do plano de manufatura para os componentes integrantes do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.	44
Tabela 13 - Eficiência da bancada experimental na extração de polpa de frutos de bocaiuva previamente desidratados (T1, T2 e T3).	48
Tabela 14 - Valores de umidade e atividade de água dos frutos de bocaiuva desidratados e despoldados em equipamento construído.	61
Tabela 15 - Características físicas e químicas da extração da polpa de bocaiuva em protótipo construído.	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Aa - Atividade de água

AT - acidez Titulável

CA.- Polpa com tendência a cor amarela

CC-12h T50 – Fruto desidratado com casca por 12 horas em temperatura de 50°C

CC-12h T70 - Fruto desidratado com casca por 12 horas em temperatura de 70°C

CC-24h T50 – Fruto desidratado com casca por 24 horas em temperatura de 50°C

CC-24h T70 - Fruto desidratado com casca por 24 horas em temperatura de 70°C

CM - Polpa com tendência a cor marrom

d - Diâmetro do eixo maciço (mm)

EF - Eficiência (%)

Fp1 e Fp2 - Forças aplicadas (N)

Fr - Força resultante (N)

IE – Índice de escurecimento

Mb - Máximo momento fletor (Nm)

Mt - Momento torsor (Nm)

n - Rotação (rpm)

P – Potência do motor (W)

PEB - Polpa extraída mecanicamente na bancada

PNE - Polpa não extraída durante o despulpamento

r - Braço das palhetas (mm).

Sc - Tensão de cisalhamento (N/m²)

SC-12h T50 – Desidratado sem casca por 12 horas em temperatura de 50°C

SC-12h T70 - Fruto desidratado sem casca por 12 horas em temperatura de 70°C

SC-24h T50 - Fruto desidratado sem casca por 24 horas em temperatura de 50°C

SC-24h T70 - Fruto desidratado sem casca por 24 horas em temperatura de 70°C

SC-6h T50 – Fruto desidratado sem casca por 6 horas em temperatura de 50°C

SC-6h T70 - Fruto desidratado sem casca por 24 horas em temperatura de 70°C

Se - Tensão de escoamento (N/m²)

T1 - Tratamento desidratado por seis horas

T2 - Tratamento desidratado por doze horas

T3 - Tratamento desidratado por vinte e quatro horas

TRL - Technology Readiness Levels (Níveis de tecnologias disponíveis)

SUMÁRIO

1	Introdução geral	1
1.1	Objetivos.....	4
1.1.1	Objetivo geral	4
1.1.2	Objetivos específicos	4
1.2	Estruturação da tese	4
2	Revisão Bibliográfica	6
2.1	Potencialidades para os produtores rurais.....	6
2.2	A palmeira bociuva	7
2.3	Peculiaridades para a produção da polpa bociuva	11
2.4	Desenvolvimento de produto	13
3	Concepção de um equipamento para despolar frutos de <i>Acrocomia sp.</i>	16
3.1	Introdução	16
3.2	Desenvolvimento	18
3.2.1	Material e métodos	18
3.2.2	Planejamento do protótipo.....	19
3.2.3	Projeto Informacional	21
3.2.4	Projeto Conceitual	24
3.2.5	Projeto Preliminar	30
3.2.6	Projeto detalhado	32
3.3	Conclusão	32
4	Construção e avaliação de um equipamento de bancada para despolarmento de frutos de bociuva (<i>Acrocomia aculeata</i>)	34
4.1	Introdução	35
4.2	Material e métodos	37
4.2.1	Material.....	37
4.2.2	Métodos	37
4.2.3	Validação da bancada	38
4.3	Desenvolvimento	39
4.3.1	Construção da bancada experimental	40
4.3.2	Performance de funcionamento em vazio.....	45
4.3.3	Princípio de operação da bancada.....	46

4.3.4	Validação da bancada experimental	46
4.4	Conclusão	49
5	Controle de qualidade da polpa de bocaiuva (<i>Acrocomia aculeata</i>) obtida por despulpamento mecanizado.....	50
5.1	Introdução	50
5.2	Desenvolvimento	52
5.2.1	Material.....	52
5.2.2	Métodos	52
5.2.3	Resultados e Discussão.....	55
5.3	Conclusão	64
6	Conclusões gerais	65
7	Trabalhos futuros	66
	Referências	67
	Apêndice A.....	76
	Anexo A	87
	Anexo B	88
	Anexo C	89

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, notam-se mudanças no comportamento do homem moderno, com tendência ao desenvolvimento mais sustentável, que trata dos pontos de vista ambiental, social e ético. Atualmente, as mudanças de interações entre o homem e a natureza vêm se refletindo nos hábitos alimentares, na saúde, no lazer, no turismo, na arquitetura, na ciência e na tecnologia (LAGOA; RODRIGUES, 2016; NEGRI; BERNI; CANNIATTI, 2016).

A extensão territorial e as condições edafoclimáticas fazem com que o Brasil possua potenciais de crescimento na produção de novas matérias-primas, tanto para fins alimentícios como para fins energéticos. Fatores econômicos determinam quais são as matérias-primas são de maior interesse para a produção, geralmente plantações tradicionais como: soja, milho, amendoim, algodão, mamona, girassol, dendê ou palma (VALÉRIO et al., 2014).

Contudo, segundo Schmidt et al. (2011), o uso de produtos de origem florestais não madeireiros é importante fonte de renda para milhões de pessoas em todo o mundo, contribui para a conservação sustentável de espécies nativas e é relevante para a manutenção dos meios de subsistência locais.

A demanda por produtos oriundos de espécies florestais nativas vem crescendo no Brasil, e as indústrias voltam-se para essas plantas como fonte de novos produtos para serem inseridos no mercado (RONCHI, 2017). A biodiversidade existente no país favorece a identificação de novas matérias-primas, passíveis de inserção em processos geradores de novos produtos (OLIVEIRA; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2011).

Para Matos et al. (2015), a descoberta de plantas nativas com potencial para novos produtos, quando estabelecidas, agregam valores econômicos, culturais e sociais para as comunidades que produzem as matérias-primas e vantagens comerciais para as indústrias que as utilizam estas em seus produtos. Os mesmos autores apontam como novas fontes de matérias-primas, inseridas na indústria, os frutos de: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), Cupuaçu (*Theobroma grandifolium* K. Schum.), Baru (*Dipteryx alata* Vog), Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Cumaru (*Dipteryx odorata*).

O Brasil, devido a sua rica diversidade, possui inúmeros frutos nativos ainda inexplorados comercialmente, o que os coloca em destaque na necessidade de estudos,

para aproveitamento e valorização desses recursos. Entre os frutos nativos de ampla distribuição geográfica brasileira tem-se a bocaiuva (*Acrocomia*), para a qual existem diversas pesquisas que vêm demonstrando as potencialidades de seus frutos, com importantes iniciativas de exploração comercial.

Neste trabalho utilizamos a palmeira bocaiuva ou macaúba (*Acrocomia sp.*), por haver diversas pesquisas que demonstram seu potencial como matéria-prima em vários setores industriais e por ela ser passível de contribuir para o desenvolvimento regional. A polpa pode ser utilizada como ingrediente na elaboração de produtos alimentícios, cosmético, fármacos e na produção de biocombustível (ARISTONE; LEME, 2006; BORTOLOTTO et al., 2015; CAVALCANTI-OLIVEIRA et al., 2015; CICONINI et al., 2013; COIMBRA; JORGE, 2012; MACHADO; ROVERE, 2017; NASCIMENTO et al., 2016; NUNES et al., 2015; OLIVEIRA; CLEMENTE; DA COSTA, 2014).

A palmeira *Acrocomia* é nativa da América, comumente encontrada desde o México até a Argentina; no Brasil ocorre em todos os estados, com maior predominância em Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (NEIVA et al., 2016). De acordo com Machado et al. (2015) existem diversidades de genótipos, com diferenças morfológicas e fisiológicas. Os frutos de bocaiuva apresentam excelentes fontes: lipídica, de carboidratos, proteínas, fibras e carotenoides, importantes para a saúde humana (CICONINI et al., 2013; COIMBRA; JORGE, 2012; RAMOS et al., 2008; VIANNA et al., 2017).

As comunidades que atualmente processam a bocaiuva, geralmente realizam as etapas do processo de modo manual ou por meio do uso de instrumentos adaptados. As tarefas de despolar, por exemplo, são trabalhosas, devido às características dos frutos de bocaiuva, requerendo muita mão de obra, com extenso tempo de processo e baixo rendimento (REIS et al., 2012).

A utilização de equipamentos inadequados ou improvisados desperta a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de soluções para a mecanização do despolaramento. Segundo Oliveira, Gazolla e Schneider (2011) essas soluções devem proporcionar aumento da produtividade (maior qualidade, menos retrabalho e redução de custo), melhora na qualidade do trabalho e na saúde do trabalhador (condições ergonômicas e de segurança do trabalho) e produção em escala para atingir mercados maiores.

Dessa forma, os potenciais dos frutos da bocaiuva poderão ser revertidos em

vantagens competitivas para as propriedades rurais, que podem ser fornecedoras da polpa de bociuva para atender esses mercados emergentes e viabilizar renda ao meio rural (GRANDE; CREN, 2016). No entanto, o direcionamento de pesquisas especificamente para o desenvolvimento de soluções práticas para a mecanização do extrativismo ou para as pequenas propriedades rurais são incipientes (KLOSTER; CUNHA, 2014).

Por outro lado, há crescente demanda por matéria-prima de frutos nativos para uso industrial, em parte decorrente da conscientização da população em consumir produtos mais saudáveis e associados aos produtos naturais. Os frutos nativos têm sido foco de inúmeras pesquisas que buscam propriedades de interesse comercial. Na mesma direção surge a oportunidade de gerar renda para as comunidades rurais, por meio da coleta ou do plantio dos frutos nativos para suprir esses mercados.

Neste sentido, observa-se que métodos práticos de conservação dos frutos e de processamento da polpa com qualidade são escassos, principalmente pelas dificuldades de transporte dos frutos *in natura* e de extração manual da polpa. A introdução da mecanização do despulpamento, no interior das propriedades produtoras, pode contribuir para minimizar a deterioração dos frutos, melhorar a qualidade da polpa, reduzir os volumes transportados e proporcionar maior ganho na comercialização de produtos processados pelas comunidades.

O desenvolvimento de equipamento específico para despulpar frutos de bociuva, por um lado tende a substituir as rotinas laborais tediosas e, por outro, tende a priorizar a evolução da situação financeira dos pequenos produtores. Para tanto, torna-se necessário viabilizar um equipamento de baixo custo de construção, de pequeno porte, de fácil operação e que proporcione qualidade ao produto final.

O público alvo desse equipamento seria constituído pelas comunidades extratoras e pelas propriedades rurais de praticamente todo o território nacional, visto que os frutos de *Acrocomia* estão presentes em quase todos os estados brasileiros e países vizinhos. A possibilidade de uso do equipamento inicia-se com o uso de matéria-prima oriundas da extração de frutos coletados de plantas nativas e posteriormente com a expansão para as plantações comerciais, o que dependerá do aumento ou da retração do mercado de polpa.

Diante das dificuldades apresentadas e visando manter a qualidade da polpa de frutos de bociuva, identificou-se a necessidade de se construir um equipamento para processar a polpa e substituir o beneficiamento manual por extração mecanizada nas

propriedades rurais. Essa possibilidade propiciaria agilidade, maior rendimento na extração da matéria-prima e melhor qualidade da polpa de bocaiuva ofertada ao mercado.

Dessa forma, o desenvolvimento e a construção do equipamento buscam despertar o interesse pelo aproveitamento dos frutos nativos, nas propriedades rurais brasileiras, considerando os potenciais oferecidos pela palmeira bocaiuva, possibilitando a inserção de renda as comunidades e o despertar para o manejo sustentável das plantas nativas do bioma.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Diante das possibilidades de usos da polpa dos frutos da *Acrocomia*, o objetivo deste estudo foi o de desenvolver, construir e avaliar um equipamento de pequeno porte para despolar frutos de bocaiuva, propondo um sistema simplificado de operação para a extração da polpa com qualidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Propor o conceito de um despolidor para frutos de bocaiuva;
- Construir um equipamento capaz de despolar eficientemente frutos de bocaiuva;
- Testar e avaliar o funcionamento do protótipo construído;
- Verificar a qualidade da polpa extraída no protótipo;
- Padronizar as condições de extração da polpa no protótipo.

1.2 Estruturação da tese

Os procedimentos adotados para a execução do projeto têm por princípio básico, a necessidade de construir um equipamento com aplicação direta para os usuários. A construção do despolidor visa uma estratégia competitiva, com foco no produto: polpa de bocaiuva. Procurou-se observar no projeto a facilidade de construção pela comunidade, a simplificação de uso em campo, o controle de qualidade da extração, e a possibilidade de aquisição do equipamento pelos produtores, devido ao

baixo custo.

Outra atividade desenvolvida no estudo investigou os requisitos para o processamento dos frutos de bocaiuva, por meio do processo mecanizado de despulpamento, a fim de manter a qualidade do mesocarpo, avaliado para os diferentes períodos de desidratação.

Para a sistematização das etapas de desenvolvimento foram utilizados a infraestrutura laboratorial (equipamentos, *softwares* e instrumentação) e recursos humanos (pesquisadores doutores, mestres e técnicos) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada no município de Dourados (22° 19' 83" S, 54° 82' 26" W e 430 m de altitude), no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Diante da contextualização das potencialidades, da problemática de despulpamento, das possibilidades presentes e perspectivas futuras de comercialização da polpa de bocaiuva, foram descritos o desenvolvimento do protótipo, as análises da mecanização e o controle do produto despulpado.

A primeira parte documenta os passos do desenvolvimento conceitual do protótipo para despulpar frutos de bocaiuva. Utilizando-se o modelo de referência para desenvolvimento de máquinas agrícolas, proposto por Romano (2013), são estabelecidos os requisitos, as especificações, a função global, parcial e elementar do projeto, identificados e sistematizados pela matriz morfológica e finalmente aprovadas as especificações do protótipo para a construção.

Na segunda parte são detalhadas as etapas de construção do protótipo para despulpamento de frutos de bocaiuva, apresentam-se os principais passos de construção dos componentes físicos do protótipo. Finaliza-se com os testes operacionais preliminares de montagem e performance geral de funcionamento, com avaliações do despulpamento e da eficiência de extração da polpa pelo protótipo.

A terceira parte consiste na descrição dos testes para validação do protótipo, através do rendimento e da qualidade da polpa obtida, que identificou a melhor condição de processamento dos frutos de bocaiuva no equipamento construído.

Por fim, a conclusão geral da tese e a indicação de estudos que poderão ser realizados como continuidade deste trabalho. No apêndice, são apresentadas as vistas ortográficas e perspectivas para construção do protótipo; e, em anexo, a documentação para a proteção da propriedade intelectual, o aceite de um artigo e formulários legais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Potencialidades para os produtores rurais

Nas últimas décadas ações governamentais e movimentos sociais contribuíram para o aumento significativo de unidades produtoras familiares no meio rural. Do mesmo modo, políticas públicas voltadas para o desenvolvimento dessas comunidades vêm sendo idealizadas e implementadas, não apenas pautadas nos processos econômicos, mas também nos anseios sociais e culturais (SILVA; NEVES, 2014).

A baixa produtividade dos pequenos agricultores, provoca instabilidade financeira e desconfiança no uso de novos processos, desencorajando-os a investir seus escassos recursos em equipamentos, o que provoca ainda mais a estagnação do setor (BUAINAIN; BATALHA, 2007; CARDOSO, 2016). Outro fator a ser considerado é o grau de instrução, que dificulta o entendimento do uso de tecnologias e restringe o aumento de produção requerida pelo mercado (IBGE, 2006).

Para Bergamim (2016), as diferenças sociais vistas no campo brasileiro são comparadas à diversidade de plantas, reflete a problemática ambiental e social vivida no meio rural. No entanto, estas precariedades apontam para um imenso potencial de desenvolvimento regional ainda não explorado. Uma alternativa ao incremento de renda nas comunidades consiste na adoção do extrativismo ou no plantio comercial de espécies não convencionais, por intermédio da introdução de estratégias viáveis para aumentar a produção (SCHMIDT et al., 2011).

Uma proposta, em implantação dessa natureza é o mercado de farinha da polpa de bocaiuva, produzida artesanalmente nas comunidades nos municípios de Aquidauana, Corumbá e Miranda, em Mato Grosso do Sul. Segundo os produtores, a farinha tem grande procura, contudo, ainda não se instituíram estratégias viáveis que permitam aumento de escala, visto que não se consegue atender à demanda local (ARISTONE; LEME, 2006).

O aumento de produção poderia reverter esse potencial em vantagens competitivas para as pequenas propriedades rurais, por meio do fornecimento de polpa de bocaiuva para atender aos mercados emergentes e introduzir renda ao meio rural.

2.2 A palmeira bocaiuva

A bocaiuva (Figura 1), denominação regional em Mato Grosso do Sul para a palmeira frutífera Macaúba (*Acrocomia*), tem ocorrência em praticamente toda a América Latina. Quando adulta pode atingir mais de 15 m de altura, com diâmetro de tronco de 20 a 30 cm, caracterizada por apresentar espinhos nas estipes e folhas (LORENZI; NEGRELLE, 2006).

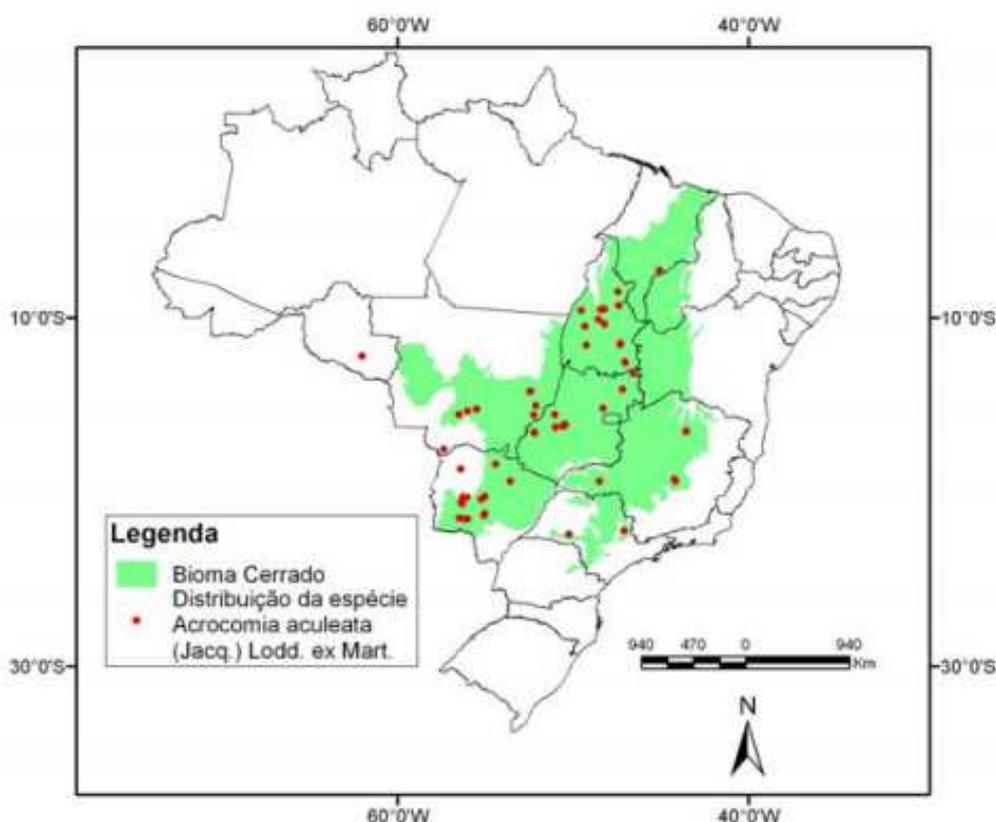
Figura 1 - Palmeira bocaiuva (*Acrocomia* sp.).



Fonte: Do autor.

A bocaiuva é considerada pioneira e invasora, carece de alta incidência solar, suporta diferentes variações climáticas e apresenta-se em variados tipos de solos (JUNQUEIRA, 2014). Com ampla distribuição geográfica em todo o território brasileiro, exibe alta incidência de maciços no bioma Cerrado (Figura 2), com concentrações populacionais expressivas em Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e São Paulo (MACHADO, 2016; RAMOS et al., 2007; VIANNA et al., 2017).

Figura 2 - Distribuição espacial da espécie *Acrocomia sp.* no bioma Cerrado.



Fonte: Ratter; Bridgewater; Ribeiro (2003)

Diversos fatores contribuem para a inserção do cultivo da bociuva: adaptabilidade a regiões com restrições hídricas; cultura perene e nativa; o cultivo que pode ser implantado em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas; há a possibilidade de consórcio com outras culturas; plantação para substituir cercas nas propriedades rurais; completo aproveitamento dos frutos; alta produtividade de óleo por hectare (CAMPOS et al., 2008; CHUBA; OLIVEIRA; TOMMASELLI, 2013; CONCEIÇÃO et al., 2015).

Os frutos da palmeira bociuva são sazonais com amadurecimento durante quatro a seis meses por ano, dependendo da região. Os frutos de *Acrocomia* são apresentados na Figura 3, compostos de uma drupa comestível globosa, possuem formato esférico, constituído por epicarpo (casca) cartáceo; mesocarpo (polpa) é comestível, de sabor agradável, fibroso, oleaginoso, mucilaginoso, rico em glicerídeos, torna-se rançoso com o tempo. A polpa encontra-se fortemente aderida ao endocarpo (tegumento) rígido, denso e escuro, contendo em seu interior a semente (amêndoa) (VIANNA et al., 2017; FARIAS, 2010). A polpa oleaginosa possui coloração amarela

alaranjada devido à presença de carotenoides (SANJINEZ-ARGANDOÑA; CHUBA, 2011).

Figura 3 - Características dos frutos de Bocaiuva (*Acrocomia* sp.). a) Diferenças biométricas dos frutos de bocaiuva, associadas às condições edafoclimáticas. b) Corte do fruto de bocaiuva. c) Apresentação das partes dos frutos de bocaiuva: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa.



Fonte: Do autor.

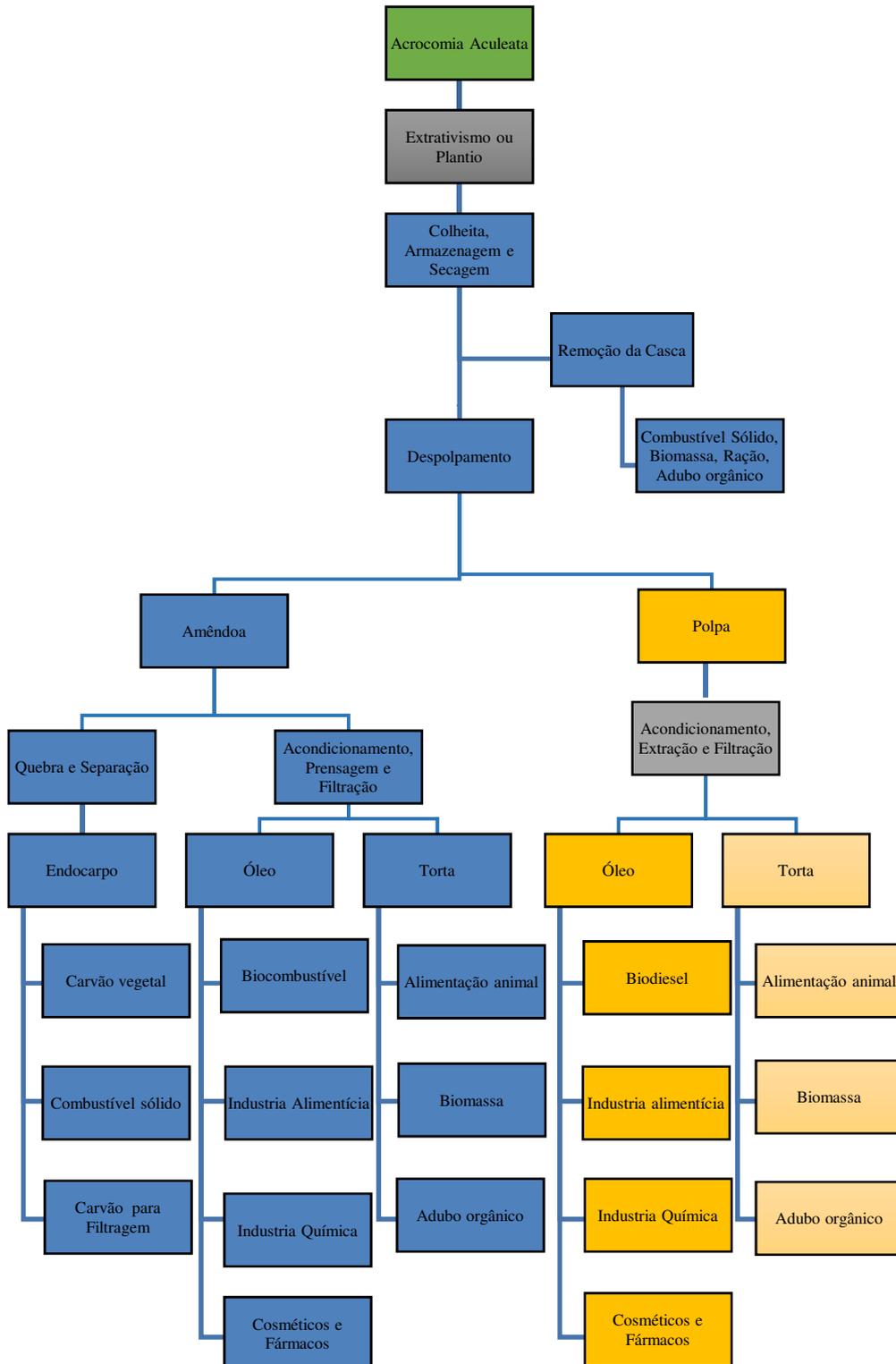
A bocaiuva apresenta diversos fatores que indicam seu potencial comercial como matéria-prima para a indústria (Figura 4). Estudos apontam possibilidades de obtenção de compostos promissores para as indústrias farmacêuticas (COIMBRA; JORGE, 2012), cosmética (BORTOLOTTI et al., 2015; COIMBRA; JORGE, 2012), de biocombustível (NUNES et al., 2015; SILVA; ANDRADE, 2014) e alimentícia (ABREU et al., 2012; CÉSAR et al., 2015; RAMOS et al., 2008; VASCO-CORREA; ZAPATA, 2017).

Produtos com os componentes dos frutos são comercializados pela indústria de cosmético, tais como óleos, cremes, sabonetes, loções e xampus. O uso da polpa de bocaiuva é fonte de alimento em bolos, sorvetes, biscoitos, bebidas e barra de cereais (ARISTONE; LEME, 2006; MUNHOZ et al., 2014a; OLIVEIRA; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2011). O óleo da amêndoa possui propriedades similares às do óleo de coco (*Cocos nucifera*) e o da polpa se assemelha ao do azeite de oliva (AOQUI; FAVARO; MORENO, 2012).

O óleo da polpa tem, em sua composição, ácidos graxos favoráveis à utilização como matéria-prima para a produção do biodiesel (NASCIMENTO et al., 2016), resinas (NAVARRO-DÍAZ et al., 2014), lubrificantes (MACHADO et al., 2015); e o

endocarpo pode ser transformado em carvão (EVARISTO et al., 2016a).

Figura 4 - Perspectiva de uso da palmeira *Acrocomia sp.*



Fonte: Do autor.

2.3 Peculiaridades para a produção da polpa bocaiuva

Nos últimos anos, há uma nova tendência de mercado para o consumo de produtos que promovam o bem-estar e a saúde dos indivíduos. Desse modo, além de cumprir seu papel como alimento, como cosméticos ou como fármaco, espera-se a identificação de propriedades adicionais que aumentem o interesse no consumo de tais produtos. Essa perspectiva demanda mudanças de paradigma na produção de matéria-prima, com vistas, por exemplo, a preservar, na polpa extraída, os atrativos presentes nos frutos e uso-los no desenvolvimento de novos produtos (ALMEIDA et al., 2011; DEMBITSKY et al., 2011; MAGOSSO et al., 2016; RONCHI, 2017; VALÉRIO et al., 2014).

A introdução de novas plantas cultiváveis para suprir demandas nesse mercado enfrenta diversos desafios, que vão desde a domesticação e identificação de bancos genéticos para a produção de mudas mais produtivas, até o desenvolvimento de novos processos e portfólio de produtos viáveis comercialmente (BITTAR, 2011).

Geralmente, a polpa é o produto de interesse, por ser resultante da trituração das partes comestíveis dos frutos; sua obtenção em geral passa por fases como a recepção dos frutos, seleção, sanitização, descascamento, desidratação, despulpamento e embalagem. O despulpamento é uma operação que pode ser manual ou auxiliada por máquinas, sendo esta responsável pela separação das partes comestíveis dos frutos (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

A preservação das características físicas e químicas na polpa dos frutos de bocaiuva após o despulpamento, torna-se mais relevante quando empregada em produtos mais nobres (alimentícios, cosméticos e fármacos). Uma forma de preservar a polpa é a transformação em farinha, obtida através do processo de moagem, geralmente precedido de secagem. Um processo empregado na desidratação de frutos é a técnica por corrente de ar quente, por ser simples e econômica. No entanto, o uso de desidratadores interferem nas propriedades físicas e químicas da polpa (ORMENESE, 2010; SANTOS, 2014).

A água, apesar de ser um componente inerente aos alimentos é responsável por criar ambiente propício ao desenvolvimento e ao crescimento microbiano. A desidratação é uma forma de conservação, pela eliminação da água, que possibilita a diminuição das cargas microbianas, da inativação de enzimas e de manutenção da qualidade sensorial do produto. Além de promover a diminuição do peso e volume,

fatos que incidem na redução de custos no transporte, embalagem e armazenamento (EVRENDILEK et al., 2012; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

A extração da polpa para a produção de farinhas e farelos devem atender às legislações vigentes, principalmente às da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que discorre sobre produtos obtidos de partes comestíveis de frutos por processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (BRASIL, 2005).

Entre os parâmetros que corroboram com o controle da qualidade da polpa de bocaiuva processada mecanicamente, podemos mencionar: a umidade, a atividade de água (A_w), o pH, a acidez (GALVANI et al., 2016; QUEIROZ et al., 2014). Os carotenoides também devem ser avaliados durante o processamento devido à fácil degradação pelo processamento (CICONINI et al., 2013; NEGRI; BERNI; CANNIATTI, 2016; RAMOS et al., 2008).

Outro fator importante a ser ponderado, consiste no ponto de maturação dos frutos, visto que, após atingirem o estágio de senescência, se desprendem do cacho e caem ao solo. Com o passar do tempo, a qualidade da polpa dos frutos diminui e inicia-se um processo rápido de deterioração (COSTA et al., 2017). Há também fatores que contribuem para acelerar a degradação: a umidade, a disposição ao sol, os ataques de microrganismos e a degradação enzimática (EVARISTO et al., 2016b). Essas condições corroboram com a necessidade de processamento rápido e eficiente de extração para obtenção da polpa de bocaiuva com qualidade.

Segundo Evaristo et al. (2016), o maior desafio em processar os frutos de bocaiuva é a necessidade de estabelecer protocolos para a pré e pós-colheita. A falta de informações sobre o estágio de colheita de frutos, o tempo máximo de armazenamento antes do processamento, são fatores que comprometem a qualidade da polpa.

Desse modo, um dos fatores limitantes para utilização dos frutos de bocaiuva é o beneficiamento da polpa com qualidade, o que desperta a necessidade de buscar tecnologias que possam aperfeiçoar as fases do processo de produção da polpa (GALVANI; FERNANDES, 2010). O conhecimento e desenvolvimento de técnicas de colheita, pós-colheita, dimensionamento e operação de equipamentos são imprescindíveis ao planejamento da produção em escala para se atenderem mercados maiores (CUNHA et al., 2016). São ainda indispensáveis, a adequação de métodos e padrões de qualidade dos produtos processados (GOULART, 2014; GRANDE; CREN, 2016; VALÉRIO et al., 2014).

Para obter polpa de qualidade, se faz necessário que os frutos, depois de colhidos, sejam escoados rapidamente para o beneficiamento. No entanto, são diversas as barreiras enfrentadas pelas comunidades rurais para este intento, como a logística de comercialização dos frutos, devido as distâncias geográficas e às dificuldades de locomoção entre às propriedades rurais produtoras e as beneficiadoras dos frutos. Outro agravante ocorre devido à coleta coincidir com o período chuvoso, aumentando a degradação dos frutos e dificultando ainda mais a possibilidade de escoamento, em virtude da infraestrutura viária.

Além das dificuldades observadas, Galvani e Fernandes (2010), relataram a necessidade de desenvolvimento de máquinas com maior desempenho para processar bociuva. Para Jerônimo et al. (2013), apontam que tanto os investimentos em desenvolvimento, como a aquisição de equipamentos devem ser compatibilizados com as necessidades e condições financeiras das comunidades envolvidas.

O direcionamento de pesquisas especificamente para o desenvolvimento de soluções práticas para a mecanização do extrativismo ou para a agricultura familiar é, entretanto, incipientes (KLOSTER; CUNHA, 2014). Nesse contexto, o desenvolvimento de equipamentos de pequeno porte como forma de auxiliar a cadeia da bociuva, torna-se estratégico para a expansão da produção de polpa com qualidade, o que é fundamental para o crescimento das comunidades em regiões que possuem plantas de bociuva.

2.4 Desenvolvimento de produto

As abordagens do processo de desenvolvimento de produto (PDP), têm o objetivo de gerar informações e conhecimento para a evolução da implementação de produtos no mercado. Inicialmente o PDP era separado em fases sequenciais, seguindo uma ordem pré-determinada, baseada na departamentalização (SCHMITZ, 2013). Nesse processo, cada área era responsável pela entrega de parte do produto, caracterizado por haver pouca interação entre as áreas envolvidas. Uma evolução do PDP foi chamada de metodologias de projeto em que se iniciou-se a aplicação de normas e controles com abordagem de métodos de qualidade (PALADINI, 2008). Posteriormente, surge a engenharia simultânea como solução para agilizar os processos, implementando como principal diferencial a execução simultânea de processos, caracterizada por algumas atividades terem início antes do término de outras (PRASAD, 1996).

Uma mudança importante de paradigma surgiu com o modelo de desenvolvimento integrado de produto, proposto por Rozenfeld et al., (2006), dividindo-o em fases de pré desenvolvimento, desenvolvimento e pós desenvolvimento. Outro modelo difundido foi proposto por Back et al., (2013) denominado projeto integrado de produto, que consiste em realizar todas as tarefas de desenvolvimento simultaneamente.

A complexidade do desenvolvimento de produto tem sido um grande obstáculo para a maioria dos métodos, sendo alicerçadas em três dimensões: produto, processo e a organização. As abordagens remetem ao desenvolvimento de produto em fases, porém não há consenso ao respeito de uma definição única (MACHADO; TOLEDO, 2008). De forma geral, as etapas do projeto podem ser definidas como: conceitual, preliminar, detalhado, avaliação e testes, culminando com o lançamento e acompanhamento do produto.

Dessa forma, devido às particularidades de cada projeto, são realizadas e desenvolvidas adaptações a partir dos modelos de referência. O modelo proposto por Romano (2013), apresenta uma sequência para o processo e o desenvolvimento de máquinas agrícolas e é utilizado como referência neste estudo, por focar no desenvolvimento de equipamentos peculiares às atividades laborais do meio rural. Esse modelo divide-se em planejamento e projeção, que por sua vez, subdivide-se em fases do projeto: informacional, conceitual, preliminar, detalhado e implementação.

Estas fases utilizam ferramentas para auxiliar no encadeamento do desenvolvimento. Para o desdobramento das necessidades do produto são aplicadas duas ferramentas: o diagrama de Mudge que compara os requisitos preliminares, dois a dois, com o objetivo de ordená-los por relevância; e o desdobramento da função qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*), que classifica as necessidades do produto, aplicando-se técnicas de correlação nos requisitos preliminares em relação aos requisitos de engenharia do projeto. A estrutura funcional caracteriza-se por serem formas abstratas de formulação do problema, que se baseiam em fluxos de materiais, energia e componentes, desdobradas em funções globais, parciais e elementares. A matriz morfológica consiste em pesquisa sistemática de diferentes combinações de componentes, com o objetivo de encontrar uma solução para o novo produto em desenvolvimento (ROMANO, 2013)

Para Almeida et al. (2015), o desenvolvimento tem levado a um aumento significativo de construções de bancadas para testes e acompanhamento de diversos parâmetros em situações autênticas de processo. Os monitoramentos de desempenho nas

aplicações reais auxiliam na validação dos protótipos. Portanto, o desenvolvimento de produtos e a construção de protótipo para simular condições reais de operação, são recursos importantes a serem utilizados para solucionar a carência de equipamentos no meio rural.

O método denominado TRL (*Technology Readiness Levels*), níveis de tecnologias disponíveis, é utilizado para avaliar de forma eficaz as diferentes etapas de desenvolvimento de produto. Consiste em nove níveis de maturidade, que auxiliam desde a criação da ideia até o acompanhamento da aplicação do produto (MANKINS, 2009). Esse método pode ser empregado para a construção, o aprimoramento e a validação de bancada de testes, podendo contribuir também para o desenvolvimento do processo de despolpamento dos frutos de bocaiuva.

3 CONCEPÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA DESPOLPAR FRUTOS DE *Acrocomia sp.*

Resumo

A mecanização das rotinas laborais nas comunidades rurais torna-se vital para a produção e a valorização, em escala, de produtos oriundos de frutos nativos. Para o desenvolvimento de processos torna-se essencial identificar as necessidades das comunidades e conceber equipamentos para aumentar a produtividade. O objetivo é identificar as características necessárias em um equipamento para despolar frutos de bocaiuva, apresentando as fases de desenvolvimento do protótipo. Os estudos foram realizados a partir de uma pesquisa-ação em campo e em laboratório, pautada no modelo de referência de desenvolvimento de máquinas agrícolas. As fases do modelo foram utilizadas no encadeamento das especificações do protótipo, dirimindo as incertezas durante o projeto. A descrição em cada fase impactou positivamente na configuração do *design* do produto e viabilizou a construção do equipamento.

Palavras chave: Desenvolvimento produto. Equipamento rural. Bocaiuva. Macaúba. Despoldador. Frutos nativos.

3.1 Introdução

Encontrar meios para tornar as comunidades e pequenas propriedades rurais brasileiras economicamente viáveis, constitui um enorme desafio para a engenharia (ALBIERO; MACIEL; GAMERO, 2011). Promover ações para transformar produtos locais em riquezas pode solucionar problemas sociais e ambientais (PICHLER; MELLO, 2012). Um caminho viável para essas comunidades reside na redução de mão de obra e esforços das rotinas laborais por meio da mecanização (POCHMANN, 2016). Segundo Albiero et al. (2012), há pouca apropriação dos equipamentos desenvolvidos para as comunidades rurais brasileiras, por esbarrarem em questões culturais, sociais, financeiros e educacionais.

Essas comunidades possuem peculiaridades que podem comprometer a aceitação de novos processos, por possuírem aversão ao uso de tecnologias sofisticadas e de sistemas complexos, devido à qualificação (MENDES; URBINA, 2015). Para auxiliar nessa mudança, Forbes e Schaefer (2017) sugeriram incluir resultados sociais

nos métodos tradicionais de desenvolvimento, tais como, diferenças culturais, de idades, profissionais e estilos de vida das comunidades. Nesse contexto, Gmelin e Seuring (2014) apontaram a necessidade de maior consonância com as comunidades na organização de projetos de desenvolvimento de novos produtos, fato que continua sendo desafiador para as empresas e para a academia.

Pesquisas direcionadas especificamente ao desenvolvimento de soluções práticas para a mecanização do extrativismo ou para a agricultura familiar são incipientes (KLOSTER; CUNHA, 2014). Por outro lado, a produção artesanal tende a incorporar métodos mecanizados com vistas a para auxiliar nas rotinas e melhorar as condições de trabalho. A aquisição de equipamentos favorece a consolidação da atividade rural localmente e contribui para a diminuição de problemas sociais e de êxodo rural (ARRUDA et al., 2015).

Desse modo, há necessidade de desenvolvimento de novos processos para as comunidades envolvidas na extração de produtos oriundos de frutos nativos. As mudanças na produção, de um lado, são de interesse das comunidades, devido ao aumento de renda; e de outro, interessam à indústria, devido aos potenciais biotecnológicos dos frutos nativos, que possuem constituintes fenólicos, nutricionais e terapêuticos (SILVA; FONSECA, 2016).

Uma espécie nativa com potencial inexplorado é a palmeira bocaiuva ou macaúba (*Acrocomia sp.*), que apresenta ampla ocorrência no território brasileiro. Os atrativos socioeconômicos da bocaiuva devem-se às características da polpa e da amêndoa dos frutos, de interesse como matéria prima nas indústrias de alimentos, de cosméticos, de produtos farmacêuticos e de biodiesel. Estudos demonstram grande produtividade, inclusive em áreas com condições climáticas limitadas, sendo alternativa ao plantio de palma (*Elaeis guineenses*) fora das regiões tropicais (CARDOSO et al., 2017; PLATH et al., 2016).

Esses potenciais esbarram em dificuldades como a sazonalidade dos frutos, que geralmente apresentam amadurecimento, colheita e processamento em períodos relativamente curtos. A falta de processos mecanizados nessas comunidades, faz com que de utilizem mutirões para a coleta e processamento manual dos frutos, o que apresentam dificuldades no aumento da produtividade.

Os insumos para a coleta de frutos da bocaiuva ainda não estão bem definidos e podem variar de acordo com os costumes locais. Informações coletadas junto aos extrativistas, no estado de Minas Gerais, apontam para o uso da bocaiuva na obtenção

de óleo de polpa e da amêndoa, para produção de biodiesel, e para a higiene a limpeza como cosmético. Já no estado de Mato Grosso do Sul, a bocaiuva é processada basicamente para a obtenção do mesocarpo para produção de farinha utilizada em produtos alimentícios, como os comercializados pela Agro HB - Fazenda Campanário.

O desenvolvimento de equipamentos para os pequenos agricultores, produz poucos resultados relevantes (COSTA, 2017); trata-se, portanto, de esforço exploratório para verificar a adaptação de equipamentos existentes em novos processos, com carência de critérios relacionados à manufatura e à montagem (MACHADO; MAZIERO, 2014). Segundo Romano (2013), o desenvolvimento de equipamentos para o agronegócio está baseado nos pré-existentes, carentes de testes de bancada, fase considerada imprescindível para a avaliação experimental e aceitação da construção, possibilitando testes e modificações, antes de o projeto ser liberado para as condições normais de funcionamento em campo.

Assim, observa-se a necessidade de inovação nos processos de produção, mecanizando o despulpamento, de modo que o equipamento possa ser integrado à realidade das comunidades rurais, buscando preservar as características naturais dos frutos na polpa de bocaiuva e produzir em escala e com qualidade requerida pela indústria. Além disso, busca-se desenvolver um equipamento que possa ser construído pela própria comunidade.

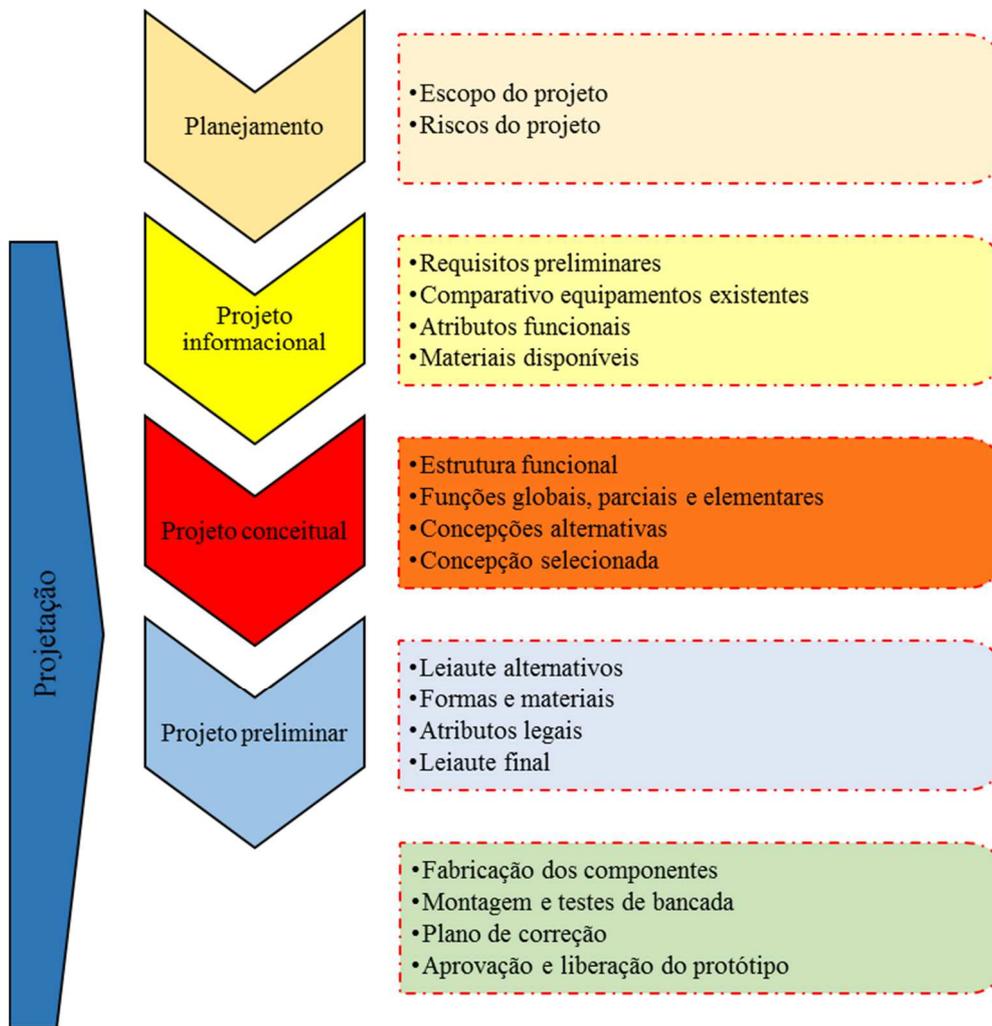
Nesse sentido, este trabalho procura desvincular a carência de tecnologias, proporcionando equipamento específico para motivar o extrativismo nas pequenas propriedades rurais como forma de preservação das palmeiras, assim como para ajudar a produzir renda para as comunidades envolvidas. O objetivo deste trabalho foi identificar as características necessárias em um equipamento para despulpar frutos de bocaiuva, apresentando as fases de desenvolvimento do protótipo.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Material e métodos

Para a concepção do equipamento foram utilizadas as atividades de planejamento e projeção para desenvolvimento de máquinas agrícolas propostas por Romano (2013). A projeção do protótipo foi dividida em quatro etapas: informacional, conceitual, preliminar e detalhado (Figura 5).

Figura 5 - Etapas do desenvolvimento do produto (Baseado em Romano (2013)).



Fonte: Do autor.

A abordagem neste trabalho foi de natureza qualitativa no que se refere às descrições dos processos e das ferramentas de desenvolvimento utilizadas; e quantitativa no que se relaciona ao dimensionamento e à construção física do produto. A pesquisa pode também ser classificada como pesquisa aplicada, por solucionar um problema em específico, concreto e real (GIL, 1999). De fato, o que se buscou foi operacionalizar a mecanização do despolpamento de frutos nativos.

3.2.2 Planejamento do protótipo

Na fase de planejamento verificou-se a necessidade de um equipamento para a extração da polpa do fruto de bocaiuva. Foram levantadas as funções básicas necessárias ao projeto, realizados testes preliminares de despolpamento identificando as dificuldades e as condições de trabalho conforme preconiza Romano (2013).

Tabela 1 - Definições, especificações e requisitos preliminares identificados para o desenvolvimento do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.

Definições/Especificações	Requisitos preliminares do protótipo
Design de fácil construção	A) Descrição geral de construção
Possibilidade de construção localmente	
Materiais comerciais	
Componentes de reposição com custo baixo	
Uso de peças com padrão existente no mercado	
Robustez do equipamento	B) Qualidade
Baixo custo de aquisição	
Perfeito alinhamento entre os componentes	
Sem arestas cortantes e rebarbas	
Polpa extraída homogênea	
Requisitos para produção de alimentos	C) Confiabilidade / durabilidade
Manter o desempenho de trabalho	
Durabilidade com uso rotineiro	
Baixo índice de falhas operacional	
Materiais resistentes	
Soldas robustas e com bom acabamento	D) Facilidade de operação
Sem arestas cortantes e rebarbas de solda	
Baixo ruído no funcionamento	
Instruções de uso / fácil entendimento	
Manual técnico de utilização	
Facilidade na operação	E) Facilidade de manutenção
Reduzido esforço físico durante a operação	
Operação por um funcionário	
Tarefas leves	
Portátil	
Flexibilidade de troca de peças	F) Segurança
Facilidade para fixar os componentes	
Facilidade para soltar os acessórios para a manutenção	
Fácil desmontagem	
Acesso fácil para substituição de componentes	
Manual para realizar manutenção	G) Baixo peso do equipamento
Materiais resistência aplicados na estrutura do produto	
Resistência aos impactos dos frutos	
Carenagem de proteção externa	
Botões de desligamento ao abrir compartimento	
Botão de emergência	H) Produtividade
Sistema de auxílio ao transporte	
Fácil desmontagem para transporte	
Tamanho reduzido para facilitar transporte	
Portátil e leve para transporte	
Não necessitar de construções para instalação	I) Energia.
Locomoção manual	
50 kg de frutos por dia	
Tempo de processo reduzido	J) Limpeza e higiene.
Baixo consumo de energia	
Instalação em redes elétricas existente	
Fácil limpeza	
Rapidez na higienização	
Desmontagem e acessibilidade para limpeza dos componentes	

Fonte: Do autor.

Posteriormente, foram realizados apontamentos e questionamentos acerca dos

métodos e tarefas de extração utilizados, efetuando visitas às comunidades que exploram a bocaiuva ou para consumo ou para aumento de renda.

Com base nos tópicos levantados e nas livres discussões (*Brainstorming*), foi possível listar um conjunto de elementos e estruturar a matriz de ponderação. As observações mostraram as necessidades no desenvolvimento do protótipo, e as dificuldades devido à mecanização de processos e ao mercado pouco explorado. As definições e especificações preliminares foram agrupadas e traduzidas em requisitos (Tabela 1).

Os dez requisitos preliminares levantados para o desenvolvimento do protótipo foram os seguintes:

- A. Descrição da construção;
- B. Qualidade do produto produzido;
- C. Confiabilidade / durabilidade;
- D. Facilidade de operação;
- E. Facilidade de manutenção;
- F. Segurança;
- G. Baixo peso do equipamento;
- H. Produtividade;
- I. Energia.
- J. Limpeza e higiene.

3.2.3 Projeto Informacional

Nesta etapa foram classificados os requisitos preliminares, com auxílio da matriz Mudge. Desse modo foi possível elencar e priorizar os requisitos do projeto aplicando-se técnicas de correlação nos requisitos preliminares em relação aos de projeto, com auxílio da ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*). A partir dessa análise, estabeleceu-se o grau de importância de cada requisito para a concepção do designer do projeto (ROMANO, 2013).

3.2.3.1 Classificação dos requisitos do projeto

Os requisitos preliminares do protótipo foram priorizados e ordenados com auxílio do diagrama de Mudge (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos requisitos do protótipo com auxílio do diagrama de Mudge.

Requisitos para o protótipo	Descrição geral de construção	Qualidade	Confiabilidade / durabilidade	Facilidade de operação	Facilidade de manutenção	Segurança	Baixo peso do equipamento	Produtividade	Energia.	Limpeza e higiene	Pontos	Porcentagem relativa (%)	Classificação
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
Descrição construção	A	A1	A3	D3	D3	A3	A1	H1	A1	J1	9	12,7	3
Qualidade do produto		B	C1	D1	B3	F1	B3	B1	B3	B1	11	15,5	4
Confiabilidade / durabilidade			C	C3	C3	C1	C1	C1	C1	C1	12	16,9	4
Facilidade de operação				D	D1	F1	D3	D3	D3	D1	15	21,1	5
Facilidade de manutenção					E	F1	E1	H1	E3	J3	4	5,6	3
Segurança						F	F1	F1	F1	F1	7	9,9	3
Baixo peso do equipamento							G	H1	G3	G1	4	5,6	3
Produtividade								H	H1	J1	3	4,2	1
Energia.									I	J1	0	0,0	1
Limpeza e higiene										J	6	8,5	3
Classificação: 0<5=1; 5<10=2; 10<15=3; 15<20=4; 20<25=5													

Fonte: Do autor.

A aplicação do Diagrama de Mudge resultou na ordem de pontuação (Tabela 3).

Tabela 3 - Requisitos de engenharia para o projeto de desenvolvimento do protótipo para despolar frutos de bocaiuva.

Classificação	Requisitos do projeto	Pontuação	Porcentagem
1	Facilidade de operação	15	21,1
2	Confiabilidade / durabilidade	12	16,9
3	Qualidade do produto produzido	11	15,5
4	Descrição Construção	9	12,7
5	Segurança	7	9,9
6	Limpeza e higiene	6	8,5
7	Facilidade de manutenção	4	5,6
8	Baixo peso do equipamento	4	5,6
9	Produtividade	3	4,2
10	Energia.	0	0,0

Fonte: Do autor.

A sistematização entre os requisitos preliminares e os requisitos do projeto, com auxílio da planilha de desdobramento da função qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*) possibilitou elencar os requisitos por ordem de importância para o desenvolvimento do protótipo destinado a despolar frutos de bocaiuva. (Figura 6).

Figura 6 - Sistematização dos requisitos do projeto (QFD).

Número linhas	Importância relativa	Importância peso	Requisitos		Fácil operação do protótipo	Controle da rotação e tempo no processamento	Materiais resistentes as solicitações de trabalho	Componentes em aço inoxidável (ANV/SA)	Formatos arredondados	Design de fácil construção	Utilização de componentes comerciais	Fácil transporte e instalação	Instalação de dispositivos de segurança	Desmontagem rápida para limpeza	Manutenção e substituição de componentes	Minimizar peso, formato e tamanho dos componentes	Volume do cilindro interno	Eficiência de despolarimento	Sistema de acionamento	
			Requisitos preliminares	Requisitos do projeto																
1	19,2	5	Facilidade de operação		⊖	○	▲	▲	○	○										▲
2	15,4	4	Confiabilidade / durabilidade		⊖	○	⊖	⊖	○	○	○			⊖	○	○	▲			▲
3	15,4	4	Qualidade do produto		○	▲		○	○					▲					⊖	
4	11,5	3	Descrição Construção		⊖	○	⊖	⊖	○	⊖	○	○	○	○	⊖	▲	⊖	○	▲	
5	7,7	2	Segurança		○	▲	▲		○	▲		▲	⊖	▲				▲	▲	
6	7,7	2	Limpeza e higiene			○		○	○	▲				○		▲				
7	7,7	2	Facilidade de manutenção							▲	○	▲		○	⊖					
8	7,7	2	Baixo peso do equipamento							○	▲	⊖		○	▲				▲	
9	3,8	1	Produtividade		▲		○		▲		▲			▲			⊖		▲	
10	3,8	1	Energia.		○	○						▲				▲	▲			
			Peso ou importância		500,0	173,1	280,8	330,8	234,6	253,8	115,4	123,1	300,0	350,0	284,6	103,8	169,2	180,2	65,4	
			Importância relativa		14,4	5,0	8,1	9,5	6,8	7,3	3,3	3,6	8,7	10,1	8,2	3,0	4,9	5,2	1,9	
			Ordem de atuação		1	10	6	3	8	7	13	12	4	2	5	14	11	9	15	
					⊖	Relacionamento forte			○	Relaciona/o moderado			▲	Relacionamento fraco						

Fonte: Do autor.

A ordenação das especificações do projeto, de acordo com a sua importância elencadas pela matriz QFD, foi classificada em três grupos (Tabela 4).

Os três primeiros requisitos (A) estão relacionados com a fácil operação do protótipo, com a desmontagem rápida para limpeza, com os componentes em aço inoxidável e ressalta a importância do desenvolvimento com foco na operacionalidade, requerida nos equipamentos para produção de alimentos destinados à agricultura familiar.

A parte intermediária (B) dos requisitos demonstra os aspectos de funcionamento, que deverão ser atendidos em busca de desempenho, praticidade, otimização da construção e facilidade de manutenção. Os requisitos finais (C) indicam a proporção de tamanho, que reflete diretamente nos custos de instalação, manutenção e

transporte, imprescindível à produção das pequenas propriedades.

Tabela 4 - Ordem de relevância dos requisitos de engenharia para o projeto do protótipo para despolpar frutos de bociuiva.

Ordem	Grupo	Requisitos do projeto	Pontuação QFD	Importância relativa (%)
1		Fácil operação do protótipo	500,0	14,4
2	A	Desmontagem rápida para limpeza	350,0	10,1
3		Componentes em aço inoxidável (ANVISA)	330,8	9,5
4		Instalação de dispositivos de segurança	300,0	8,7
5		Manutenção e substituição de componentes	284,6	8,2
6		Materiais resistentes às solicitações de trabalho	280,8	8,1
7	B	Design de fácil construção	253,8	7,3
8		Formatos arredondados	234,6	6,8
9		Eficiência de despolpamento	180,8	5,2
10		Controle da rotação e tempo no processamento	173,1	5,0
11		Volume do cilindro interno	169,2	4,9
12		Fácil transporte e instalação	123,1	3,6
13	C	Utilização de componentes comerciais	115,4	3,3
14		Minimizar peso, formato e tamanho dos componentes	103,8	3,0
15		Sistema de acionamento	65,4	1,9

Fonte: Do autor.

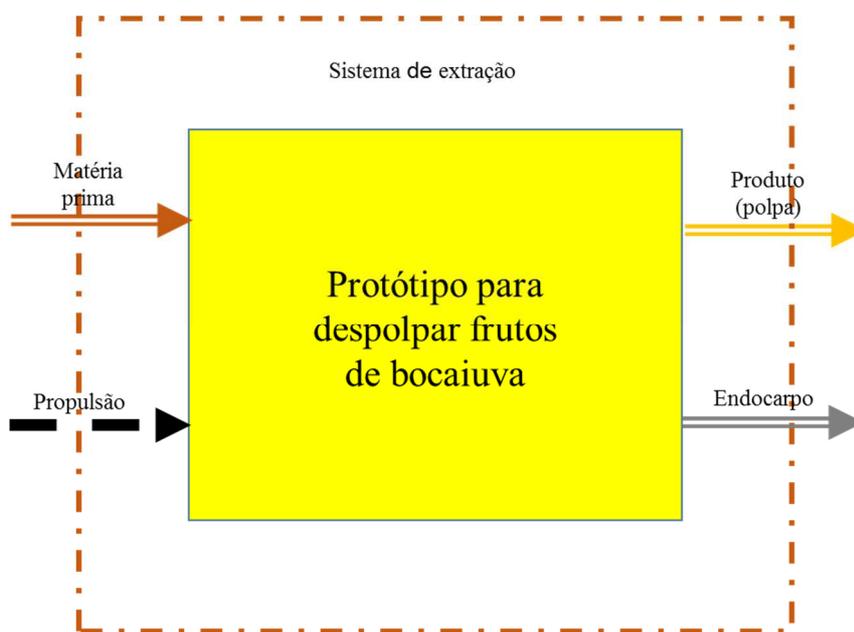
3.2.4 Projeto Conceitual

Na segunda etapa desenvolveu-se o conceito e a solução para a incorporação ao produto. Nessa fase foram estabelecida a estrutura funcional do protótipo, definindo-se as funções globais, divididas em funções parciais e desmembradas em diversas funções elementares (ROMANO, 2013).

3.2.4.1 Determinação da função global do despolpador

A Figura 7 apresenta a função global do protótipo para despolpar frutos de bociuiva, apontando as fronteiras e as interações necessárias ao planejamento da construção. No caso do protótipo em estudo, as funções globais e parciais estão limitadas pela proposta inicial: desenvolver um produto de pequeno porte para as comunidades que utilizam a polpa de bociuiva.

Figura 7 - Estrutura funcional global do sistema para despolpar frutos de bocaiuva.



Fonte: Do autor.

Na Tabela 5 foram detalhadas as entradas e as saídas do sistema do protótipo para despolpar frutos de bocaiuva.

Tabela 5 - Entradas e saídas do sistema despolpador de frutos de bocaiuva.

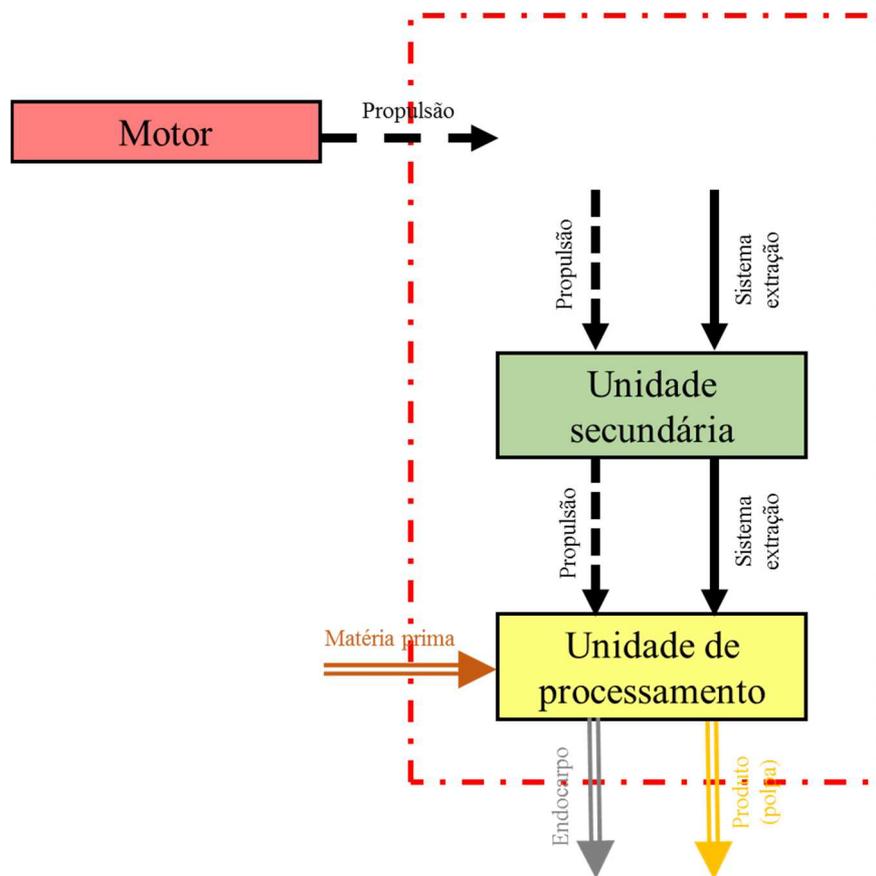
Entrada		Saída	
Matéria prima		Frutos de bocaiuva pré-desidratados	Polpa 
Sistema de propulsão		Sistema de circulação dos frutos	Endocarpo 
			Energias utilizadas no sistema de acionamento 

Fonte: Do autor.

A função global apresenta a problemática do projeto, que serve como referência para a decomposição das funções parciais do protótipo divididas em processamento, secundária, periférica e propulsão (Figura 8).

Os detalhes da função parcial (Tabela 6) mostraram que a unidade de processamento está associada ao sistema de extração da polpa vinculando a entrada dos frutos e a saída da polpa; que a função secundária relaciona-se com o acionamento do sistema; e que a função periférica oferece suporte para a união dos componentes do sistema.

Figura 8 - Funções parciais do despulpador de fruto de bocaiuva.



Fonte: Do autor.

Por fim, o sistema de propulsão movimenta o conjunto, possibilitando a efetivação do processo.

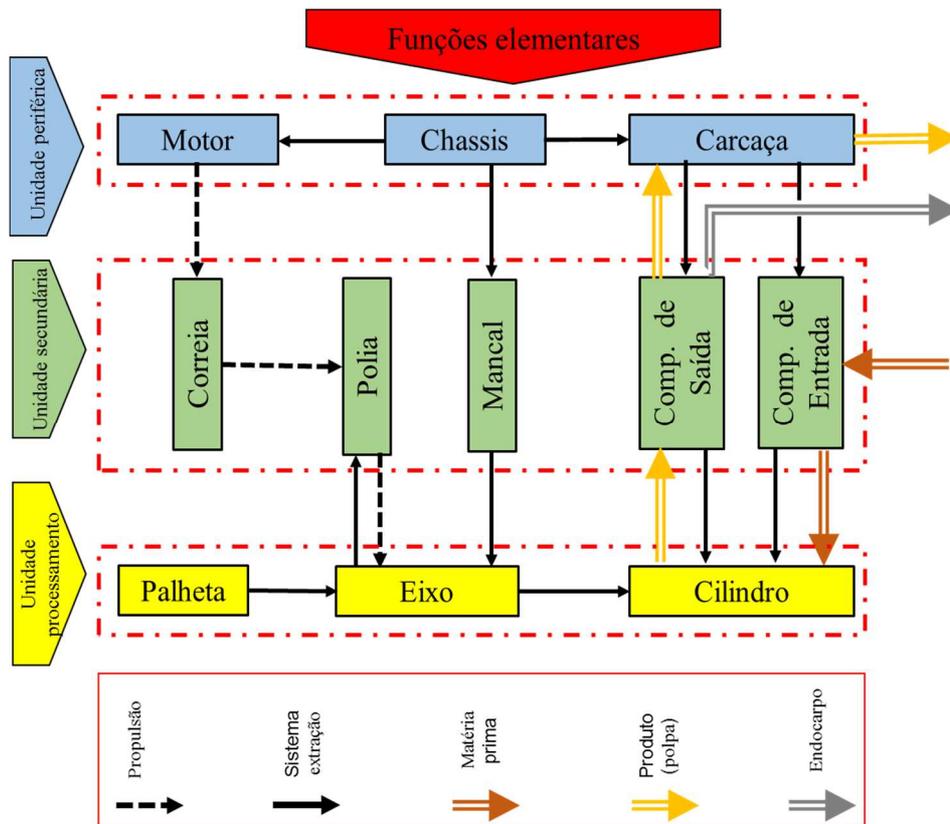
Tabela 6 - Detalhamento das funções parciais do despulpador de frutos de bocaiuva.

Nomenclatura	Detalhamento
Unidade de processamento	Sistema de extração da polpa
Unidade secundária	Sistema responsável pelo acionamento e funcionamento do protótipo
Unidade Periférica	Sistema de suporte e união das partes do protótipo

Fonte: Do autor.

O último nível da função global consiste no desdobramento das funções parciais em funções elementares (Figura 9), considerando-se a entrada dos frutos por gravidade, a simplificação dos mecanismos a ser construídos e a minimização dos gastos de aquisição. A relação entre os elementos do protótipo foi indicada por setas (Figura 9). As setas contínuas indicam o relacionamento direto dos elementos, tais como o acoplamento ou a sequência de operação das funções elementares.

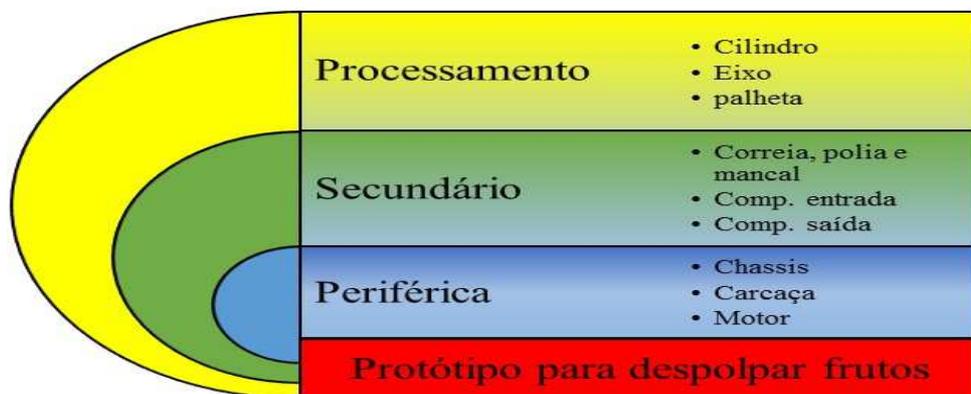
Figura 9 - Funções elementares do despulpador de frutos de bocaiuva.



Fonte: Do autor.

As setas tracejadas indicam os componentes que interagem com a propulsão ou com a movimentação do sistema. As duplas setas apresentam os elementos que estão diretamente conectados com o processo de extração ou com a movimentação dos frutos no sistema. Desse modo, o protótipo para despulpamento de frutos de bocaiuva foi concebido em três partes: periférica, secundária e processamento (Figura 10).

Figura 10 - Esquema dos componentes das unidades para a construção do protótipo.



Fonte: Do autor.

Os detalhes das funções elementares do sistema de despoldar frutos de bocaiuva estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Detalhamento das funções elementares do despoldador de frutos de bocaiuva.

	Item	Nomenclatura	Detalhamento
Unidade de processamento	1	Eixo	Eixo central de transmissão da rotação e movimentação dos frutos
	2	Palhetas	Placas acopladas ao eixo para auxiliar a circulação dos frutos
	3	Cilindro	Recipiente de contenção dos frutos, responsável pelo cisalhamento da polpa
Unidade secundária	4	Correia	Sistema de transmissão de força clássico
	5	Polia	Sistema de regulagem da rotação do eixo
	6	Mancal	Componente de fixação do eixo nos chassis
	7	Compartimento de Entrada	Componente de regulagem e direcionamento dos frutos para o interior do cilindro
	8	Compartimento de Saída	Componente de liberação dos endocarpos
Unidade Periférica	9	Carcaça	Componente que auxilia a fixação dos componentes e condução da polpa
	10	Chassis	Sistema de fixação da carcaça, mancais e motor
	11	Propulsão	Motor responsável por transmitir movimento e acionamento do mecanismo

Fonte: Do autor.

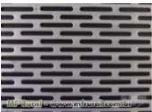
3.2.4.2 Matriz morfológica

Para auxiliar nas decisões, utilizaram-se os critérios de desdobramento da matriz morfológica, considerando os materiais requeridos pela legislação, a facilidade de construção das formas físicas do protótipo e a utilização de interfaces de acoplamentos disponíveis comercialmente. A identificação dos princípios de soluções para cada componente da função elementar (Figura 9) são apresentados na matriz morfológica (Tabela 8)

Na decisão de escolha para cada função elementar foi aplicado o método Pugh (Tabela 9), comparando os conceitos preliminares (A, B e C) apresentados na matriz (Tabela 8) e as especificações da matriz QFD do produto (Figura 6).

A comparação considerou as facilidades de construção e a possibilidade do controle de velocidade pelo sistema de polia, indicou as características e os formatos de cada componente, possibilitando o planejamento da execução do projeto.

Tabela 8 - Detalhamento da matriz morfológica, com soluções para cada função elementar proposta na construção do protótipo.

Item	Matriz funcional	Princípios de solução		
		A	B	C
Unidade de processamento	1 Eixo			
	2 Palhetas			
	3 Cilindro			
Unidade secundária	4 Transmissão			
	5 Polia			
	6 Mancal			
	7 Compartimento de Entrada de			
8 Compartimento de Saída de				
Unidade Periférica	9 Carcaça			
	10 Chassis			
	11 Motor			

Fonte: Imagens ilustrativas.

Observou-se que a solução de concepção do produto mais competitiva foi a

alternativa A (Tabela 9).

Tabela 9 - Matriz Pugh para seleção de alternativas de concepção do produto.

Item	Requisitos de Projeto	Peso	Alternativas de solução		
			A	B	C
1	Fácil operação do protótipo	14,4			
2	Desmontagem rápida para limpeza	10,1			
3	Componentes em aço inoxidável (ANVISA)	9,5			
4	Instalação de dispositivos de segurança	8,7			
5	Manutenção e substituição de componentes	8,2			
6	Materiais resistentes às solicitações de trabalho	8,1			
7	Design de fácil construção	7,3	+1		
8	Formatos arredondados	6,8		+1	
9	Eficiência de despolpamento	5,2			
10	Controle da rotação e tempo no processamento	5,0	+1	-1	0
11	Volume do cilindro interno	4,9			
12	Fácil transporte e instalação	3,6			
13	Utilização de componentes comerciais	3,3			
14	Minimizar peso, formato e tamanho componentes	3,0			
15	Sistema de acionamento	1,9			
Soma negativa				-5,0	
Soma positiva			12,3	6,8	

Fonte: Do autor.

3.2.5 Projeto Preliminar

Uma vez determinadas as funções elementares, iniciou-se a terceira fase (Projeto Preliminar) com investigações detalhadas das estruturas, elencando as possibilidades de construção de cada componente (ROMANO, 2013).

Como o projeto busca fornecer tecnologia para a extração de polpa de frutos nativos, foi considerado como requisito na concepção a possibilidade do equipamento ser construído pela própria comunidade.

Quanto à manufatura, procurou-se relacionar as alternativas de desenvolvimento do protótipo com os componentes disponíveis comercialmente, compatibilizando-se os materiais e as necessidades de processos, com vistas a se evitar especificações estreitas, devido à peculiaridade de diversos parâmetros inerentes aos frutos da bocaiuva.

Seguindo o indicado por Marafon et al. (2015), as decisões foram tomadas a critério da equipe que estava projetando. Desse modo, foram definidos os formatos e as dimensões para o equipamento, enumerando-se quais seriam adquiridos comercialmente e quais seriam confeccionados, estabelecendo-se os processos de fabricação (corte, dobra, furação, torneamento, soldagem e acoplamento por engates rápidos) e propriedades dos materiais. A descrição, especificação e sistema de construção dos componentes são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Descrição preliminar dos componentes de construção do protótipo.

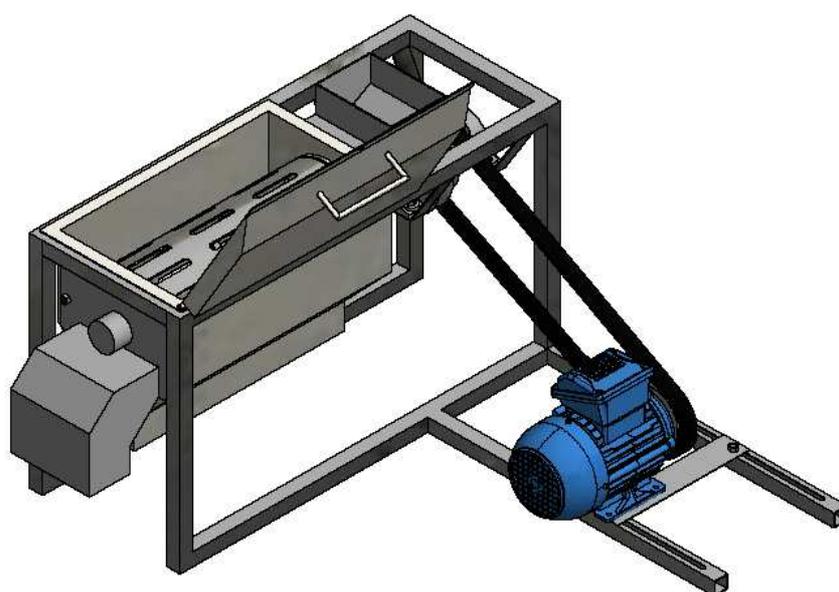
Componentes	Descrição	Especificação	Construção
Eixo	Tarugo em aço inoxidável 304L	Diâmetro 1pol	Torneamento/a coplamento
Cilindro	Chapa em aço inoxidável 304L com orifícios oblongos	Espessura 4mm	Calandragem/ soldagem
Correia	Correia trapezoidal clássica	A41-5114	Comercial
Polia	Polia em alumínio com três canaletas	60-90-105mm	Comercial
Mancal	Conjunto em ferro fundido e rolamento	P-305	Comercial
Compartimento/Entrada			Corte/dobra/ soldagem
Compartimento/Saída	Chapa inoxidável 304L	Espessura 3mm	Corte/dobra/ soldagem/ acoplamento
Carcaça			Corte/dobra/ soldagem/ acoplamento
Palhetas	Chapa inoxidável 304L	Espessura 4mm	Corte/furação/ soldagem/ acoplamento
Chassis	Perfil seção retangular em aço- carbono	20mm	Corte/furação/ soldagem
Motor	Motor elétrico convencional	3cv	Acoplamento

Fonte: Do autor.

Os materiais utilizados foram selecionados de acordo com estudos realizados em equipamentos existentes no mercado e em concordância com a norma Agência Nacional da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2007). Desse modo, optou-se pelo uso de aço inoxidável 304L, devido às características martensítica, temperabilidade e resistência à abrasão. Essa liga possui propriedades essenciais para a construção dos componentes de equipamentos destinados à produção de produtos alimentícios.

Obteve-se, como resultado do projeto preliminar, um despulpador para frutos de bocaiuva, com um sistema de entrada por gravidade dos frutos, acoplado à parte superior da carcaça, que contém em seu interior os componentes (cilindro, eixo e palhetas) responsável pelo processo de extração da polpa e sistema de dupla saída: uma projetada na parte inferior da carcaça para a retirada da polpa e outra compreendendo o compartimento de saída dos endocarpos, possibilitando a separação entre a polpa e os caroços. O esboço do conceito de despulpador é apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Esboço preliminar da concepção do protótipo para despulpar frutos de bocaiuva.



Fonte: Do autor.

3.2.6 Projeto detalhado

Na quarta etapa (Projeto Detalhado), avaliou-se o escopo do projeto e a revisão dos resultados das etapas anteriores, assim como a aprovação do leiaute para se iniciar a construção dos componentes físicos do equipamento.

3.3 Conclusão

Na fase inicial do desenvolvimento foram identificados os requisitos preliminares, necessários à concepção do protótipo, destinado a despulpar frutos de bocaiuva (*Acrocomia sp.*) nas comunidades rurais. Com o auxílio do diagrama de Mudge e da matriz QFD foram classificados os requisitos do projeto. As soluções

funcionais para os componentes do protótipo foram concebidas pelas matrizes: funcional, preliminar e elementar. As funções elementares foram desdobradas e detalhadas pela matriz morfológica e Pugh, que possibilitaram identificar as características pretendidas em cada componente, para na sequência construir o protótipo físico para despolpar frutos de *Acrocomia sp.*

4 CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE BANCADA PARA DESPOLPAMENTO DE FRUTOS DE BOCAIUVA (*Acrocomia aculeata*)¹

Resumo

A polpa dos frutos de bocaiuva apresenta alto potencial para a indústria de alimentos, fármacos, cosméticos e biocombustíveis; porém, o principal gargalo é disponibilizar polpa em grandes quantidades. O fornecimento da polpa geralmente é feito por comunidades rurais que despulpam manualmente, o que torna o processo moroso e a qualidade duvidosa. Diante disso, o objetivo do estudo foi construir e avaliar a eficiência de um equipamento de bancada experimental para despulpar frutos de bocaiuva. A bancada foi projetada visando-se obter um equipamento compacto e de fácil operação; ela foi constituída em três unidades: processamento, secundária e periférica, com funcionamento intermitente e despulpamento realizado por cisalhamento. A validação da bancada foi realizada com frutos previamente desidratados em diferentes tempos (6, 12 e 24 horas) a 70°C. Os frutos foram despulpados avaliando-se o percentual de despulpamento em 10 intervalos de 15 segundos. A maior eficiência (96,6%) foi obtida para frutos pré desidratados por 24 horas e despulpados em 120 segundos. A alta eficiência obtida e o tempo de processo validaram o sistema de bancada. Portanto, conclui-se que o protótipo foi eficaz no despulpamento de frutos de bocaiuva e pode substituir as tarefas manuais pela mecanizada, principalmente em comunidades rurais envolvidas na cadeia produtiva da bocaiuva.

Palavras-Chave: Protótipo. Mecanização agrícola. Despulpamento. Macaúba. *Acrocomia sp.* Construção de equipamento.

¹ Parte deste manuscrito foi submetido e aceito para publicação na revista *Journal of Agricultural Science*. Acesso: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas> .

4.1 Introdução

Os frutos nativos dos diferentes biomas geram renda a muitas famílias, estão associados às riquezas culturais e contribuem para a conservação da biodiversidade. Contudo, são escassos os equipamentos específicos para o beneficiamento dos frutos associados ao extrativismo sustentável de cooperativas de pequenos agricultores. Entre os frutos nativos do bioma cerrado, a bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) é um dos mais abundantes, principalmente no estado de Mato Grosso do Sul (MS), no Brasil. Os frutos possuem formato esférico e são constituídos de epicarpo (20%), mesocarpo (42%), endocarpo (31%) e amêndoa (7%). A polpa comestível, de sabor adocicado, é oleaginosa, fibrosa, mucilaginosa e encontra-se fortemente aderida ao endocarpo rígido e escuro, o que dificulta o despulpamento (FARIAS, 2010)

A polpa de bocaiuva apresenta alto valor nutricional devido a seu conteúdo de lipídios, carboidratos, proteínas, carotenoides e fibras, importantes para a saúde humana (CICONINI et al., 2013; COIMBRA; JORGE, 2012; RAMOS et al., 2008). Estudos científicos mostram o uso dessa polpa e da amêndoa na elaboração de produtos comestíveis, como, por exemplo, barras alimentícias (MUNHOZ et al., 2014b) e biscoitos doces e salgados, considerados fonte de fibra e vitamina A (KOPPER et al., 2009). Os frutos podem ser usados também na preparação de sorvetes, geleias e bolos (ARISTONE; LEME, 2006). Atualmente a bocaiuva é comercializada na forma de farinha produzida por comunidades rurais por meio de procedimentos artesanais.

Acrescente-se que ela possui ainda potencial industrial para fármacos (COIMBRA; JORGE, 2012; OLIVEIRA; CLEMENTE; DA COSTA, 2014), cosméticos (BORTOLOTTI et al., 2015; COIMBRA; JORGE, 2012) e outros. Além disso, a composição de ácidos graxos permite seu emprego na produção de biocombustíveis (CAVALCANTI-OLIVEIRA et al., 2015; MACHADO et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2016; NUNES et al., 2015; SILVA; ANDRADE, 2013). Porém, o grande gargalo é a disponibilidade da polpa em quantidade e qualidade suficiente em função da morosidade do processo de despulpamento manual.

Dessa forma, a produção artesanal de polpa tende a incorporar métodos mecanizados, melhorando as condições de trabalho. Pesquisas direcionadas especificamente ao desenvolvimento de soluções práticas para a mecanização do extrativismo ou para a agricultura familiar, por sua vez, são incipientes (KLOSTER;

CUNHA, 2014). Por outro lado, a aquisição de equipamentos favorece a consolidação da atividade rural localmente e contribui para a diminuição de problemas sociais e de êxodo rural (ARRUDA et al., 2015).

A indisponibilidade de equipamentos compactos no mercado abre perspectivas para o desenvolvimento, visando à praticidade e a padronização dos produtos oriundos do extrativismo. Assim, o emprego de bancadas experimentais em condições reais de operações possibilita projetar protótipos compactos, com a finalidade de se estudarem características específicas da polpa, como também o desempenho dos processos (LEITE, 2012).

O desenvolvimento de projetos de bancadas experimentais são utilizados como forma de avaliação de sistemas de produção que atendam comunidades, tais como: Jarimopas e Ruttanadat (2007), que construiu um protótipo compacto para aparar casca de coco verde (*Cocos nucifera*); Raji e Olofin (2011), que produziu equipamento compacto, de fácil operação para extrair proteína das folhas de abóbora (*Telfairia occidentals*) para alimentação humana em comunidades da África; Owolarafe et al. (2013), que construiu e avaliou um processo para descascar alfarroba (*Parkia biglobosa*); Obayopo et al. (2014), que desenvolveu um dispositivo simples utilizado para fatiar banana (*Musa Paradisiaca L.*); Math et al. (2016), que projetou, construiu e avaliou o desempenho de uma bancada para separar polpa de urucum (*Bixa Orellana L.*).

Para facilitar e viabilizar a construção de sistemas de bancada experimental, como uma primeira etapa do desenvolvimento de um protótipo, pode-se fazer uso do método de gestão de desenvolvimento de tecnologias ou produtos. O método, denominado Nível de Tecnologia Disponível (Technology Readiness Levels - TRL), desenvolvido pela NASA, permite observar o nível de maturidade no desenvolvimento de tecnologias e produtos (MANKINS, 2009).

No primeiro nível (TRL1), observam-se as possibilidades de aplicação do produto. No segundo (TRL2), formula-se o conceito ou a aplicação tecnológica, que culmina com o projeto de invenção. No terceiro nível (TRL3), investigam-se e desenvolvem-se abordagens analíticas e experimentais, produzindo fisicamente um conceito. No quarto nível (TRL4), valida-se a bancada em ambiente de laboratório, o que resulta na montagem do equipamento.

Garcia-Nunez et al. (2016), utilizaram as TRLs na determinação dos níveis de tecnologias disponíveis para a extração de óleo de palma (*Elaeis guineensis*), o que possibilitou a criação e a escolha dos melhores cenários para a instalação de refinarias

na Colômbia.

O emprego de extração mecânica para o despolpamento aumenta a eficiência do processo e favorece a padronização do produto. Nas comunidades de Miranda-MS e Aquidauana-MS, grupos de extrativistas utilizam equipamentos construídos por pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e da Embrapa Pantanal que auxiliam no processamento dos frutos.

A indisponibilidade de equipamentos compactos abre perspectivas para o desenvolvimento de bancadas experimentais, visando à praticidade e a padronização do produto. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi construir e avaliar a eficiência de um equipamento de bancada para despolpar frutos de bocaiuva.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Material

Para a construção da bancada, foram empregadas chapas em aço inoxidável (304L) na parte interna do equipamento, conforme recomendação da Resolução 20, de 22 de Março de 2007, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária para uso em alimentos (BRASIL, 2007). Nas partes externas utilizou-se aço carbono.

Frutos maduros de *Acrocomia aculeata* (Exsicata depositada no Herbário DDMS da Universidade Federal da Grande Dourados/MS, sob o número 4783) foram coletados nos municípios de Dourados (22°19'83"S, 54°82'26"W, 430 m de altitude) e Ponta Porã (22°45'40"S, 55°38'50"W, 572m de altitude), no estado de Mato Grosso do Sul-Brasil, na safra 2014 e 2015. Os frutos foram armazenados a -18°C.

4.2.2 Métodos

Para identificar as necessidades do projeto utilizou-se o método TRL (Nível de Tecnologia Disponível) de gestão e desenvolvimento (MANKINS, 2009). A construção da bancada foi realizada em três unidades: a de processamento, a secundária e a periférica.

O diâmetro do eixo (Figura 12) foi dimensionado utilizando-se o torque e a resistência do aço inoxidável (304L). O torque foi calculado considerando-se as características de um motor elétrico de 3cv e rotação de 1700rpm (Equação 1).

$$M_t = \frac{30 P}{\pi n} \quad \text{Equação - 1}$$

Onde M_t é o torque (Nm), P é a potência do motor (W) e n a rotação (rpm).

A força resultante (F_r) transferida do motor para a polia movida foi calculada pela Equação 2 (MELCONIAN, 2012).

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2|F_1 F_2 \cos \alpha|} \quad \text{Equação - 2}$$

Onde F_1 é a força motriz, F_2 é a força resistiva (N) e α é o arco (graus) de contato entre a polia e a correia.

As forças nas palhetas foram calculadas pela Equação 3 (MELCONIAN, 2012)

$$F_{p1} + F_{p2} = \frac{M_t}{r} \quad \text{Equação - 3}$$

Onde F_{p1} e F_{p2} são as forças aplicadas (N), M_t é o torque máximo (Nm) e r é o braço das palhetas (mm).

Os diagramas de corpo livre, esforço cortante e momento fletor foram simulados utilizando-se o aplicativo FTOOL (MARTHA, 2002). O diâmetro (d) do eixo maciço foi calculado pela Equação 4 (BHANDARI, 2010).

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16}{\pi * S_c} * \sqrt{(K_b * M_b)^2 + (K_t * M_t)^2} * 10^3} \quad \text{Equação - 4}$$

Onde M_b é o máximo momento fletor (Nm), M_t é o momento torsor (Nm), K_b é o fator de fadiga em flexão, K_t fator de fadiga em torção e S_c é a tensão de cisalhamento (N/m²) (BHANDARI, 2010).

A tensão de cisalhamento (S_c) no eixo foi calculada utilizando-se a relação ($S_c \cong 0,6 * S_e$) proposta por (GARCIA; SPIM; SANTOS, 2012), onde S_e é a tensão de escoamento tabelada em 207x10⁶N/m² para o aço inoxidável 304L (ASKELAND; WRIGHT, 2014).

4.2.3 Validação da bancada

Para a realização dos ensaios experimentais, os frutos inteiros foram descongelados à temperatura ambiente, descascados, pesados e desidratados em estufa

por convecção a 70°C em três diferentes intervalos de tempos, 6h (T1), 12h (T2) e 24h (T3). O processo de despulpamento foi em batelada, abastecido com 500g de frutos. A aferição da massa de polpa foi realizada durante o despulpamento em 10 intervalos de tempo de 15s perfazendo um período total de extração de 150s.

A eficiência (EF) de extração da polpa de bocaiuva na bancada experimental foi obtida pela Equação 5.

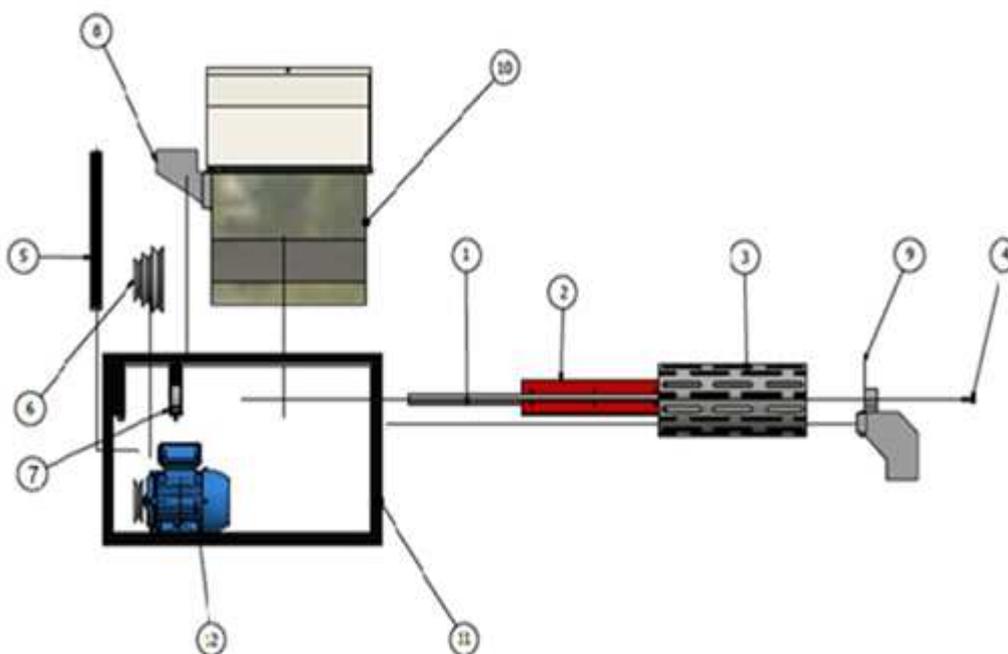
$$EF = \frac{PEB}{(PEB + PNE)} * 100 \quad \text{Equação - 5}$$

Onde *PEB* é o total de polpa extraída mecanicamente na bancada e *PNE* é a polpa não extraída que permaneceu aderida ao endocarpo após despulpamento.

4.3 Desenvolvimento

O esquema da Figura 12 apresenta os doze componentes que compõem o conceito da bancada experimental.

Figura 12 - Projeção da bancada experimental construída para despulpamento de frutos de bocaiuva e detalhes dos componentes projetados. 1. Eixo; 2. Palhetas; 3. Cilindro; 4. Furos oblongos; 5. Correia; 6. Polia; 7. Mancal; 8. Compartimento de entrada; 9. Compartimento de saída; 10. Carcaça; 11. Chassis; 12. Motor.



Fonte: Do autor.

4.3.1 Construção da bancada experimental

Com base no método Nível de Tecnologia Disponível (TRL) de gestão e desenvolvimento, identificaram-se os gargalos do despulpamento manual e as vantagens do despulpamento mecanizado, propondo-se a construção da bancada experimental

Consideraram-se requisitos iniciais para a construção: a facilidade de operação, o baixo consumo de energia, a compactação do equipamento, a eficiência do processo de despulpamento, a qualidade do produto e o baixo custo do sistema (TRL1). A extração da polpa pelo efeito combinado da força centrífuga e do cisalhamento dos frutos com a parede do cilindro despulpador foi o conceito da bancada (TRL2). Os resultados dos níveis TRL1 e TRL2 propiciaram o dimensionamento e a construção das unidades que compõem a bancada (TRL3) e a validação a partir do funcionamento (TRL4). Os diferentes componentes de cada unidade estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Ficha técnica das unidades com descrição dos componentes da bancada experimental para despulpamento de frutos de bocaiuva.

	Item	Componentes	Descrição	Especificações	Medida	Unidade
Unidade de processamento	1	Eixo	Tarugo em aço inoxidável 304L	Diâmetro	25,2	mm
	2	Palhetas	Chapa inoxidável 304L	Espessura	4	mm
	3	Cilindro	Chapa inoxidável 304L com orifícios oblongos	Comprimento	400	mm
				Diâmetro	150	
4	Furos oblongos	Orifícios estampados no cilindro.	Espessura	35	mm ²	
			Área	690		
Unidade secundária	5	Correia	Correia trapezoidal clássica	Quantidade	72	Furos
				Comprimento	90	
				Largura	10	mm
Unidade secundária	6	Polia	Polia em alumínio com três canaletas	A41 – 5114 (DIN 2215 / ISO 4184),	1	peça
	7	Mancal	Conjunto em ferro fundido e rolamento	65 – 90 – 115	1	peça
	8	Compartimento de Entrada	Chapa inoxidável 304L	Tipo P 205 – UCP	25,2	mm
9	Compartimento de Saída		Espessura	3	mm	
Unidade Periférica	10	Carcaça	Chapa Inoxidável 304L	Espessura	2	mm
	11	Chassis	Gaiola externa em aço-carbono, construído em perfis de seção retangular	Comprimento	760	mm
				Largura	280	
				Altura	430	
12	Motor	Marca Kohlbach®	Potência	3	cv	
			Rotação	1700	rpm	
			Trifásico	220	V	

Fonte: Do autor.

O sistema identificado na TRL foi dividido em unidade de processamento, que

está associada ao sistema de extração da polpa; em unidade secundária, que está relacionada ao acionamento do sistema; em unidade periférica, que oferece suporte para a união dos componentes do sistema.

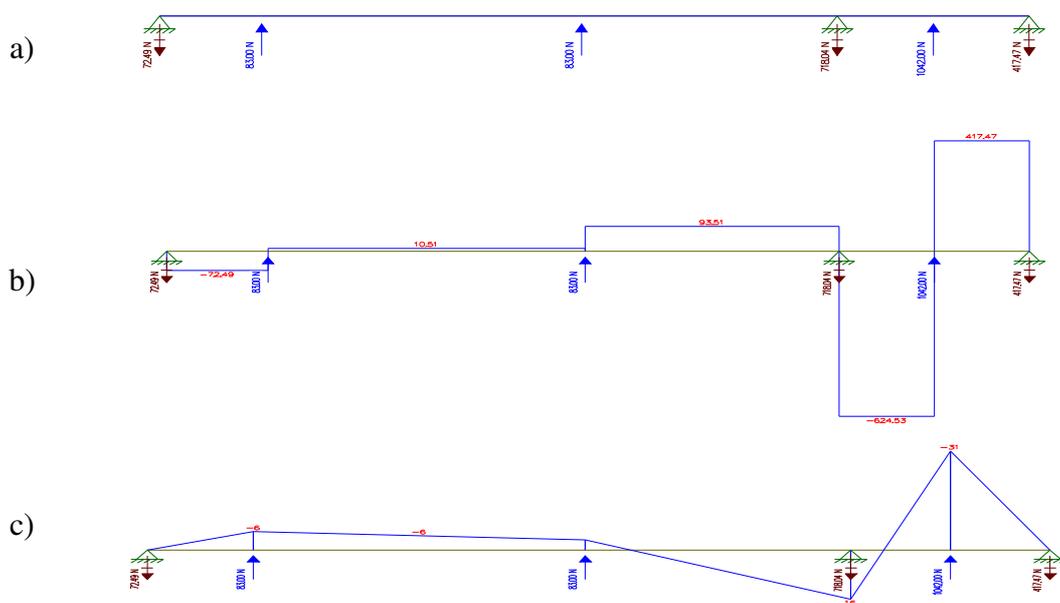
A seguir, o detalhamento do plano de manufatura para a construção dos componentes integrantes do protótipo para despolpar frutos de bocaiuva. As dimensões externas do equipamento construído foram: 850mm de comprimento, 280mm de largura, 500mm de altura com peso total de 25Kg.

4.3.1.1 Unidade de processamento

A construção da unidade de processamento da bancada experimental constituída de eixo, palhetas e cilindro. O diâmetro do eixo foi calculado considerando-se o torque de 12,4Nm (Equação 1) de um motor de 3cv, em que a força resultante aplicada na polia movida foi de 1042N (Equação 2) e a força admitida em cada palheta (F_{p1} e F_{p2}) foi de 83N (Equação 3).

Com base no diagrama de força (Figura 13), foram calculadas as forças de reação dos três mancais, determinando-se o momento fletor máximo de -31Nm (Figura 13c), utilizado para o cálculo do diâmetro mínimo do eixo que foi de 12,5mm (Equação 4).

Figura 13 - Diagramas de forças. a) Diagrama de corpo livre (N). b) Esforço cortante (N). c) Momento fletor (Nm).

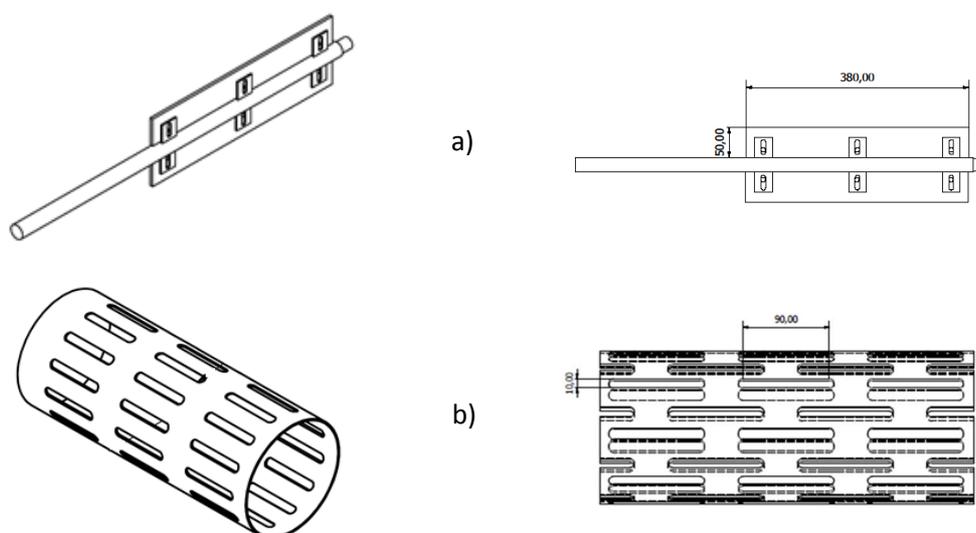


Fonte: Do autor.

Entretanto, considerando-se as características mucilaginosas dos frutos, aplicou-se fator de segurança de 2,17 para eixos maciços (MELCONIAN, 2012), construindo-o em bitola comercial de 25,4mm (Figura 14a).

Duas palhetas reguláveis em formato retangular foram acopladas ao eixo e giram no interior do cilindro. O cilindro foi elaborado em chapa de aço inoxidável (304L), perfurada em modelo oblongo, com largura dos orifícios de 10mm, para facilitar a remoção da polpa e por apresentar tamanho menor do que o diâmetro médio dos endocarpos. Vale lembrar que os cantos arredondados evitam o acúmulo de polpa nos orifícios, além de apresentarem maior superfície de corte, com ação semelhante à do uso de facas (Figura 14b).

Figura 14 - Perspectivas e vistas ortográficas (mm). a) Construção do eixo; b) Cilindro com furos em modelo oblongo.



Fonte: Do autor.

O cilindro foi acoplado no interior da carcaça e fixado por parafusos junto ao compartimento de saída. O eixo e as palhetas giram livre no interior do cilindro, com a finalidade de promover o atrito dos frutos e a remoção da polpa por meio dos orifícios oblongos (Figura 14b).

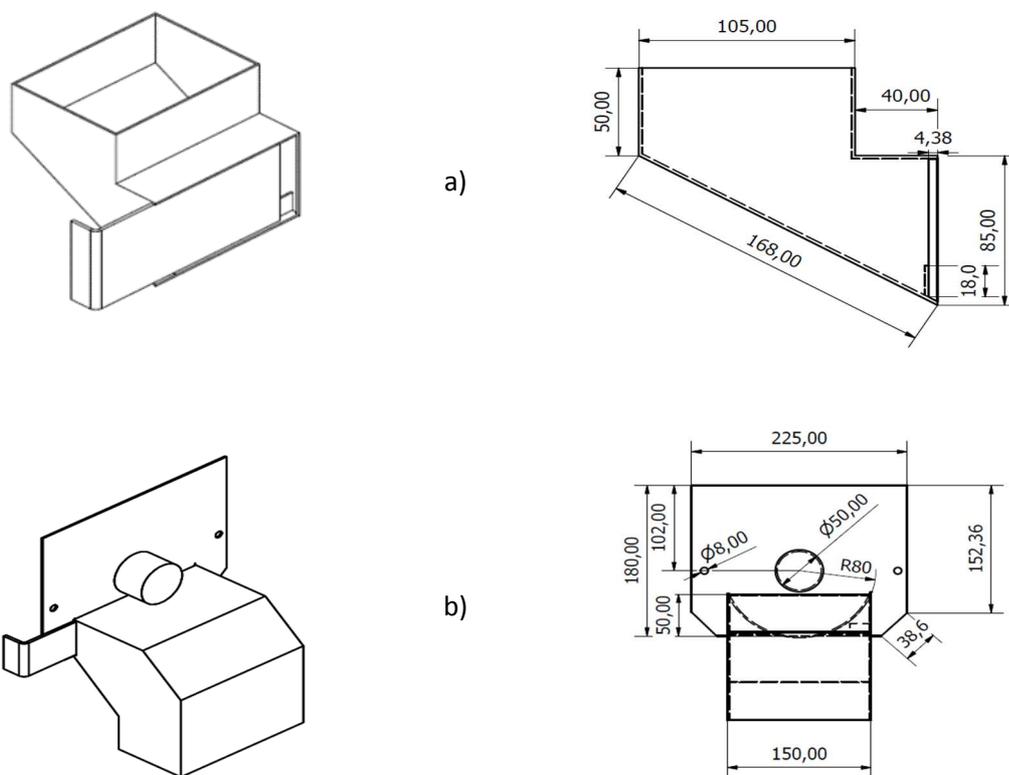
4.3.1.2 Unidade secundária

A unidade secundária constituiu-se de compartimento de entrada, correia, polias, mancais e compartimento de saída. Essa unidade aciona o movimento de rotação do eixo, acoplado à fonte de força motriz por meio de correia trapezoidal clássica com

uso de polia motora (65mm) e polia movida (105mm) fixa em uma das extremidades do eixo, entre dois mancais, presos ao chassi da bancada (Figura 12).

O compartimento de entrada (Figura 15a) foi fixado na parte superior da carcaça, por onde ocorre a alimentação dos frutos para o interior do cilindro. O compartimento de saída (Figura 15b) foi instalado na extremidade oposta ao de entrada; tem a função de descarga dos tegumentos. Ambos os compartimentos apresentam portas com o objetivo de se manter o sistema fechado durante o despulpamento.

Figura 15 - Perspectivas e vistas ortográficas (mm). a) Compartimento de entrada; b) Compartimento de saída.

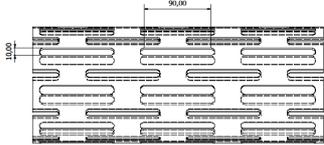
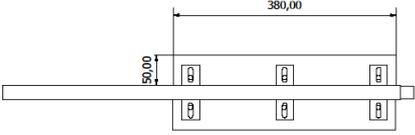
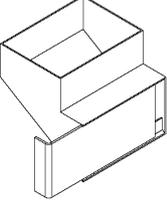
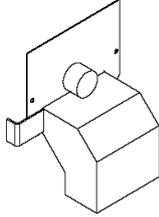
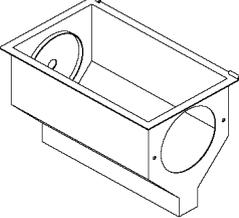
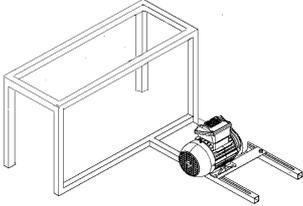


Fonte: Do autor.

4.3.1.3 Unidade periférica

A unidade periférica é composta de carcaça, chassis e motor. A carcaça constitui a parte externa da bancada (Figura 15c), projetada para fixar o cilindro e os compartimentos de entrada e saída. No seu interior ocorre o despulpamento propriamente dito.

Tabela 12 - Detalhamento do plano de manufatura para os componentes integrantes do protótipo para despolar frutos de baciaiuua.

	Descrição	Desenhos	Protótipo construído
Unidade de processamento	Cilindro		
	Eixo e palhetas		
Unidade secundária	Compartimento de entrada		
	Compartimento de saída		
	Carcaça		
Unidade periférica	Motor e chassis		

Fonte: Do autor.

Na porção superior foi instalada uma porta para facilitar a limpeza. As unidades que compõem a bancada foram acopladas por um chassi (Figura 12) que

auxiliou na fixação do motor, dos mancais e da carcaça, sendo responsável pelo alinhamento do eixo e das palhetas em relação ao cilindro.

4.3.1.4 Componentes construídos

As definições foram traduzidas e fabricadas conforme o detalhamento de cada componente do protótipo (Tabela 12). A sequência de montagem do protótipo funcional consistiu na fixação dos mancais, da polia, do eixo, da carcaça e do motor no chassi. Os compartimentos de entrada e de saída foram fixados nas laterais da carcaça; o cilindro foi acoplado no interior da carcaça, na qual foi instalada um sistema de abertura superior que possibilita a inspeção do processo durante a extração. A montagem foi realizada com auxílio de parafusos, porcas e encaixes.

4.3.2 Performance de funcionamento em vazio

Os requisitos avaliados e identificados nas fases anteriores propiciaram a construção do conjunto de peças para a construção do protótipo. Os componentes fabricados, conforme os requisitos previamente definidos para o projeto, foram destinados para testes de montagem do protótipo.

As correções realizadas foram: alinhamento do sistema polia-correia-motor; alinhamento eixo-palhetas-cilindro; ajustes nas portas dos compartimentos de entrada e de saída; reaperto dos parafusos de fixação dos componentes; substituição do modelo de porcas; testes de montagem e desmontagem dos componentes. A junção das unidades construídas pode ser observada na montagem da Figura 17.

Os testes operacionais preliminares do protótipo foram realizados com auxílio de uma lista de verificação, avaliando-se sua performance de funcionamento em vazio. Os testes identificaram anomalias relacionadas aos acoplamentos dos componentes, que foram ajustados durante os procedimentos de montagem.

Nessa etapa finalizaram-se os trabalhos de concepção, detalhamento e construção dos componentes e montagem do protótipo. Assim, com o protótipo construído e funcionando tornou-se possível a liberação para a próxima fase, na qual seriam realizados os testes de bancada, submetendo-se o protótipo à situação real de operação e desempenho.

Figura 16 – Apresentação da montagem do protótipo funcional com os componentes construído.



Fonte: Do autor.

4.3.3 Princípio de operação da bancada

A bancada experimental foi construída para operar em condição de processo intermitente. O princípio de funcionamento consiste na alimentação dos frutos no sistema, no acionamento do motor, na retirada do produto despulpado e no descarte dos endocarpos. O procedimento experimental foi realizado como segue:

Após serem descascados e desidratados, os frutos inteiros (500g) foram introduzidos no cilindro da bancada pelo compartimento de entrada (Figura 12). Com as portas de entrada e saída fechadas para se evitar o escoamento dos frutos, iniciou-se o processo de extração, acionando o controle do sistema que fez girar o eixo e as palhetas no interior do cilindro.

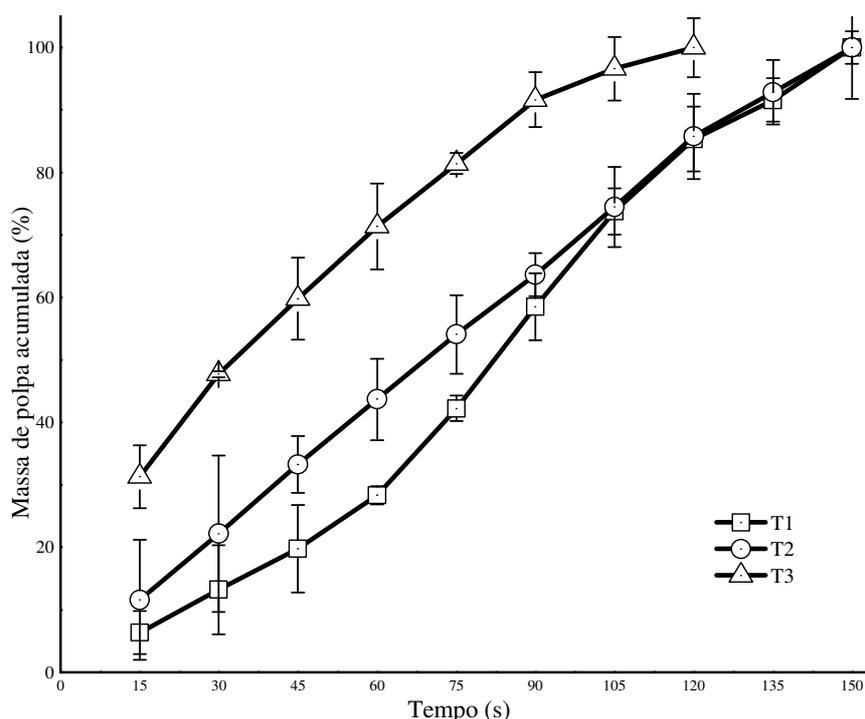
A rotação (1051rpm), controlada por um período de 150s, provocou o cisalhamento do fruto na parede perfurada do cilindro, o que resultou na separação da polpa do endocarpo. Durante o processo, a polpa foi lançada pelos orifícios do cilindro e conduzida para uma bandeja introduzida embaixo da carcaça. Na sequência o compartimento de saída foi aberto manualmente e os endocarpos foram descartados, o que possibilitou o reinício da operação.

4.3.4 Validação da bancada experimental

A bancada foi avaliada quanto à eficiência do despulpamento a fim de se

estabelecerem as condições ótimas de processo. A Figura 17 mostra o percentual de polpa obtido de frutos de bocaiuva previamente desidratados em função do tempo de residência no equipamento. A maior quantidade de polpa extraída foi observada no tratamento T3 e a menor no tratamento T1; entretanto, T1 e T2 apresentaram semelhanças nos intervalos finais de despulpamento.

Figura 17 - Percentual de massa acumulada durante o despulpamento de bocaiuva previamente desidratada a 70°C por 6h (T1) □, 12h (T2) ○ e 24h (T3) Δ.



Fonte: Do autor.

O despulpamento foi favorecido pela prévia desidratação dos frutos (Figura 17). O teor de umidade para frutos desidratados por 6h (T1) foi de 38,3%, por 12h (T2) de 19,0% e por 24h (T3) de 9,3%. A diminuição da umidade da polpa proporcionou aumento da eficiência da bancada. Observou-se que frutos com maior teor de umidade, apresentaram característica mucilaginosa, o que resultou no agrupamento dos frutos dentro do cilindro da bancada dificultando o despulpamento.

A maior eficiência (EF120s) foi obtida para o tratamento T3 (96,0%), que apresentou maior quantidade de polpa extraída em menor intervalo de tempo (120s). Esse resultado foi estatisticamente diferente dos demais tratamentos ($p < 0,05$). No mesmo intervalo de tempo (120s) os tratamentos T1 e T2 apresentaram eficiência

(EF120s) na extração de 62,5% e 70,9%, respectivamente (Tabela 13), não havendo diferença significativa ($p \geq 0,05$). Contudo, prolongando-se o tempo de extração para 150s, verificou-se que a eficiência (EF150s) aumentou para 81,9% no tratamento T1 e 93,4% em T2, próximos aos valores obtidos no tratamento T3 (96,0%).

Tabela 13 - Eficiência da bancada experimental na extração de polpa de frutos de bocaiuva previamente desidratados (T1, T2 e T3).

Tratamento	TS (h)	PEB _(120s) (g)	PNE _(120s) (g)	EF _(120s) (%)	PEB _(150s) (g)	PNE _(150s) (g)	EF _(150s) (%)
T1	6	177,3±12 ^a	106,6±9 ^a	62,5 ^a	207,6±4 ^a	46,0±3 ^a	81,9 ^a
T2	12	187,8±9 ^a	77,1±9 ^a	70,9 ^a	218,7±11 ^{ab}	15,3±3 ^b	93,4 ^b
T3	24	228,7±2 ^b	9,7±2 ^b	96,0 ^b	228,7±2 ^b	9,7±2 ^b	96,0 ^b

T1 - tratamento desidratado por seis horas; T2 - tratamento desidratado por doze horas; T3 - tratamento desidratado por vinte e quatro horas; TS - Tempo de pré desidratação em estufa; PEB – Polpa extraída na bancada; PNE - Polpa não extraída; EF - Eficiência; Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor.

A eficiência de despolpamento na bancada experimental foi semelhante à da encontrada em um protótipo para extração da polpa de annatto (*Bixa orellana L.*) desenvolvido por Math et al. (2016) que apresentou eficiência de 92,3%. No equipamento construído para despolpar Tung (*Aleurits fordii*), Sharma et al. (2013) obtiveram eficiência de 74,6%. Os dois estudos concluíram que a redução da umidade do material favoreceu a eficiência do despolpamento.

Zanatta (2015), em estudo de caracterização da polpa de bocaiuva empregou despolpamento manual e mecânico. No despolpamento manual obteve 41,4% de eficiência e no despolpamento mecânico (utilizando despolpadeira convencional para frutos), na melhor condição (frutos previamente macerados em água a 95°C por 15min) relatou eficiência de 30,1%.

Embora existam vários estudos de extração da polpa de bocaiuva, há poucos relatos da eficiência no despolpamento. Desse modo, comparando-se os resultados de Zanatta (2015), com os do presente estudo, observou-se que a eficiência do despolpamento foi maior na bancada experimental, mesmo na menor condição (tratamento T1 = 62,5%). Além disso, o despolpamento na bancada, não requer adição de água, o que favorece a obtenção de polpa com melhor qualidade e facilita a obtenção se farinha, caso se deseje.

Por outro lado, em testes realizados em laboratório, observou-se que uma

pessoa treinada pode despolpar manualmente 500g de frutos de bocaiuva em 35min, enquanto que utilizando a bancada, o tempo requerido para despolpar a mesma quantidade foi de 2,5min, o que demonstra a relevância do uso da bancada no despolpamento.

Ainda, o sistema de bancada permite que se interrompa o despolpamento a qualquer tempo. Esta condição pode ser interessante dependendo da finalidade do uso. Por exemplo, para a produção de farinha se requer polpa com cor uniforme, o que exige maior controle no despolpamento, isto é, o processo deve ser interrompido antes de se retirar toda a polpa para se evitarem partículas do tegumento, o que pode comprometer a uniformidade da cor. No entanto, para a produção de biodiesel, pode-se aumentar a extração, visto que o interesse recai na maior quantidade de polpa extraída.

Diante dessas constatações pode-se afirmar que a bancada é um equipamento eficaz, compacto, de baixo custo, de fácil montagem e operação, sendo considerada eficiente para o despolpamento de frutos de bocaiuva, podendo atender comunidades que complementam sua renda por meio do extrativismo sustentável desses frutos.

4.4 Conclusão

Uma bancada experimental para despolpar frutos de bocaiuva foi projetada e construída neste estudo. O protótipo foi construído com material de baixo custo, compacto e fácil de operar. A avaliação do desempenho, em termos de rendimento de extração da polpa, mostrou maior eficiência aos relatados na literatura. A alta eficiência foi alcançada no despolpamento de frutos com baixo teor de umidade. O protótipo construído mostrou-se eficaz no despolpamento de frutos de bocaiuva, possibilitando substituir as tarefas manuais pela mecanizada, reduzindo o tempo e aumentando o rendimento do processo. O equipamento também permite controlar o processo, podendo-se obter polpa com maior qualidade ou priorizar-se a maior extração, dependendo da destinação de uso. Essa condição, aliada ao equipamento ser compacto, facilita a produção de polpa pelas comunidades rurais envolvidas com a cadeia produtiva da bocaiuva.

5 CONTROLE DE QUALIDADE DA POLPA DE BOCAIUVA (*Acrocomia aculeata*) OBTIDA POR DESPOLPAMENTO MECANIZADO

Resumo

A polpa do fruto de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) apresenta potencial de aplicação em diversos setores industriais, sendo necessário para sua utilização o controle de qualidade e a preservação das propriedades físicas e químicas da polpa extraída. O objetivo foi avaliar a qualidade e identificar a melhor condição de despulpamento de frutos de bocaiuva em um protótipo construído. O protótipo construído para despulpar frutos de bocaiuva foi capaz de extrair polpa em todos os tratamentos avaliados. A cor da polpa foi classificada em dois grupos, a de cor amarela (CA) com $L^* \geq 50$, a^* de $2 \leq a^* \leq 10$ e $b^* \geq 40$ e a de cor marrom (CM) com valores de L^* e b^* menores que os apresentados para CA. O desprendimento de partículas do endocarpo nos intervalos superiores a 75s ocasionou o escurecimento e a contaminação física da polpa. O tempo de processo (75s), a eficiência na extração mecanizada no protótipo construído (81,3%), a análise de agrupamento, as características físicas e químicas, a retenção de carotenoide (64,6 μ g/g), indicaram que o tratamento nos frutos desidratados sem casca por 24h e temperatura de 70°C (SC-24h T70) proporcionou a melhor condição para a extração da polpa de bocaiuva no protótipo construído e indicou que a polpa de bocaiuva extraída possui características para a produção de farinha.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*. Controle de qualidade. Despulpamento de frutos. Frutos nativos. Mecanização. Palmeira macaúba.

5.1 Introdução

Pesquisas apontam para um futuro promissor na exploração da palmeira *Acrocomia aculeata*, conhecida por bocaiuva ou macaúba. Os frutos da bocaiuva apresentam formato esférico, constituído de epicarpo (22,2%), mesocarpo (38,5%), endocarpo (32,0%) e amêndoa (7,3%). O mesocarpo, considerado comestível, de sabor adocicado, oleaginoso, fibroso, mucilaginoso encontra-se fortemente aderido ao endocarpo que é rígido e escuro (FARIAS,

2010).

Estudos científicos relatam que a polpa da bocaiuva possui valores nutricionais importantes para a saúde humana, apresenta alto teor de lipídios, carboidratos, proteínas, fibras e carotenoides (CICONINI et al., 2013; COIMBRA; JORGE, 2012; RAMOS et al., 2008). A polpa e a amêndoa são utilizadas como ingredientes na elaboração de produtos alimentícios como: barras alimentícias (MUNHOZ et al., 2014a) e biscoitos doces e salgados, considerados como fontes de fibra e vitamina A (KOPPER et al., 2009), na preparação de sorvetes, geleias e bolos (ARISTONE e LEME, 2006). Além do uso alimentício, a bocaiuva possui potencial para produtos farmacêuticos (COIMBRA; JORGE, 2012; OLIVEIRA; CLEMENTE; DA COSTA, 2014), cosméticos (BORTOLOTTO et al., 2015; COIMBRA; JORGE, 2012) e para a produção de biocombustível, devido à sua composição de ácidos graxos (CAVALCANTI-OLIVEIRA et al., 2015; MACHADO et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2016; NUNES et al., 2015; SILVA; ANDRADE, 2013).

As características nutricionais dos frutos de bocaiuva, aliadas à alta produtividade da planta, indicam um promissor mercado a ser explorado pelas comunidades rurais (SIQUEIRA, 2014). Atualmente a polpa de bocaiuva é comercializada na forma de farinha, produzida pelas comunidades rurais por procedimentos artesanais.

A bioprospecção e o potencial industrial de plantas nativas tornam-se estratégicos para o país, seja para o uso dos óleos como fonte de energia (PLATH et al. 2016) seja para completar as deficiências alimentares da população (CAMPOS e ROSADO, 2005). Segundo Ambrósio et al. (2006), a carência de algumas vitaminas pode ser suprida pela ingestão de fontes regionais de alimento, como os carotenoides, presente nos frutos de: bocaiuva (*Acrocomia aculeata*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) que são frutos de palmeiras do bioma Cerrado. Os autores, apontam a necessidade de ações que focalizem o consumo de alimentos regionais ricos em nutrientes; para tal, o desenvolvimento de formas de processamentos e comercialização torna-se necessário.

A comercialização da polpa dos frutos apresenta limitações devido à alta perecibilidade do fruto e à dificuldade de se manter um padrão de qualidade da polpa no despulpamento (CASTRO et al. 2016; SCALON et al. 2012). A qualidade da polpa está relacionada à conservação de suas características físicas, químicas e sensoriais da polpa, que devem ser preservadas próximas às do fruto *in natura* (CASTRO et al. 2016; GALVANI et al. 2016; BARROS et al. 2015).

Contudo, a qualidade pode ser comprometida durante o processamento realizado pelos produtores familiares e pelas cooperativas, que, geralmente, despulpam os frutos

manualmente e secam ao sol, o que pode prejudicar as propriedades nutricionais do produto (CASTRO et al., 2016). Assim, a adoção de procedimentos que visem preservar a qualidade e a padronização da polpa desidratada poderá acarretar impactos positivos no mercado de frutos do Cerrado e promover o aumento da demanda, além de fornecer um produto nutritivo (ALVES e PHILIPPI, 2017).

Albiero et al. (2016), indicam a necessidade de desenvolvimento de tecnologias para o processamento, aliada à necessidade de se projetarem máquinas para atender as especificidades das comunidades rurais. Diante disso, expõe-se um grande desafio para a área de engenharia, o de atender as necessidades específicas de pequenos produtores, desenvolvendo e projetando equipamentos versáteis, baratos e adaptáveis à realidade desses nichos de mercados.

Do exposto, este estudo objetiva avaliar a qualidade da polpa extraída em protótipo construído e identificar a melhor condição de processo para despolar frutos da bocaiuva.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Material

Frutos maduros de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) foram coletados, desprendidos naturalmente dos cachos das palmeiras, safra 2014/2015, nas cidades de Dourados (22° 19' 83" S, 54° 82' 26" W e 430 m de altitude) e Ponta Porã (22° 45' 40" S, 55° 38' 50" W e 572 m de altitude) no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A Exsicata 4783 foi depositada no Herbário DDMS da Universidade Federal da Grande Dourados/MS, autorização de coleta solicitada ao SISBIO (54249).

A área de coleta ao redor da palmeira foi previamente limpa (7m²) e os frutos foram coletados a cada 3 dias durante 30 dias. Após a coleta, os frutos foram selecionados quanto à sua integridade física, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) e armazenados a -18°C até seu uso.

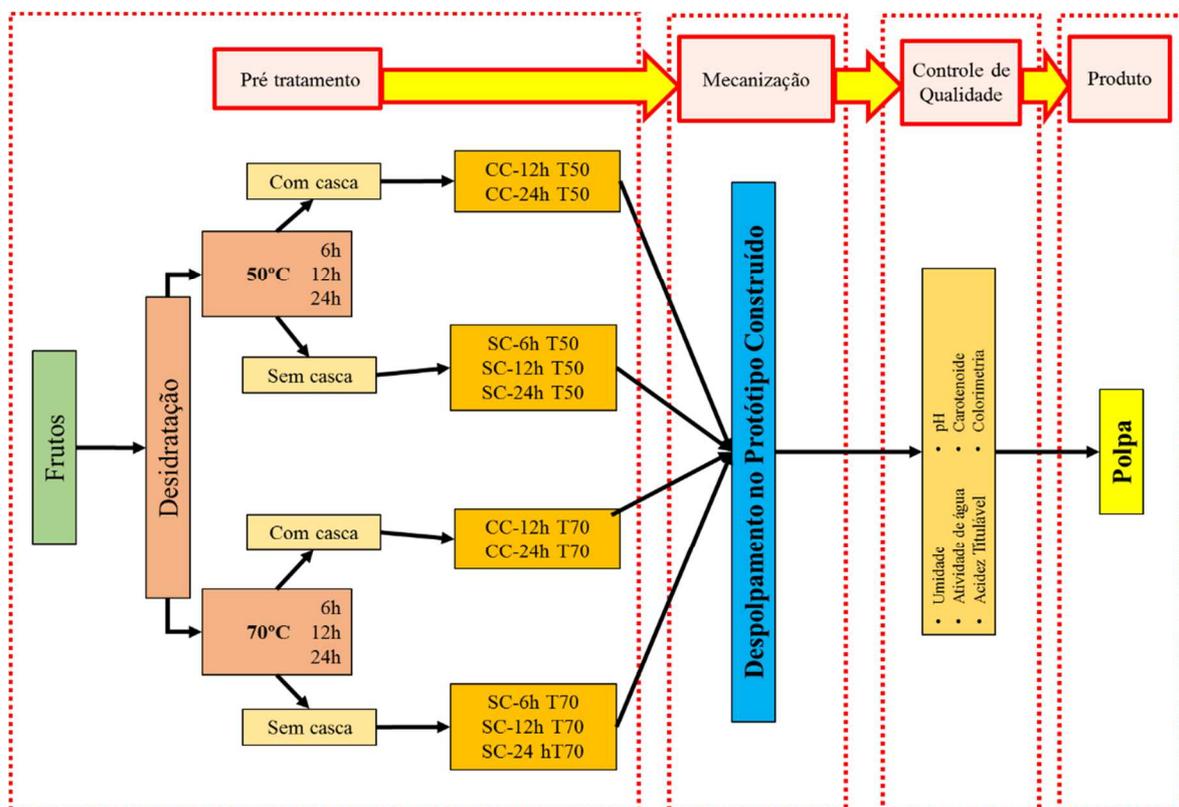
5.2.2 Métodos

O processo de extração da polpa de bocaiuva consistiu em duas etapas: pré-tratamento e despulpamento. No pré-tratamento os frutos inteiros foram descongelados à temperatura ambiente por 4h e desidratados em estufa com circulação de ar a 5,6 m/s (MOREIRA JUNIOR, 2013). Os frutos foram desidratados nas seguintes condições: frutos

inteiros com casca e frutos inteiros sem cascas em duas temperaturas (50°C e 70°C) e por 6h, 12h ou 24h de residência. Os ensaios foram realizados em triplicata, totalizando 10 experimentos (Figura 18).

O despulpamento foi realizado em protótipo construído (Figura 19a) para este fim, por Chuba-Machado et al. (2018), o qual foi alimentado com 500g de frutos por batelada; a massa da polpa de bocaiuva extraída, foi avaliada para determinar a qualidade, com retirada de amostras para análise a cada 15 segundos, totalizando 10 amostras durante 150s de extração.

Figura 18 - Fluxograma das etapas de processamento para obtenção de polpa de bocaiuva extraído em protótipo. (SC: tratamento desidratado sem casca; CC: tratamento desidratado com casca; h: tempo de desidratação (horas); T: temperatura de desidratação (°C)).



Fonte: Do autor.

O funcionamento do protótipo constituiu no acionamento do motor elétrico, propiciando movimento circular interno de duas palhetas (1051rpm) que giram livremente no interior de um cilindro perfurado. O movimento promove o atrito dos frutos com os orifícios oblongos do cilindro, acarretando o cisalhamento entre o mesocarpo e o endocarpo. A polpa extraída é recolhida da parte inferior do protótipo e os endocarpos são retirados pelo compartimento de saída.

5.2.2.1 Análises físicas e químicas dos tratamentos

A polpa extraída mecanicamente foi avaliada quanto ao teor de umidade determinado por método gravimétrico a $70\pm 0,5^\circ\text{C}$ (Método 934.01 AOAC, 2005 adaptado); quanto à atividade de água (A_a), determinada em higrômetro Aqualab (Decagon) a 25°C calibrado (H_2O e LiCl a 25°C); quanto ao pH utilizando pHmetro (Tecnal); quanto à acidez titulável por titulometria com NaOH 0,1N, expressa em porcentagem de ácido cítrico; quanto aos carotenoides totais de acordo com método proposto por (RODRIGUEZ-AMAYA et al. 2008) e calculado pela Equação - 6.

$$Ct(\mu\text{g/g}) = \frac{(Abs).V.10^4}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot m_a} \quad \text{Equação - 6}$$

Onde Ct são os carotenoides totais ($\mu\text{g/g}$); Abs é a absorvância; V é o volume de diluição da amostra no solvente (mL); $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ é o coeficiente do β -caroteno a 450 nm em éter de petróleo (2592) e m_a é a massa da amostra (g). Considerou-se 12 $\mu\text{g/g}$ de caroteno equivalente a 1 $\mu\text{g/g}$ de retinol (AMBRÓSIO et al. 2006).

A cor da polpa foi determinada em cada intervalo de despulpamento, por leitura direta (6 repetições), utilizando-se colorímetro digital (MINOLTA CR-400). O sistema de cor CIELab foi empregado para obter os parâmetros de luminosidade (L^*), cromaticidades a^* (verde/vermelha) e b^* (azul/amarela). A partir dos parâmetros L^* , a^* e b^* se calculou a tonalidade das amostras ($h^\circ = \arctang b^*/a^*$) e o índice de escurecimento (IE) utilizando-se da Equação - 7 (HOLCROFT; KADER, 1999).

$$IE = \frac{|100 - \left(\left(\frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)} \right) - 0,31 \right)|}{0,172} \quad \text{Equação - 7}$$

5.2.2.2 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do aplicativo computacional *Statistics 10*. A estatística multivariada de agrupamento foi utilizada para identificar os grupos homogêneos de extração da polpa de bocaiuva. A formação dos grupos

foi apresentada na forma de dendograma (VICINI; SOUZA, 2005).

5.2.3 Resultados e Discussão

5.2.3.1 Efeito da extração da polpa no protótipo

A Figura 19 mostra o protótipo construído para o despulpamento (a), o processo de despulpamento no protótipo (b), a polpa obtida (c) e os endocarpos dos frutos despulpados (d). Apesar de existir variabilidade nos frutos, devido às condições edafoclimáticas, não se observou comprometimento do despulpamento.

Figura 19 - Despulpamento mecanizado dos frutos de bocaiuva. a) Protótipo construído para despulpar frutos de bocaiuva. b) Processo de despulpamento. c) Característica da polpa processada. d) Característica dos endocarpos após o despulpamento.

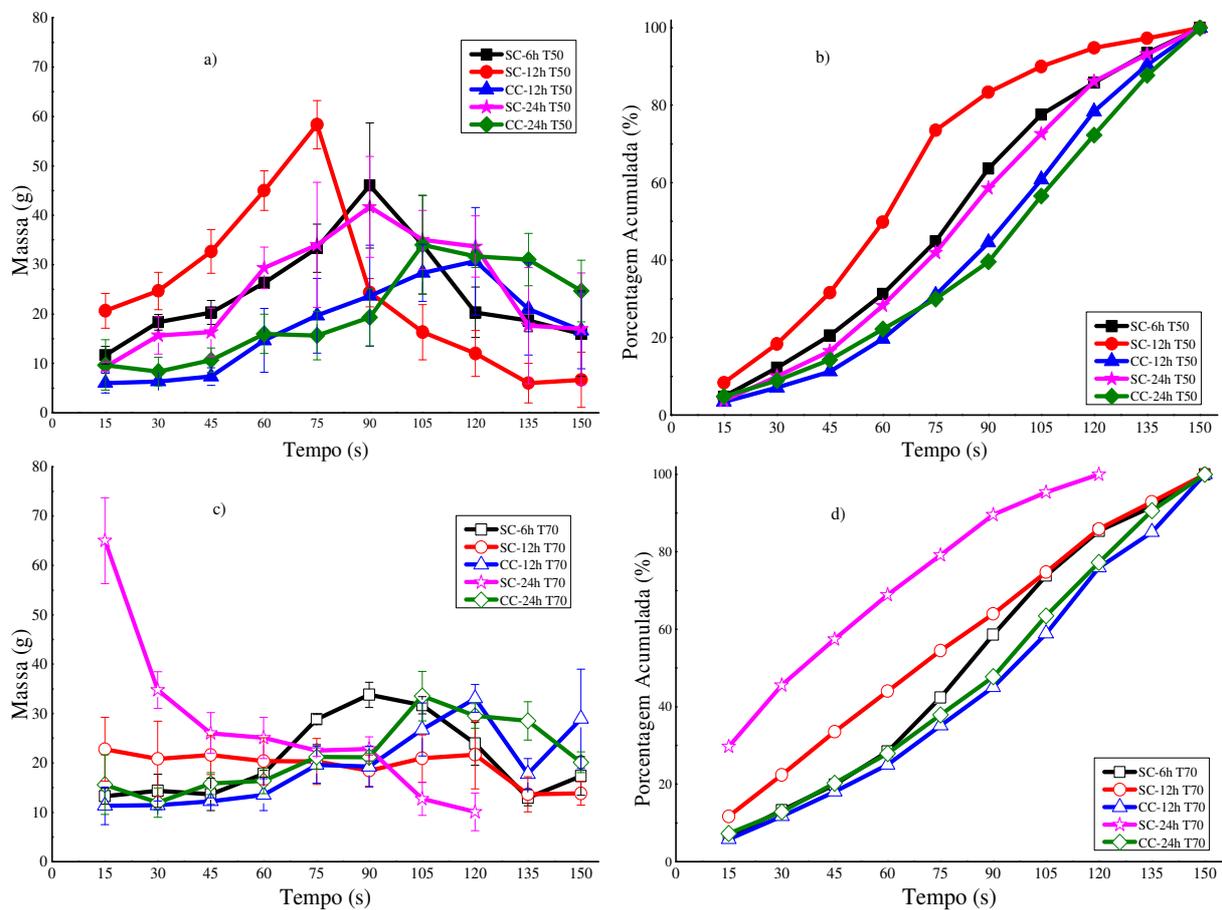


Fonte: Do autor.

Durante o despulpamento foram observados picos de máxima extração de polpa, ocasionados pelas diferentes condições da pré-desidratação dos frutos de bocaiuva. Frutos desidratados sem casca por 12h a 50°C (SC-12 T50) apresentaram massa acumulada de extração de 72% (182,0g) de extração em 75s de despulpamento (Figura 20a). O tratamento com frutos desidratados sem casca a 70°C por 24h (SC-24 T70) apresentou maior massa acumulada 81,4% (186,2g) de despulpamento, extraíndo 36% (67,0g) da polpa nos primeiros 15s (Figura 20cd).

Entretanto, o despulpamento de frutos desidratados por 12h a 70°C (SC-12 T70) forneceu quantidade de massa de polpa homogênea nos intervalos de tempo de extração até 75s (Figura 20c), verificado pelo comportamento linear (Figura 20d). Apesar de a homogeneidade ser importante do ponto de vista industrial, a eficiência diminuiu para 50,0% para o intervalo de 15 a 75s, fornecendo 110,0g de massa acumulada. Observou-se, também, que após 75s de despulpamento, a probabilidade de extração de partículas de endocarpo foi maior, o que poderia comprometer a qualidade da polpa.

Figura 20 - Massa da polpa de bocaiuva despulpada no protótipo em relação ao tempo de processo. a) Massa (g) extraída dos frutos a 50°C por intervalo de tempo (s). b) Porcentagem acumulada (%) de polpa desidratada a 50°C. c) Massa (g) extraída dos frutos a 70°C por intervalo de tempo (s). d) Porcentagem acumulada (%) de polpa desidratada a 70°C.



Fonte: Do autor.

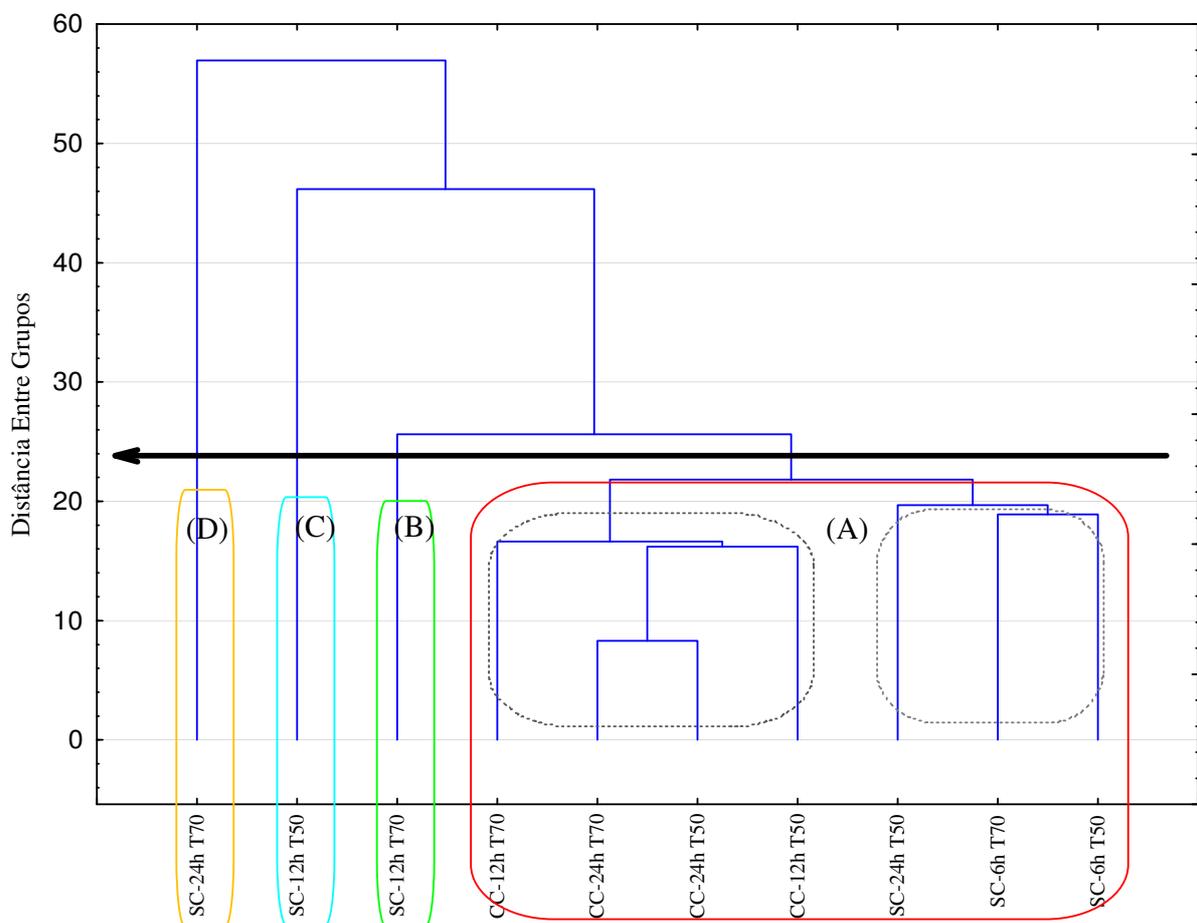
A fim de se verificarem as diferenças entre o efeito da desidratação (pré-tratamento) e o rendimento do despulpamento dos frutos de bocaiuva, os resultados foram submetidos à análise de agrupamento, representados no dendograma de similaridade (Figura 21).

A análise de agrupamento dos tratamentos mostrou quatro grupos distintos: A, B, C e

D. O grupo A, formado por frutos desidratados com casca por 12h e 24h a 50°C e 70°C (CC-24h T50, CC-12h T50, CC-12h T70 e CC-24h T70), e por frutos sem casca a 6h e 24h a 50°C (SC-06h T50 e SC-24h T50) e 6h a 70°C (SC-06h T70), apresentou menor variação entre as distâncias de similaridade (Figura 21), o que indica semelhança no rendimento de extração da polpa, independentemente do tratamento realizado. Ainda no grupo A, observam-se dois subgrupos, um desidratado com casca e outro sem casca.

Nos grupos B (SC-12h T70), C (SC-12h T50) e D (SC-24h T70) se observaram maiores distâncias, o que indica dissimilaridade no rendimento de extração e mostra que o pré-tratamento influenciou no despulpamento (Figura 21). A dissimilaridade entre os grupos mostrados (B, C e D) no dendograma corroboram com os resultados de cinética de despulpamento (Figura 20), e mostra ainda que os grupos B, C e D apresentaram maior eficiência de extração da polpa durante o despulpamento dos frutos no protótipo construído para este fim.

Figura 21 - Dendograma de similaridade dos despulpamentos em cada intervalo de tempo, indicando a formação de quatro grupos heterogêneos entre os tratamentos (A, B, C e D).



Fonte: Do autor.

5.2.3.2 Efeito do processamento na cor da polpa

Os parâmetros de cor são importantes na apresentação de produtos tornando-os, muitas vezes, atrativos para sua comercialização e estão relacionados com a aceitação do consumidor (WALSH et al., 2017).

Na Figura 22 são apresentados os valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) das amostras de polpa de bocaiuva após despulpamento com prévio tratamento de desidratação.

Amostras sem casca desidratadas a 70°C apresentaram-se mais claras (maior valor de L^*) e cor amarela mais intensa (maior valor de b^*) em relação ao parâmetro a^* (vermelho). Embora todas as amostras tenham apresentado cor predominantemente amarela, os maiores valores de a^* influenciaram na cor das amostras fornecendo matizes de cor marrom, principalmente em amostras desidratadas a 50°C com casca.

A casca do fruto dificultou a migração do vapor de água do seu interior para o ambiente externo, o vapor retido e a temperatura facilitaram a oxidação dos carotenoides presentes na polpa de bocaiuva e favoreceram as reações de escurecimento não enzimático que ocorrem entre açúcares e aminoácidos chamados de melanoidinas.

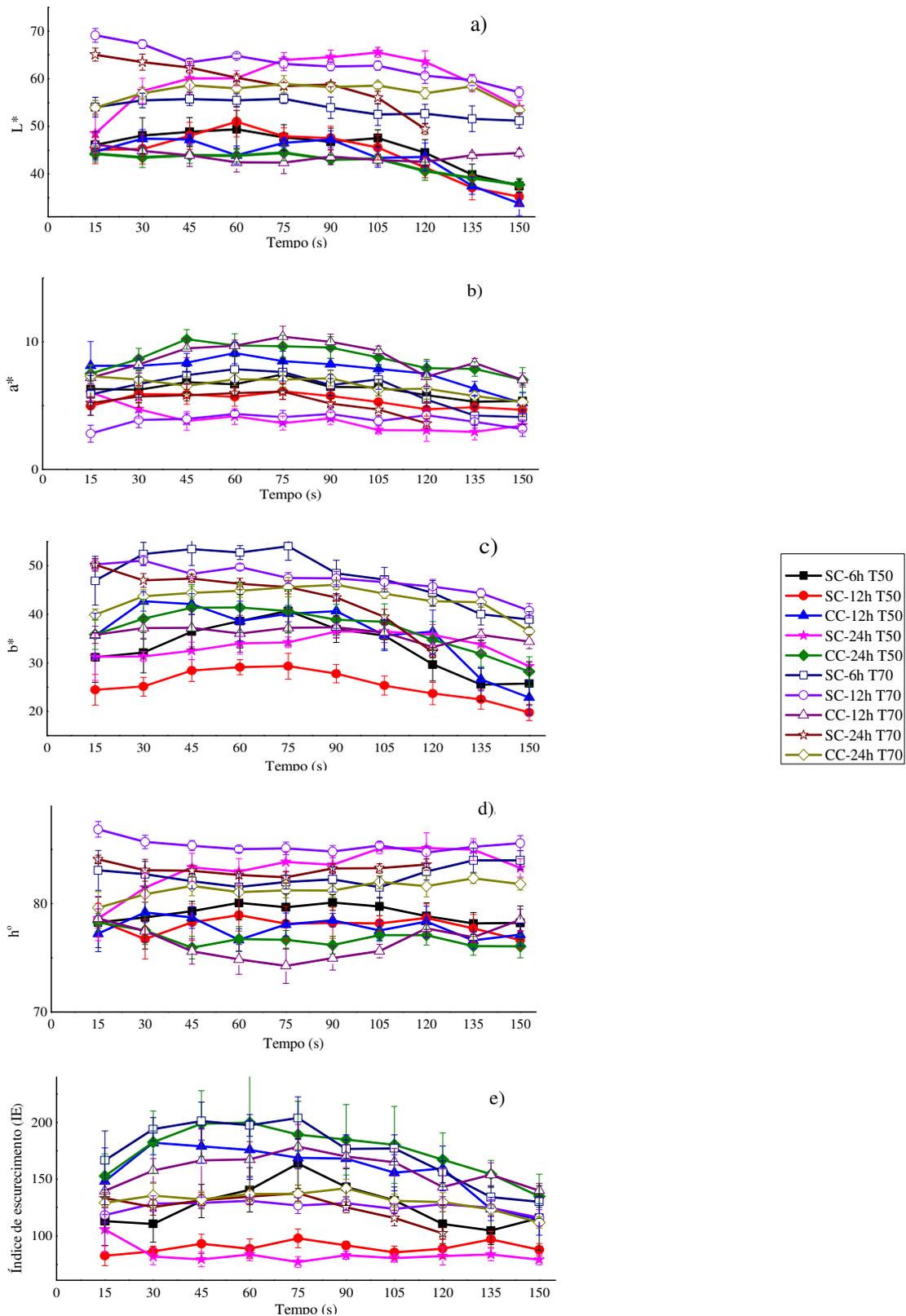
Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* para a maioria dos tratamentos mantiveram-se semelhantes com o tempo até 75s de extração, depois deste intervalo os valores de L^* , a^* e b^* diminuíram, o que mostrou o escurecimento na cor da polpa.

Vianna et al. (2015), no estudo por método visual, classificaram a polpa de bocaiuva em cinco categorias de cor: amarelo, laranja, castanho, branco e rosa. No atual estudo, os parâmetros de cor da polpa de bocaiuva foram obtidos em colorímetro, o que possibilitou classificá-las em dois grupos: polpa com tonalidades mais clara e polpa com tonalidades mais escuras.

Desse modo, foi possível identificar um grupo de cor amarela (CA) que apresentou $L^* \geq 50$, com $2 \leq a^* \leq 10$ e $b^* \geq 40$ e outro de cor marrom (CM) com valores de L^* e b^* menores que os apresentados para CA. A desidratação a 70°C, forneceu polpa mais clara com tonalidade amarela e a polpa mais escura, com tendência ao marrom, foi obtida com desidratação a 50°C.

No despulpamento mecanizado, Galvani et al. (2016), verificaram alterações na cor da polpa, obtendo-se cor mais clara em relação ao despulpamento artesanal. Os autores atribuíram a perda de cor à fricção mecânica das facas durante o processo. Zanatta (2015), também observou o escurecimento da polpa de bocaiuva extraída mecanicamente com o aumento da temperatura de processo.

Figura 22 - Parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , h° e índice de escurecimento das polpas de bocaiuva extraídas no protótipo previamente desidratadas. a) Luminosidade L^* . b) Cromaticidade a^* . c) Cromaticidade b^* . d) tonalidade (h°). e) Índice de Escurecimento (IE). (Resultados expressos com média de 6 determinações).



Fonte: Do autor.

No presente estudo, as alterações da cor da polpa de bocaiuva foram atribuídas ao pré-tratamento (desidratação) e ao desprendimento de partículas do endocarpo, principalmente nos intervalos finais do despulpamento. Observou-se que as rugosidades do endocarpo foram desgastadas pelo atrito entre o cilindro e os frutos, promovendo o desprendimento de partículas escuras do endocarpo.

Embora não tenham sido encontrados na literatura estudos que indiquem a presença de contaminantes físicos como partículas do endocarpo, o escurecimento da polpa deve ser evitado, a fim de se manter um padrão de qualidade. O índice de escurecimento (IE) mostrou que o comportamento cinético da degradação da cor se inicia após 75s de extração (Figura 22e).

Assim, pode-se afirmar que é possível obter polpa sem partículas de endocarpo, realizando-se a extração até 75s no protótipo construído. Para fins de comercialização a polpa sem partículas do endocarpo pode ser considerada do tipo A (com maior pureza) e a polpa do tipo B com partículas de endocarpo.

5.2.3.3 Efeito da umidade e atividade de água do fruto no despulpamento

A determinação da umidade inicial dos frutos foi necessária para se analisar a sua influência no rendimento e na massa acumulada (eficiência) durante o despulpamento realizado no protótipo construído para este fim. O protótipo foi alimentado com frutos pré-desidratados sem casca, independentemente do tratamento, obtendo-se polpa em forma de farinha e endocarpos íntegros (sem quebrar). A prévia desidratação dos frutos inteiros influenciou no teor de umidade e A_a da polpa sendo menor quanto maior o tempo de secagem. A redução do teor de umidade (<25%) e A_a (<0,850) nos frutos de bocaiuva, facilitaram o despulpamento mecanizado da polpa. A Tabela 14 apresenta a umidade e a atividade de água (A_a) da polpa de bocaiuva *in natura* (controle) e das amostras submetidas aos tratamentos de desidratação com casca e sem casca.

O teor de umidade e A_a foram maiores nas amostras da polpa de frutos desidratados com casca (CC) e semelhantes às da polpa *in natura* que apresentou 52,3% de umidade e A_a de 0,976. Não se observaram diferenças estatísticas ($P \geq 0,05$) entre as amostras com cascas e as *in natura*, exceto em amostras desidratadas a 70°C por 24h (CC-24h T70).

A atividade de água (A_a) da polpa apresentou correlação com o teor de umidade. (Tabela 14). A polpa de frutos desidratados com casca apresentou A_a maior que 0,900

independente do tempo (6h, 12h e 24h) e da temperatura de desidratação. Somente em amostras do tratamento CC-24h T70 houve redução da A_a (0,812) o que indica que a barreira natural da casca foi rompida. A menor umidade (9,3%) e A_a (0,552), foram obtidas em amostras de frutos desidratados sem casca por 24h a 70°C (SC-24h T70). Nessas condições a polpa obtida não precisaria ser novamente desidratada, visto que atende à legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para farinhas, que é de umidade máxima de 15% (BRASIL, 1996).

Tabela 14 - Valores de umidade e atividade de água dos frutos de bocaiuva desidratados e despulpados em equipamento construído.

Tratamentos	Umidade (%)	Atividade de água (A_a)
Controle*	52,3±1,3 ^c	0,976±0,01 ^h
SC-6h T50	38,5±5,7 ^{cd}	0,863±0,03 ^{de}
SC-12h T50	38,1±2,3 ^c	0,898±0,02 ^{ef}
CC-12h T50	50,7±4,3 ^e	0,959±0,03 ^{gh}
SC-24h T50	20,9±1,6 ^{ab}	0,780±0,01 ^{bc}
CC-24h T50	41,7±5,7 ^{cde}	0,915±0,01 ^{fh}
SC-6h T70	38,3±4,7 ^{cd}	0,822±0,01 ^{cd}
SC-12h T70	19,0±0,4 ^{ab}	0,759±0,03 ^b
CC-12h T70	41,4±5,1 ^{cde}	0,922±0,01 ^{fgh}
SC-24h T70	9,3±1,2 ^a	0,552±0,03 ^a
CC-24h T70	21,4±0,5 ^b	0,812±0,01 ^c

Controle: Umidade e A_a da polpa de bocaiuva descongelada. Tratamentos: frutos desidratados sem casca (SC) e com casca (CC), por 6h, 12h e 24h a temperatura de 50°C e a 70°C. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com probabilidade de 5%.

Fonte: Do autor.

5.2.3.4 Efeito do despulpamento nas características físicas e químicas da polpa de bocaiuva

A Tabela 15 mostra os resultados de acidez titulável (AT), pH e carotenoides da polpa extraída no protótipo. O teor de acidez titulável (AT) da polpa de bocaiuva variou de 0,18% para os frutos “*in natura*” a 1,15% para amostras de polpa de frutos desidratados.

A acidez dos frutos expostos sem casca variou de 0,65% a 1,15%, enquanto que, a dos com casca permaneceu menor (0,47% a 0,75%). Isto, sugere que a exposição dos frutos ao oxigênio durante a desidratação favorece à formação de ácidos (HIATT; TAYLOR; MAUER, 2010). Valores semelhantes de acidez (0,69% e 0,73%) foram encontrados por

Ramos et al. (2008) e de 1,16% por Zanatta (2015), para despulpamento manual. Os maiores valores de acidez nas amostras a 70°C são justificadas pelos menores teores de umidade, concentrando a acidez das polpas.

Tabela 15 - Características físicas e químicas da extração da polpa de bociuiva em protótipo construído.

Tratamentos	Acidez Titulável (AT)	pH	Carotenoides ($\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ms}}$).	Retenção de Carotenoides (%)
Controle	0,18±0,02 ^a	5,5±0,02 ^b	111,1±6,0 ^a	100,0
SC-6h T50	0,55±0,05 ^c	5,6±0,06 ^c	74,5±2,0 ^b	67,1
SC-12h T50	0,65±0,03 ^{de}	5,7±0,01 ^{cd}	74,0±1,7 ^b	66,6
CC-12h T50	0,47±0,02 ^{bcd}	5,4±0,01 ^b	78,3±1,5 ^b	70,5
SC-24h T50	1,04±0,04 ^{hi}	5,6±0,02 ^{cd}	36,6±1,3 ^c	33,0
CC-24h T50	0,57±0,05 ^{cde}	5,4±0,05 ^b	64,6±0,6 ^d	58,1
SC-6h T70	0,91±0,03 ^{feh}	5,1±0,15 ^a	66,0±2,1 ^d	59,4
SC-12h T70	0,99±0,03 ^{hi}	5,6±0,01 ^c	56,9±1,5 ^e	51,2
CC-12h T70	0,75±0,04 ^{efg}	5,4±0,02 ^b	65,4±1,0 ^d	58,9
SC-24h T70	1,15±0,03 ⁱ	5,4±0,01 ^b	63,5±3,8 ^d	57,2
CC-24h T70	0,96±0,01 ^{ghi}	5,4±0,03 ^b	62,6±1,6 ^d	56,4

Controle: frutos *in natura* descongelado. Tratamentos: frutos desidratados sem casca (SC) e com casca (CC), por 6h, 12h e 24h a 50°C e a 70°C. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com probabilidade de 5%.

Fonte: Do autor.

Segundo Queiroz et al. (2014), o teor de acidez pode ser utilizado como indicativo de qualidade da polpa de frutos, sendo um parâmetro importante para identificar o estado de conservação de alimentos. Embora tenha sido observado aumento da acidez devido à desidratação, a polpa de bociuiva pode ser considerada como produto de baixa acidez, quando comparada a outros frutos de palmeiras como a de buriti (*Mauritia flexuosae*) e de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) com acidez de 1,48% e 1,89 %, respectivamente (AGUIAR e SOUZA, 2017; AZEVEDO et al. 2017).

Para Abud e Narain (2009), quanto menor a acidez, melhor será a qualidade da farinha produzida, o que minimiza a interferência nos produtos elaborados com a polpa de bociuiva. Verificou-se que a acidez da polpa de bociuiva (1,15%) está em conformidade com as normativas (ANVISA) que determinam a acidez menor que 3% para as farinhas de trigo (BRASIL, 1996) e de mandioca (BRASIL, 1995). Assim, pode-se classificar a polpa extraída mecanicamente como de baixa acidez e considerá-la como matéria-prima indicada para a produção de farinha de bociuiva.

O pH das amostras variou de 5,1 a 5,7 (Tabela 15). Na maioria dos tratamentos os valores de pH foram semelhantes, embora tenha apresentado acidez diferente, o que pode ser atribuído ao efeito tampão, devido aos ácidos orgânicos e seus sais minerais presentes na polpa, o que impediria à AT de alterar os valores do pH (BESSA et al., 2015). Contudo, os valores de pH são comparáveis aos relatados por Mooz et al. (2012) de 5,5, por Zanatta, (2015) de 5,6 e por Galvani et al. (2016) de 5,3 a 5,8 para polpa da mesma espécie.

Avaliou-se também o teor de carotenoides da polpa dos frutos de bocaiuva *in natura* e da retenção da polpa pré-desidratada despulpada no protótipo. Na polpa *in natura* o teor de carotenoides foi de 111,0µg/g e nas amostras obtidas após o despulpamento mecanizado variou de 36,6µg/g a 78,3µg/g. Amostras despulpadas de frutos desidratados a 50°C apresentaram valores maiores de carotenoides (64,6µg/g a 78,3µg/g), com exceção do tratamento expostos por 24h sem casca (SC-12h T50).

Em relação às amostras de frutos desidratados a 70°C, os valores de carotenoides variaram de 56,9µg/g a 62,6µg/g, esses valores foram semelhantes aos encontrados por Orsi et al. (2015), para a polpa de bocaiuva, obtida por processadores mecânicos (58,5µg/g), no estado de Goiás.

A menor retenção de carotenoides entre as amostras de frutos foi no tratamento SC-24h T50, que pode ser atribuída à exposição dos frutos sem casca, ao oxigênio e à exposição à temperatura (50°C) por maior tempo (24h) na desidratação prévia ao despulpamento. Entretanto, nas amostras do tratamento com casca (CC-24h T50) em mesmo tempo (24h) e temperatura (50°C), o teor de carotenoides foi maior (64,6µg/g), o que mostra que a casca protegeu o fruto na exposição, favorecendo a retenção (58,1%), e não apresentou diferença estatística com os desidratados a 70°C.

Observou-se também que não houve diferença significativa no teor de carotenoides entre os tratamentos dos frutos a 70°C com retenção próxima a 60%, exceto para o tratamento SC-12h T70. Quando os frutos foram expostos a 50°C, a retenção dos carotenoides foi em torno de 15% maior que a 70°C.

De maneira geral observaram-se três grupos com comportamentos semelhantes de retenção de carotenoides (Tabela 15). Um grupo com retenção acima de 65% em amostras expostas a tempos inferiores a 12h em temperaturas a 50°C (SC-6h T50, SC-12h T50 e CC-12h T50); outra faixa com retenção entre 50% e 60% (CC-24h T50, SC-6h T70, SC-12h T70, CC-12h T70, SC-24h T70 e CC-24h T70); e a faixa de menor retenção de carotenoides, abaixo de 50% (SC-12h T50).

Segundo Ambrósio et al. (2006), os valores de carotenoides podem ser convertidos

em retinol equivalente ($12\mu\text{g/g}$ de caroteno em $1\mu\text{g/g}$ de retinol equivalente), dessa forma os teores de carotenoides da polpa fresca equivalem a $9,3\mu\text{g}$ de retinol e na polpa desidratada de aproximadamente $5,5\mu\text{g}$ de retinol. Diante disso, pode-se afirmar que o consumo de $107,5\text{g}$ de polpa fresca de bocaiuva atende às necessidades diárias de carotenoides de um homem adulto ($1000\mu\text{g}$); no caso das mulheres, o consumo de $86,1\text{g}$ representam os $800\mu\text{g}$ de retinol diários. Para crianças de 4 a 6 anos, a ingestão de $43,0\text{g}$ de polpa equivale ao consumo $400\mu\text{g}$ de retinol recomendado, isto é, o consumo de aproximadamente cinco frutos. Por outro lado, a ingestão de polpa desidratada, na condição SC-24h T70, atende à necessidade diária de homens, mulheres e crianças que seria de $181,8\text{g}$, $145,5\text{g}$ e $72,7\text{g}$, respectivamente.

5.3 Conclusão

A extração da polpa de bocaiuva no protótipo construído apresentou eficiência de $81,4\%$ até o intervalo 75s , em frutos previamente desidratados por 24h a 70°C (SC-24h T70), confirmado pela análise de agrupamento. A prévia desidratação dos frutos de bocaiuva influenciou na cor da polpa. A cor predominante foi melhor conservada na desidratação a 70°C em amostras sem cascas. A extração da polpa por tempos maiores que 75s propiciaram o desprendimento de partículas do endocarpo comprometendo a qualidade do produto. O rendimento da extração, as características físicas, químicas e os teores de carotenoides, indicaram que a condição ideal de despulpamento no protótipo construído, foi obtida em frutos previamente desidratados sem casca por 24h a 70°C . Nessas condições, obtém-se polpa com especificação ANVISA para farinha com $9,3\%$ de umidade, acidez de $1,15\%$, atividade de água de $0,552$ e com retenção de $57,2\%$ de carotenoides.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Um conceito de despulpador foi concebido para auxiliar na mecanização do despulpamento dos frutos de bociuiva em comunidades rurais. As fases de desenvolvimento foram utilizadas no encadeamento das especificações do projeto, auxiliando na construção do protótipo.

Os requisitos preliminares para a concepção do protótipo destinado a despulpar frutos de bociuiva foi levantado nas comunidades rurais. Os requisitos foram classificados por meio do emprego do diagrama de Mudge, da matriz QFD e desdobrados em componentes pelas matrizes funcionais. A matriz morfológica e Pugh identificaram as características para a construção dos componentes do protótipo físico. Os testes de montagem, as avaliações em vazio do protótipo e a performance geral de funcionamento foram satisfatórias e permitiram a liberação para testes de bancada.

O dispositivo de bancada foi construído com materiais de baixo custo, compacto e fácil de operar. A avaliação de desempenho mostrou maior eficiência de extração para frutos com baixo teor de umidade.

A prévia desidratação dos frutos de bociuiva influenciou na cor da polpa e a melhor condição foi obtida nas amostras expostas sem cascas a 70°C. O desprendimento de partículas do endocarpo, nas extrações com residência maiores que 75s, escureceu a polpa e comprometeu a qualidade do produto.

A eficiência de extração no protótipo construído, foi maior que 80% para frutos previamente desidratados por 24hs a 70°C em intervalos de despulpamento de 75s. Nesta condição de processo, as características físicas, químicas e os teores de carotenoides da polpa foram melhores preservados, evidenciando ser a condição ideal para a extração da polpa de bociuiva no protótipo. A polpa processada neste tratamento apresentou característica de farinha, com retenção de 57,2% de carotenoides, acidez de 1,15% e umidade de 9,3%, menor que o exigido pela legislação brasileira para produção de farinha.

A eficiência alcançada na extração da polpa de frutos de bociuiva no protótipo, o aumento do rendimento do processo, a redução do tempo de despulpamento, o controle do processo durante a extração e a qualidade da polpa, mostraram as vantagens de se substituir o despulpamento manual pela mecanização no protótipo construído.

7 TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho pode ser prosseguido por meio das possíveis linhas de pesquisas:

- Adaptar o protótipo construído para ser utilizado na extração de outros frutos de espécies nativas, com características semelhantes aos de *Acrocomia*.
- Implementar dispositivos eletrônicos de segurança e de controle do sistema de despulpamento no protótipo.
- Avaliar a viabilidade técnica, econômica e social da implantação do protótipo construído na comunidade rural.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. G. et al. The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 35–1, p. 119–121, 2012.
- ABUD, A. K. D. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 04, p. 257–265, 2009.
- AGUIAR, J. P. L.; SOUZA, F. C. A. Desidratação e pulverização de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* L.): avaliação da vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. Special Issue, p. 1–10, 2017.
- ALBIERO, D. et al. Proposta conceitual de colhedoras autopropelidas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para a região Amazônica. **Revista Ciencia Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 382–389, 2012.
- ALBIERO, D. et al. Development of low-cost airboats for family farming. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 793–804, 2016.
- ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. D. S.; GAMERO, C. A. Desenvolvimento e projeto de colhedora de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para agricultura familiar nas regiões de matas de transição da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 1, p. 57–68, 2011.
- ALMEIDA, M. A. D. E. et al. **Avaliação do protótipo diamilk para produção de “leite de amendoim”**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais...Fortaleza-CE, Brazil: 2015**
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155–2159, 2011.
- ALVES, L. R. P.; PHILIPPI, D. A. Innovation and sustainability of bocaiuva flour : a study in Aquidauana-MS. **Revista Ateliê do Turismo**, v. 1, p. 85–105, 2017.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. DE A. C. E S.; FARO, Z. P. DE. Carotenoids as an alternative against hypovitaminosis A. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 233–243, 2006.
- AOQUI, M.; FAVARO, S. P.; MORENO, S. E. Caracterização do óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) e azeite de oliva (*Olea europaea* L.) virgem extra e seus efeitos sobre dislipidemia e outros parâmetros sanguíneos, tecido hepático e mutagênese em ratos wistar. **Biotecnologia Aplicada à Saúde**, v. 1, p. 1–143, 2012.
- ARISTONE, F.; LEME, F. M. **Como fazer farinha de bocaiúva: guia completo e livro de receitas**. 1. ed. Campo Grande-MS: UFMS, 2006.
- ARRUDA, A. S. O. et al. Economia solidária e desenvolvimento local sustentável: um estudo de caso em um sistema de agricultura familiar. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 17, p. 163–178, 2015.
- ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 3rd edn ed. Norte Americana New York.: Cengage Learning, 2014.
- AZEVEDO, S. C. M. et al. Estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) in natura em embalagens a vácuo. **Brazilian Journal**

- of Food Technology**, v. 20, p. 2–9, 2017.
- BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos - planejamento, concepção e modelagem**. 3. ed. Barueri-SP: Manole, 2013.
- BARROS, É. C. M. et al. Avaliação da composição centesimal, mineral e teor de antocianinas da polpa de juçará (*Euterpe edulis Martius*). **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 1, p. 21–26, 2015.
- BERGAMIM, J. S. Impactos ambientais e agricultura familiar : como esta relação apresenta-se no espaço rural paranaense. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 206–214, 2016.
- BESSA, R. A. et al. Filmes de amido e de amido/zeólita aplicados no recobrimento e conservação de goiaba (*Psidium guajava*). **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2190–2201, 2015.
- BHANDARI, V. . **Design of machine elements**. Norte Americana, New York.: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2010.
- BITTAR, I. Modernização do cerrado brasileiro e desenvolvimento sustentável: revendo a história. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 26–38, 2011.
- BORTOLOTTI, I. M. et al. Knowledge and use of wild edible plants in rural communities along Paraguay River, Pantanal, Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, n. 1, p. 46, 2015.
- BRASIL. **Portaria no 554, de 30 de Agosto de 1995. “Padronização e classificação da farinha de mandioca”**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/legislacao>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- BRASIL. **Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. “Normas técnica para farinha de trigo”**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/legislacao>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. “Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/legislacao>>. Acesso em: 18 set. 2014.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 20, de 22 de Março de 2007. “Regulamento técnico sobre disposições para embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos metálicos em contato com alimentos”**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/legislacao>>. Acesso em: 5 jul. 2016.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. 1. ed. Brasília-DF: Gráfica e Editora Qualidade, 2007. v. 7
- CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência Tecnológica Alimentar, Campinas**, v. 25, n. 3, p. 571–578, 2005.
- CAMPOS, M. B. N. et al. **Análise de viabilidade econômica financeira de uma unidade de extração de óleo de macaúba**. Biodiesel: tecnologia limpa. **Anais...Lavras-MG**: 2008
- CARDOSO, A. et al. Opportunities and challenges for sustainable production of *A. aculeata* through agroforestry systems. **Industrial Crops & Products**, p. 0–8, 2017.
- CARDOSO, I. M. Amazônia: em favor de uma nova agricultura. **Revista Agropecuaria da Embrapa Amazônia Oriental**, v. 3, p. 10, 2016.

- CASTRO, R. W. et al. Qualidade do preparado para bebida obtido a partir de polpa de juçara submetida ao tratamento térmico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. e2015008, p. 1–8, 2016.
- CAVALCANTI-OLIVEIRA, E. D. et al. Methods to prevent acidification of Macaúba (*Acrocomia aculeata*) fruit pulp oil: A promising oil for producing biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 703–707, 2015.
- CÉSAR, S. et al. The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 1213–1220, 2015.
- CHUBA-MACHADO, C. A. et al. Development of a Device to Pulping Fruits of Bocaiuva (*Acrocomia* sp.). Intended for the Communities that Practice Sustainable Agriculture or Strativism. **Journal of Agricultural Science**; v. Vol. 10, p. 1–11, 2018.
- CHUBA, C. A. M.; OLIVEIRA, K. V. DE; TOMMASELLI, M. A. G. **Proposta de implantação de cerca viva com macaúba em assentamentos rurais de Mato Grosso do Sul, como forma de redução de custos e aumento de renda**. I Congresso Brasileiro de Macaúba: Consolidação da Cadeia Produtiva. **Anais...Patos de Minas-MG, Brasil: 2013**
- CICONINI, G. et al. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 208–214, 2013.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleraceus*), jeriva (*Syagrus romanzoffiana*) and macauba (*Acrocomia aculeata*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 679–684, 2012.
- CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA et al. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BMC research notes**, v. 8, n. 1, p. 406, 2015.
- COSTA, A. G. et al. Relationship between biospeckle laser technique and firmness of *Acrocomia aculeata* fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 68–73, jan. 2017.
- COSTA, F. T. **Metodologia de desenvolvimento baseado em modelos e sua aplicação em máquinas agrícolas**. 2017. 95f. Dissertação (Mestre em Computação Aplicada): Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, Brasil, 2017.
- CUNHA, P. J. B. et al. Technical and economic study of different mechanized operations IN: em que os conjuntos estavam em regime estável de trabalho. **Coffee Science, Lavras**, v. 11, p. 87–96, 2016.
- DEMBITSKY, V. M. et al. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1671–1701, 2011.
- EVARISTO, A. B. et al. Potencial energético dos resíduos do fruto da macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 0103-9954, p. 571–577, 2016a.
- EVARISTO, A. B. et al. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 63–73, 2016b.

- EVRENDILEK, G. A. et al. Processing of fruits and fruit juices by novel electrotechnologies. **Food Engineering Magazine**, v. 4, p. 68–87, 2012.
- FARIAS, T. M. **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (Acrocomia sp) para a produção de óleos**. 2010. 108f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química): Programa de Pós- graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil, 2010.
- FORBES, H.; SCHAEFER, D. Social product development: the democratization of design, manufacture and innovation. **Procedia CIRP Design**, v. 60, p. 404–409, 2017.
- GALVANI, F. et al. Caracterização e armazenamento de farinhas de bocaiuva produzidas por processo artesanal e mecanizado. **Agroecol**, v. 1, p. 10, 2016.
- GALVANI, F.; FERNANDES, J. **Estudo do efeito da temperatura de secagem sobre alguns parâmetros nutricionais da polpa e da farinha de bocaiuva**. 5 Simpósio sobre Recursos Naturais Socioeconomico do Pantanal. **Anais...2010**
- GARCIA-NUNEZ, J. A. et al. Biomass and bioenergy evaluation of alternatives for the evolution of palm oil mills into biorefineries. **Biomass and Bioenergy**, 2016.
- GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos materiais**. 1. ed. Rio de Janeiro - Brazil.: Editora LTC, 2012.
- GMELIN, H.; SEURING, S. Determinants of a sustainable new product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 69, p. 1–9, 2014.
- GOULART, S. D. M. **Amadurecimento pós-colheita de frutos de macaúba e qualidade do óleo para a produção de biodiesel**. 2014. 84f. Dissertação (Mestre em Ciências): Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, 2014.
- GRANDE, S. C.; CREN, E. C. Demanda de proteínas vegetais: potencialidades e o diferencial dos farelos de macaúba. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, v. 02, n. 2446–9416, p. 190–214, 2016.
- HIATT, A. N.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Influence of simultaneous variations in temperature and relative humidity on chemical stability of two vitamin c forms and implications for shelf life models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3532–3540, 2010.
- HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 19–32, 1999.
- IBGE. **Censo Agropecuário**. 1. ed. Rio de Janeiro - Brazil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006.
- JARIMOPAS, B.; RUTTANADAT, N. Development of a young coconut fruit trimming machine. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 3, p. 752–757, 2007.
- JERÔNIMO, J. F. et al. Desenvolvimento e avaliação de um descaroçador e prensa enfiadora itinerantes para o beneficiamento do algodão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 319–326, 2013.
- JUNQUEIRA, N. Macaúba é matéria-prima promissora para biodiesel. **Revista Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. X, p. 5, 2014.
- KLOSTER, S.; CUNHA, L. A. G. Desenvolvimento territorial e turismo rural: as relações

- possíveis. **Desenvolvimento em Questão**, v. 12 n.27, p. 66–94, 2014.
- KOPPER, A. C. et al. Utilização tecnológica da farinha de bocaiuva na elaboração de biscoitos tipo cookie. **Alimento Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 3, p. 463–469, 2009.
- LAGOA, R.; RODRIGUES, J. R. **Biodiversidade, as biotecnologias e a procura de uma nova bioeconomia**. ESTG - Instituto Politécnico de Leiria. **Anais...Leiria - Portugal**: 2016
- LEITE, G. A. **Modelagem conceitual de um biossensor para detecção de aflatoxina em Castanha-do-Brasil**. 2014. 114f. Dissertação (Mestre em Sistemas Mecatrônicos): Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, 2014.
- LEITE, J. A. **Bancada multifuncional para simulação de mecanismos de falhas em máquinas**. 2014. 113f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica): Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, Guaratingueta-SP, Brasil, 2012.
- LORENZI, G. M. A. C.; NEGRELLE, R. R. B. *Acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. EX MART.: aspectos ecológicos. **Visão Acadêmica**, v. 7 n. 1, 2006.
- MACHADO, C. **Manejo e conservação genética in situ, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. no Pontal do Paranapanema**. 2016. 68f. Dissertação (Mestre em Agronomia): Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira-SP, Brasil, 2016.
- MACHADO, J.; MAZIERO, N. L. Aplicação do método MFD para projeto de produto modular com enfoque na manufatura e na montagem. **Revista CIATEC – UPF**, v. 6 (2), p. 1–14, 2014.
- MACHADO, L. W.; ROVERE, E. L. LA. The traditional technological approach and social technologies in the brazilian semiarid region. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 25, 2017.
- MACHADO, M. C.; TOLEDO, N. N. **Gestão do processo de desenvolvimento de produtos: uma abordagem baseada na criação de valor**. 1. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2008.
- MACHADO, W. et al. Evaluation of two fruit ecotypes (total and sclerocarpa) of macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 287–293, 2015.
- MAGOSSO, M. F. et al. *Acrocomia aculeata* prevents toxicogenetic damage caused by the antitumor agent cyclophosphamide. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, 2016.
- MANKINS, J. C. Technology readiness assessments : A retrospective. **Acta Astronautica**, v. 65, n. 9–10, p. 1216–1223, 2009.
- MARAFON, A. D. et al. The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology: a case study of R&D management. **European Journal of Innovation Management**, v. 18, p. 86–109, 2015.
- MARTHA, L. F. **Um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento de estruturas, versão educacional 2.11 para Windows**. Rio de Janeiro - BrazilTecgraf PUC-Rio, , 2002. Disponível em: <<https://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>>
- MATH, R. G. et al. Design and development of annatto (*Bixa orellana* L.) seed separator machine. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, p. 703–711, 2016.
- MATOS, I. O. et al. Prospection of fixed oils from brazilian and african flora in sustainable

- cosmetology. **Visão Acadêmica**, v. 16, n. 2, p. 18–37, 2015.
- MELCONIAN, S. **Elementos de máquinas**. São Paulo - Brazil: Editora Érica, 2012.
- MENDES, L.; URBINA, M. L. S. Communities of practice and their contribution to the technological development of family farming. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 25–39, 2015.
- MOOZ, E. D.; CASTELUCCI, A. C. L.; SPOTO, M. H. F. Technological and nutritional potential of macaúba fruit *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, n. 2, p. 86–89, 2012.
- MOREIRA JUNIOR, O. **Tecnologias para pequenos produtores rurais: desidratador híbrido e MCH funcionando com BFTs**. Dourados, Mato Grosso do Sul - Brazil: Editora Seriema, 2013.
- MUNHOZ, C. L. et al. Preparation of a cereal bar containing bocaiuva : physical , nutritional , microbiological and sensory evaluation. **Acta Scientiarum**, v. 36, p. 553–560, 2014a.
- MUNHOZ, C. L. et al. Drying of the kernel and fresh and osmotically dehydrated bocaiuva pulps. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, p. 165–170, 2014b.
- NASCIMENTO, A. D. P. DO et al. Extraction of *Acrocomia intumescens* Drude oil with supercritical carbon dioxide: Process modeling and comparison with organic solvent extractions. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 111, p. 1–7, 2016.
- NAVARRO-DÍAZ, H. J. et al. Macauba oil as an alternative feedstock for biodiesel : characterization and ester conversion by the supercritical method. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 93, p. 130–137, 2014.
- NEGRI, T. C.; BERNI, R. P. D. A.; CANNIATTI, S. G. B. Nutritional value of native and exotic fruits from Brazil. **Biosaúde**, v. 18, p. 82–96, 2016.
- NEIVA, D. S. et al. *Acrocomia emensis* (Arecaceae) genetic structure and diversity using SSR molecular markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 1, p. 5, 2016.
- NUNES, A. A. et al. Good practices of harvest and processing provide high quality Macauba pulp oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, p. 2036–2043, 2015.
- OBAYOPO, S. O. et al. Development of a plantain slicing device. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1310–1317, 2014.
- OETTERER, M. DE; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia alimentos**. 1. ed. Barueri-SP: Manole, 2006.
- OLIVEIRA, D.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Produzindo novidades na agricultura familiar: agregação de valor e agroecologia para o desenvolvimento rural. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 17–49, 2011.
- OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; DA COSTA, J. M. C. Bioactive compounds and physicochemical parameters of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) from Brazil: pulp and powder. **Food Science and Technology Research**, v. 20, n. 1, p. 7–12, 2014.
- ORMENESE, R. DE C. S. C. **Obtenção de Farinha de Banana Verde Por Diferentes Processos de Secagem e Aplicação em Produtos Alimentícios**. 2014. 113f. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos): Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, Brasil, 2010.
- ORSI, D. C. et al. Caracterização química da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata*).

- Journal of Fruits and Vegetables**, v. 1, n. 1, p. 45–48, 2015.
- OWOLARAFE, O. K. et al. Development of a locust bean processing device. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 248–256, 2013.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2008.
- PICHLER, R. F.; MELLO, C. I. DE. O Design e a valorização da identidade local. **Design & Tecnologia - UFRGS**, v. 04, p. 1–9, 2012.
- PLATH, M. et al. A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions. **Biomass and Bioenergy**, v. 91, p. 186–195, 2016.
- POCHMANN, M. **Brasil sem industrialização: a herança renunciada**. 1. ed. Ponta Grossa-PR: Editora UEPG, 2016.
- PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product development**. 1. ed. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1996. v. II
- QUEIROZ, L. A. L. et al. **Avaliação dos microrganismos presentes nos frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata*) após diferentes tratamentos pós-colheita**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...2014** Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/caracterizacao-das-propriedades-fsico-qumicas-da-polpa-da-macaba-acrocomia-aculeata-aps-diferentes-tratamentos-ps-colheita-e-armazenamento-17204>>
- RAJI, A. O.; OLOFIN, A. F. Design and development of leaf protein juice extraction machine. **Journal of Industrial Research and Technology**, v. 3, n. 1, p. 69–77, 2011.
- RAMOS, I. M. L. et al. Qualidade nutricional da polpa de bocaiuva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. Supl, p. 90–94, 2008.
- RAMOS, M. I. L. et al. Bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) improved vitamin A status in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 8, p. 3186–3190, abr. 2007.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation iii: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 01, p. 57–109, 2003.
- REIS, R. C. et al. **Obtenção da farinha de bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart) na casa do artesão de Corumbá-MS**. Cadernos de Agroecologia. **Anais...Gloria de Dourados-MS: 2012**
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides**. 1. ed. Brasília: Março, 2008.
- ROMANO, L. N. **Desenvolvimento de máquinas agrícolas - planejamento, projeto e produção**. 1. ed. São Paulo-SP: Blucher, 2013.
- RONCHI, H. S. **Food and medicinal potential of the native species of the environmental protection area - Apa Corumbataí, Botucatu and Tejupá - Perimeter Botucatu**. 2017. 111f. Dissertação (Mestre em Agronomia): Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, Brasil, 2017.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos - uma referência para a melhoria do processo**. Especial ed. São Paulo-SP: Editora Saraiva, 2006.
- SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e

- química de frutos da palmeira bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Mart) palm fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1023–1028, 2011.
- SANTOS, G. P. DOS. **Metodologia de superfície de resposta aplicada à secagem de frutos de macaúba para obtenção de óleo de polpa de alta qualidade**. 2014. 65f. Dissertação (Mestre em Biotecnologia): Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande-MS, Brasil, 2014.
- SCALON, S. DE P. Q.; OSHIRO, A. M.; DRESCH, D. M. Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia adamantium* Camb.) sob diferentes revestimentos e temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1022–1029, 2012.
- SCHMIDT, I. B. et al. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest product harvest. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 4, p. 815–826, 2011.
- SCHMITZ, L. A. **Uma ferramenta adaptativa para apoiar o planejamento de projetos do desenvolvimento de produtos**. 2013. 218f. Tese (Doutorado em Engenharia): Programa de Pós- graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil, 2013.
- SILVA, C. A. DE A.; FONSECA, G. G. Brazilian Savannah fruits : characteristics, properties and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1225–1232, 2016.
- SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. DE. Extração dos óleos do fruto da macaúba no norte de Minas Gerais : rota de processamento e viabilidade econômica. **Revista de economia agrícola**, v. 61, n. 1, p. 23–34, 2014.
- SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of macauba palm tree. **Journal of Food Process Engineering**, v. 36, n. 1, p. 134–145, 2013.
- SILVA, M. DE A.; NEVES, R. J. Public policies for family farming in the southwestern region of the state of Mato Grosso: reality and perspectives. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences (UEM)**, v. Vol.36(2), p. 125(11), 2014.
- SIQUEIRA, O. G. O modo de produção capitalista e a agricultura. **Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat**, v. 11, n. 2, p. 113–131, 2014.
- VALÉRIO, P. P. et al. **Perspectivas para um novo produto alimentício a base de óleo extraído do fruto a macaúba**. COBEQ - Congresso Brasileiro de Industria Química. **Anais...2014** Disponível em: <www.abq.org.br/rqi/dl.php?arquivo=2014/746/RQI-746.pdf%0A>
- VASCO-CORREA, J.; ZAPATA, A. D. Enzymatic Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passi Fl Ora Edulis F. Fl Avicarpa*) at laboratory and bench scale. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 280–285, 2017.
- VIANNA, S. A. et al. Evaluación física y nutricional de los frutos de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex Mart. (Arecaceae) con base en el color de la pulpa. **Revista Biodiversidad Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 89, 2015.
- VIANNA, S. A. et al. Biometric characterization of fruits and morphoanatomy of the mesocarp of *Acrocomia* species (Arecaceae). **International Journal of Biology**, v. 9, n. 3, p. 78, 2017.
- VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. 1. ed. Santa Maria: 1,

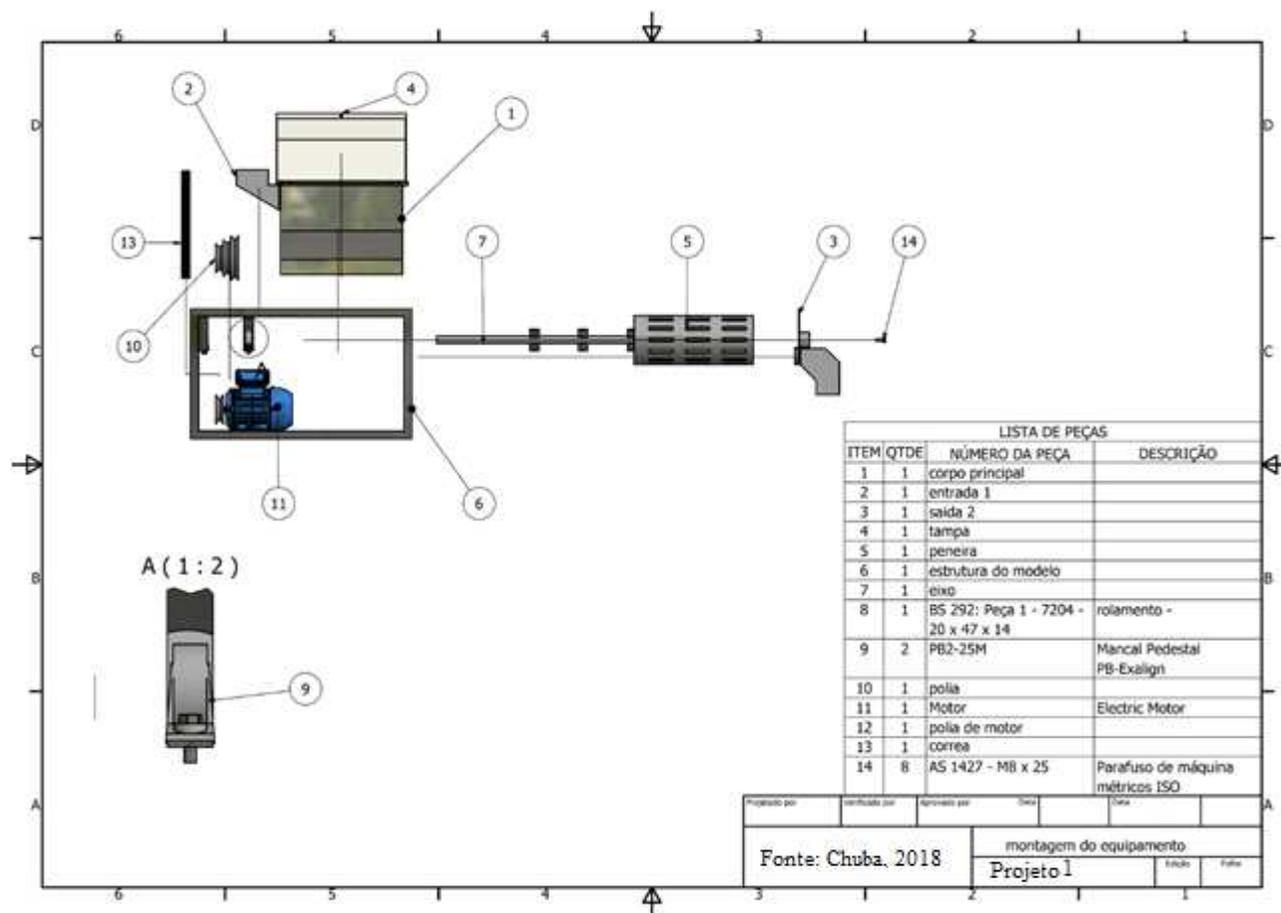
2005.

WALSH, A. M. et al. Integrating implicit and explicit emotional assessment of food quality and safety concerns. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 212–224, 2017.

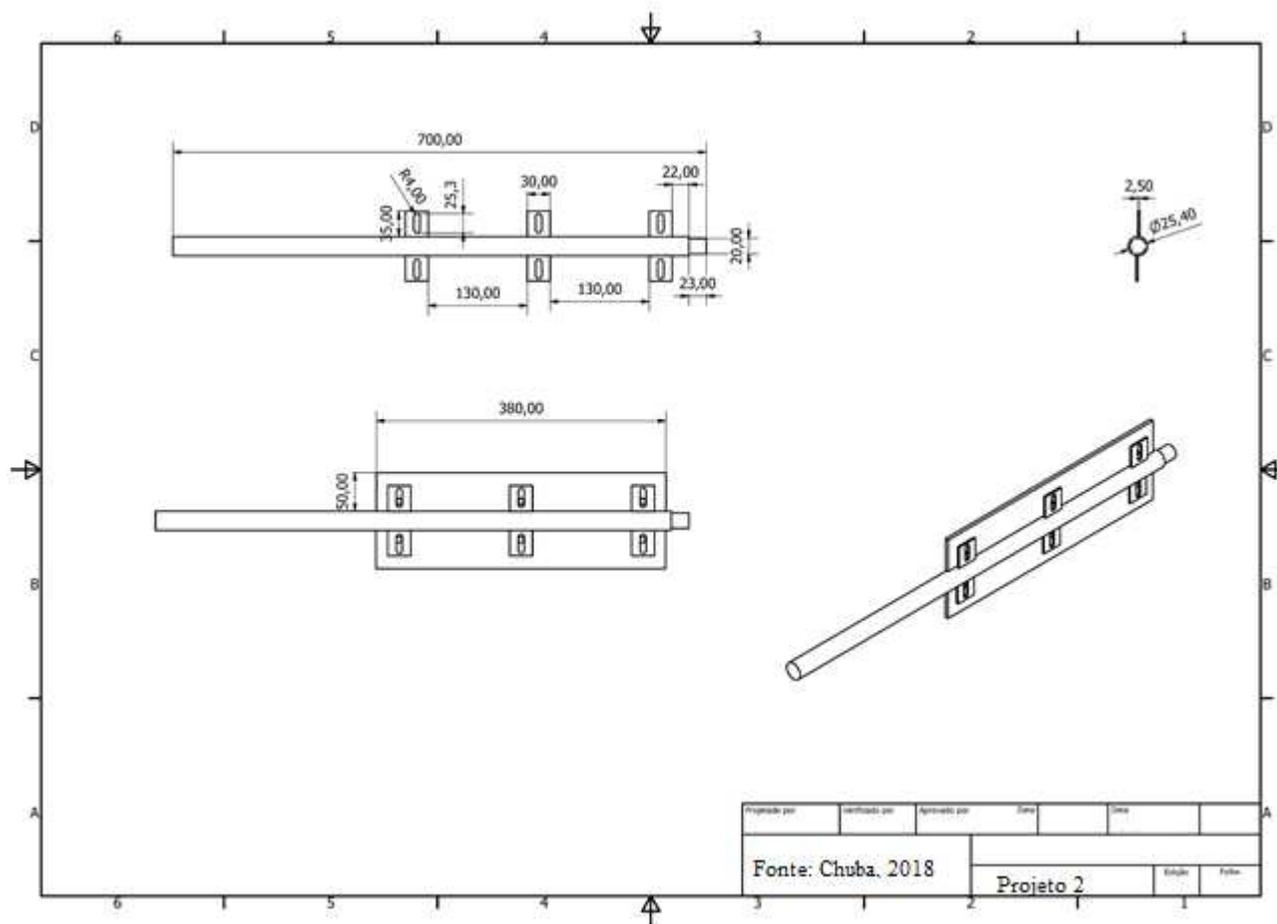
ZANATTA, S. **Caracterização da macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da educação do gosto**. 2015. 107f. Dissertação (Mestre em Ciências): Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.

APÊNDICE A

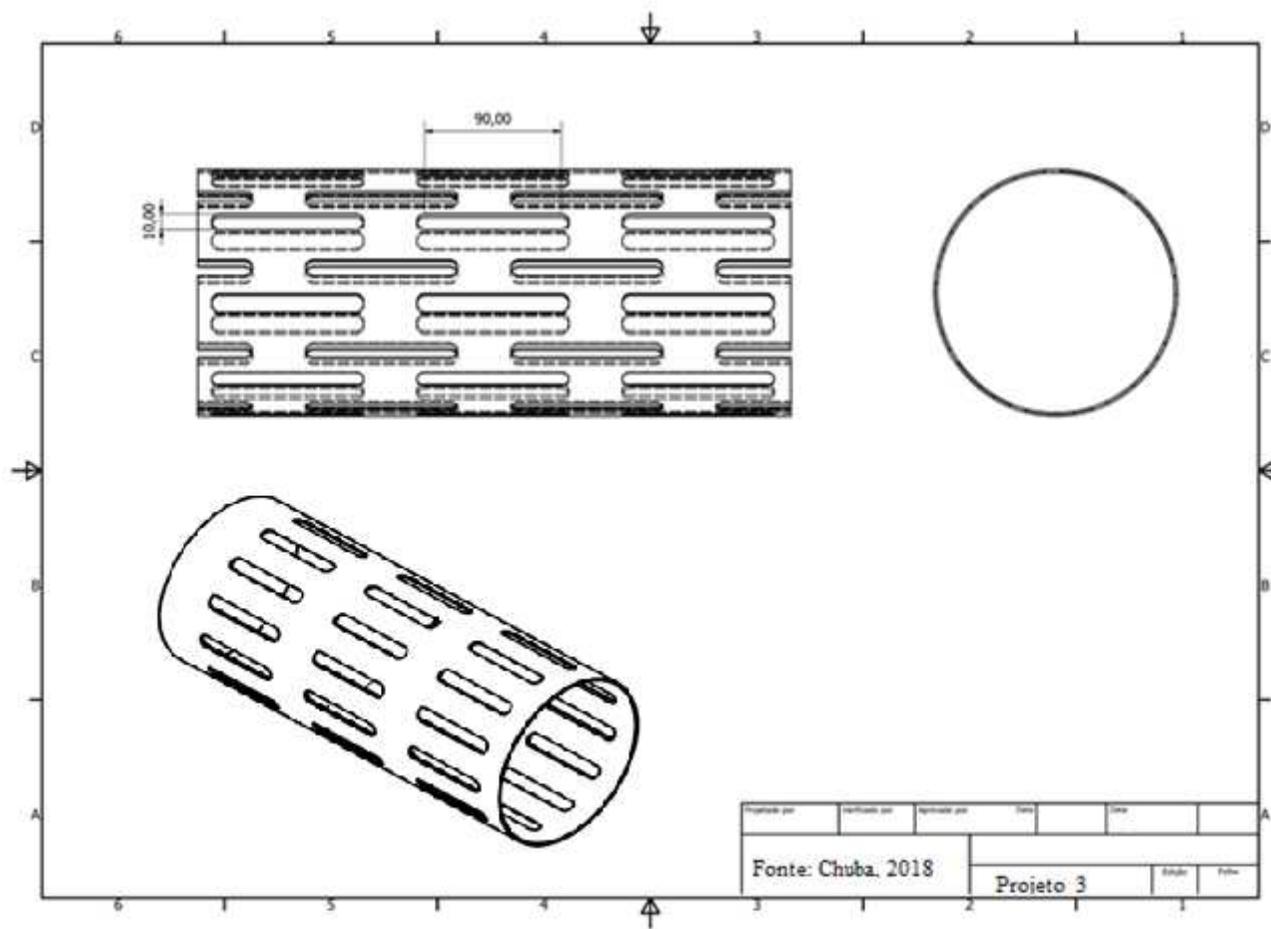
Projeto 1 - Partes esquemáticas do protótipo



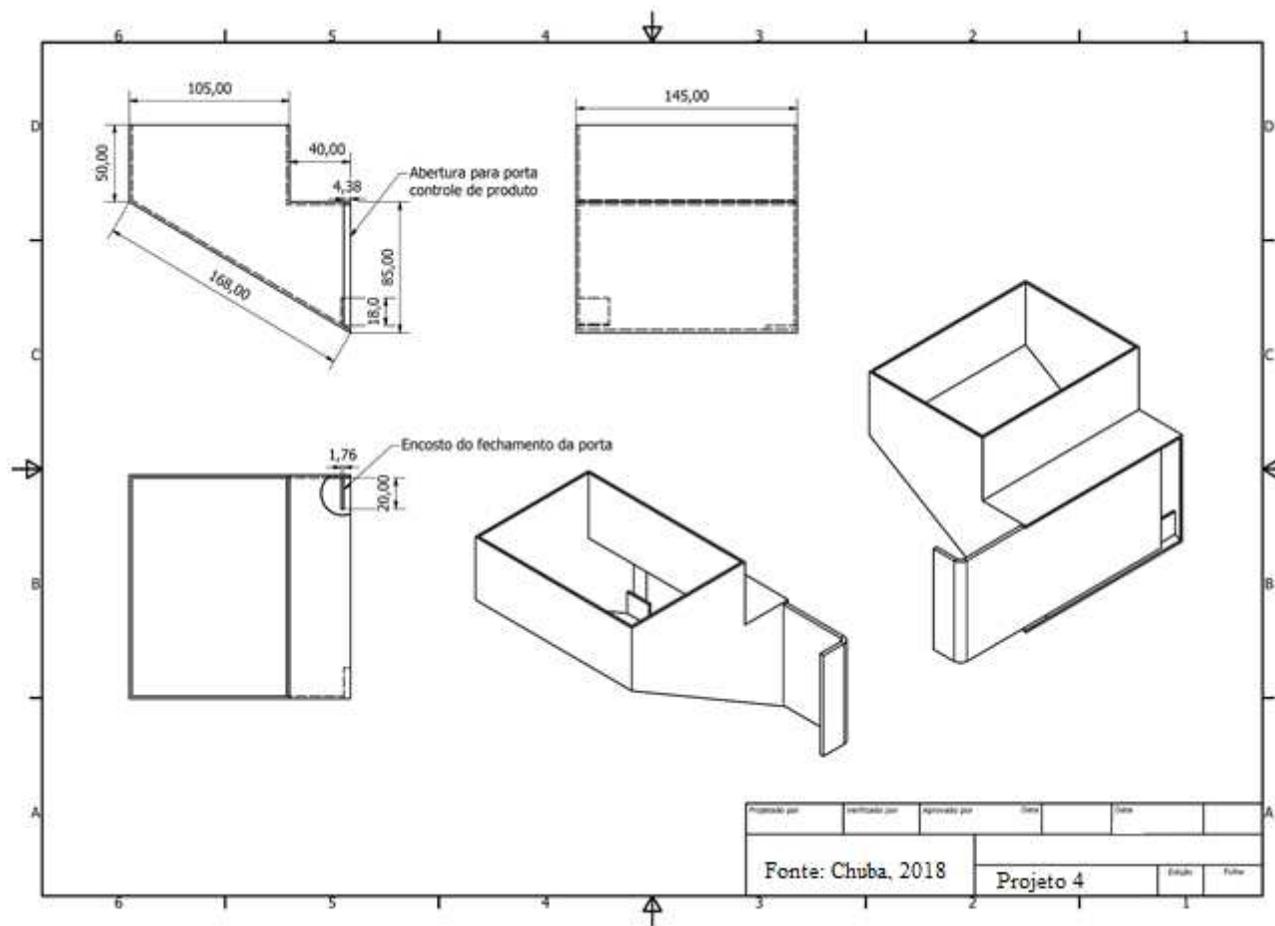
Projeto 2 - Vistas ortográficas e perspectivas do eixo e das palhetas



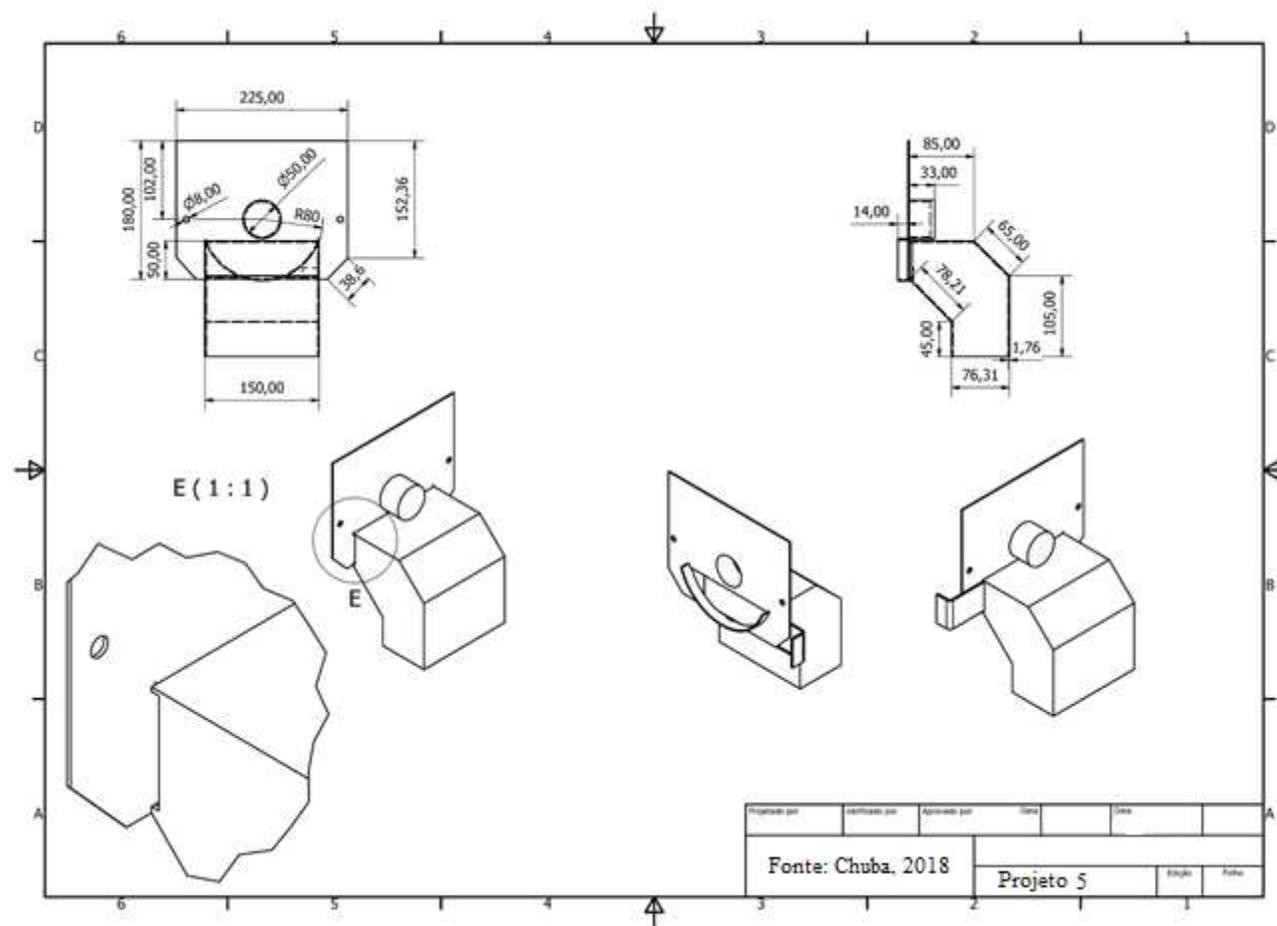
Projeto 3 - Vistas ortográficas e perspectivas do cilindro



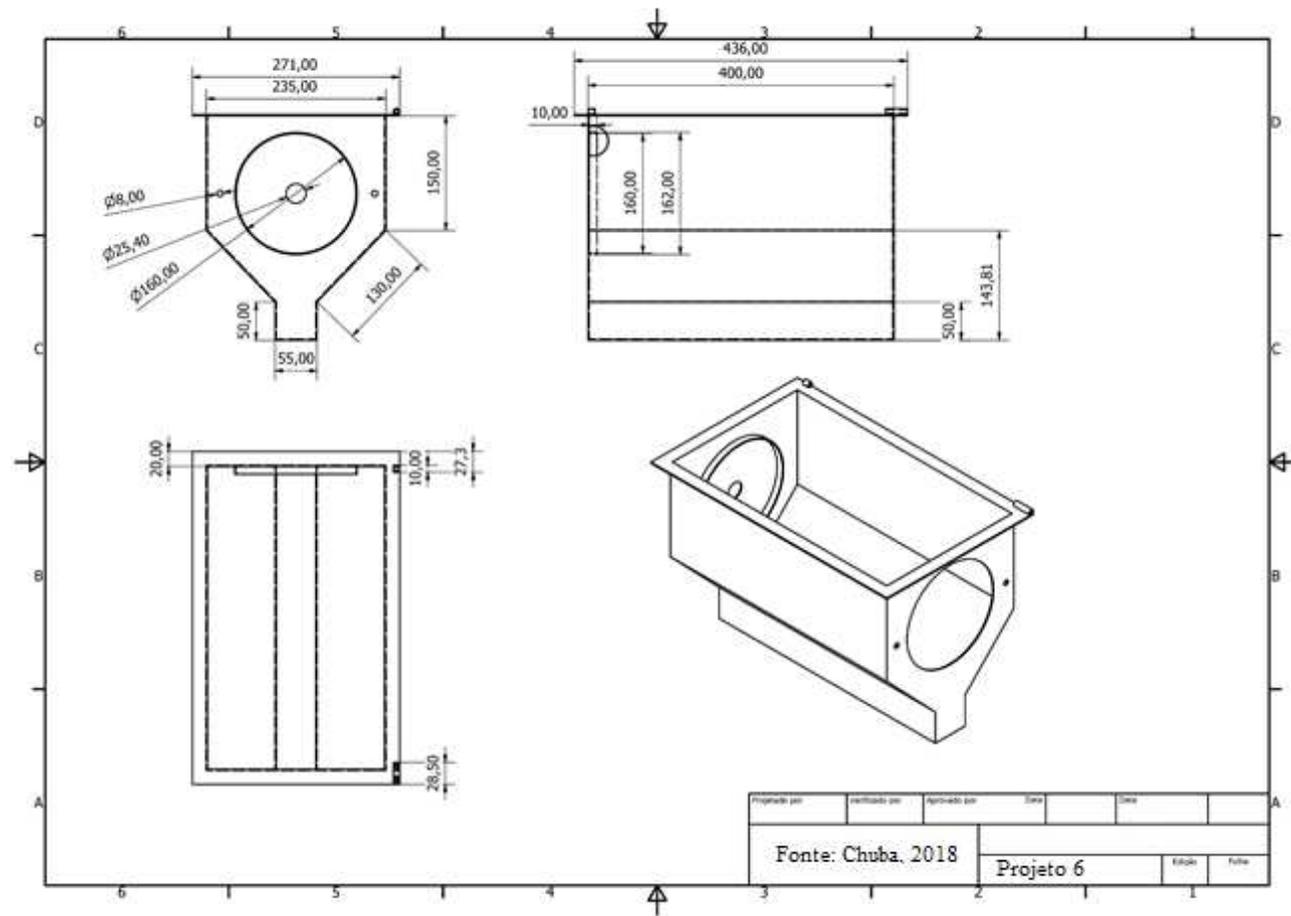
Projeto 4 - Vistas ortográficas e perspectivas do compartimento de entrada



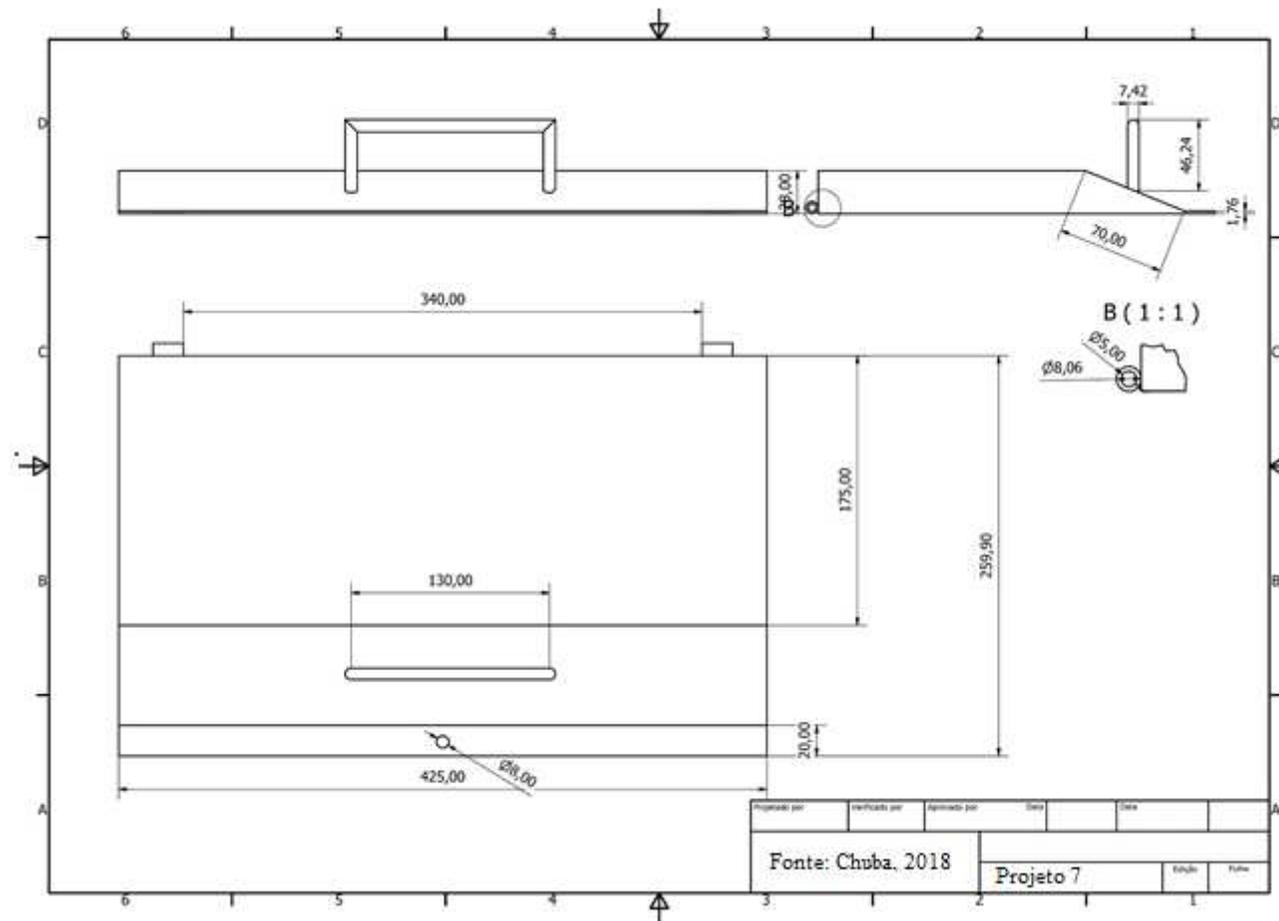
Projeto 5 - Vistas ortográficas e perspectivas do compartimento de saída



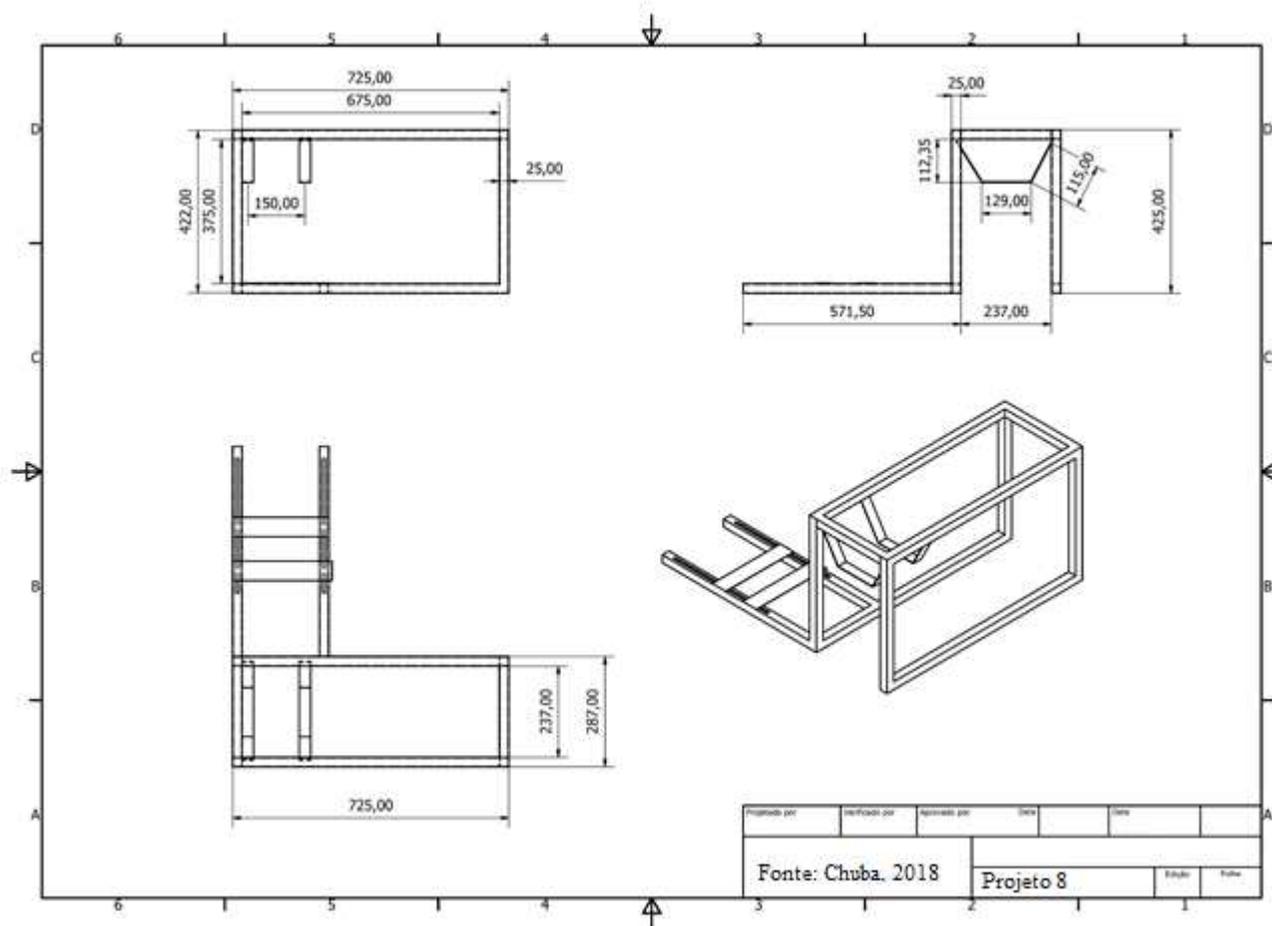
Projeto 6 - Vistas ortográficas e perspectivas do compartimento da carcaça



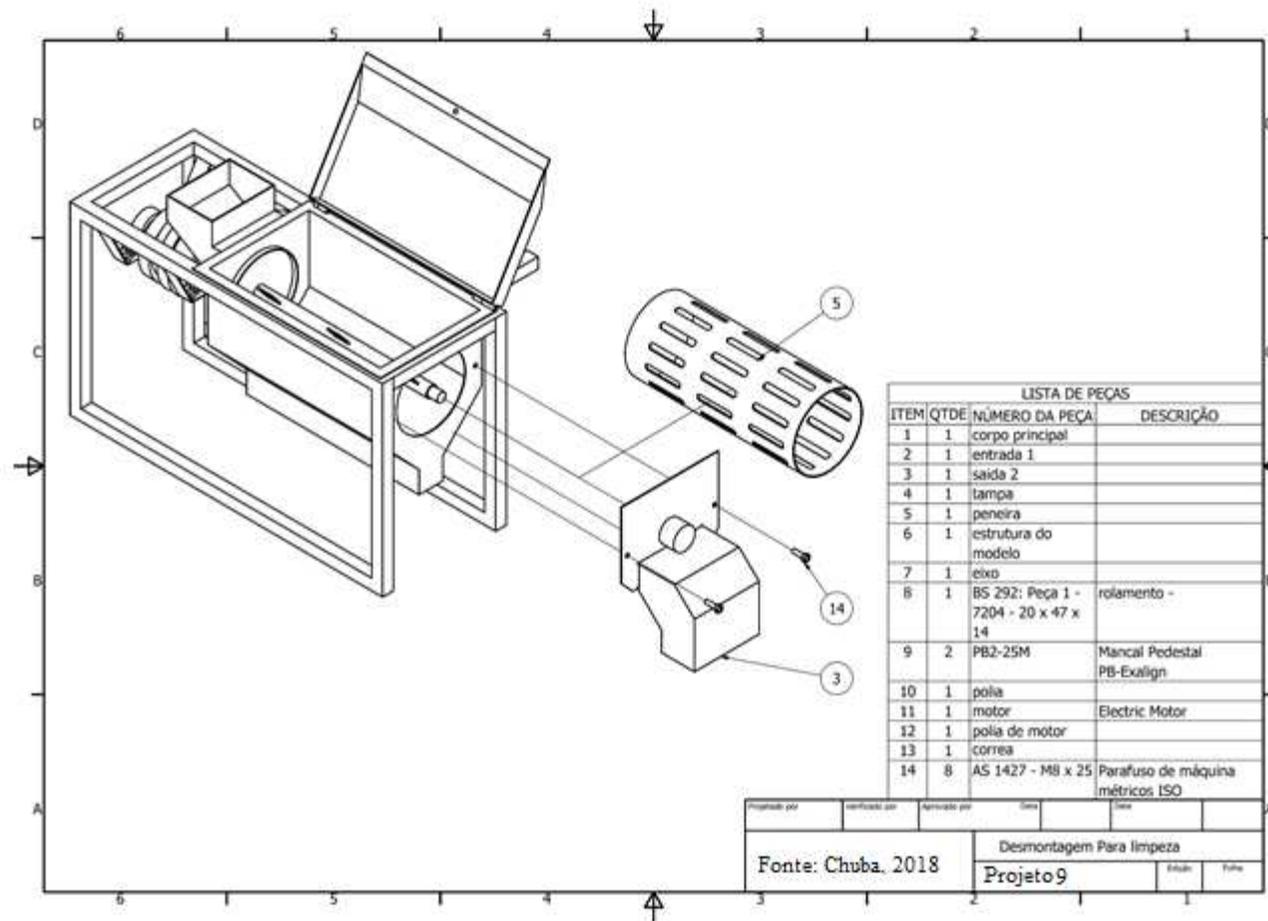
Projeto 7 - Vistas ortográficas e perspectivas da porta de inspeção.



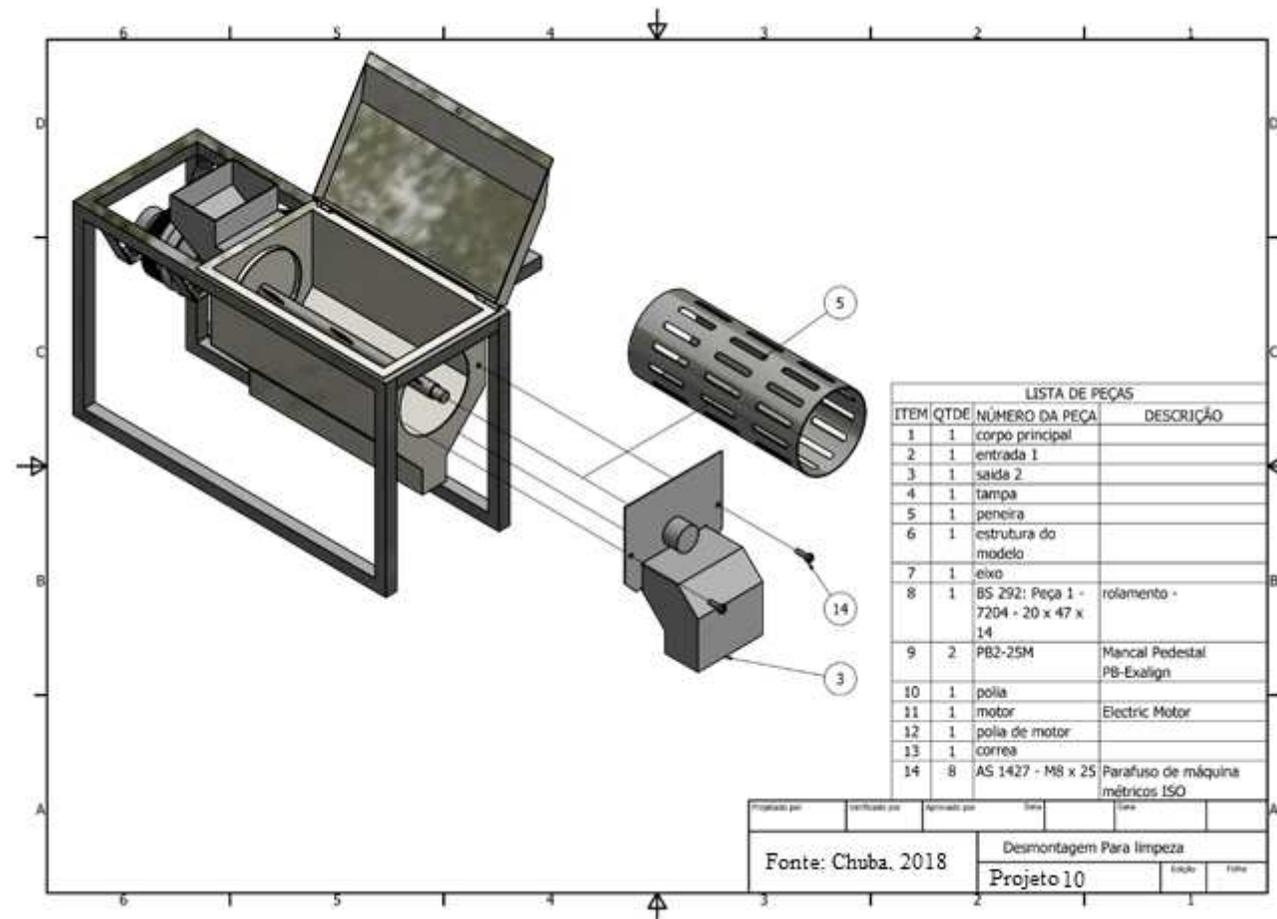
Projeto 8 - Vistas ortográficas e perspectivas do chassi



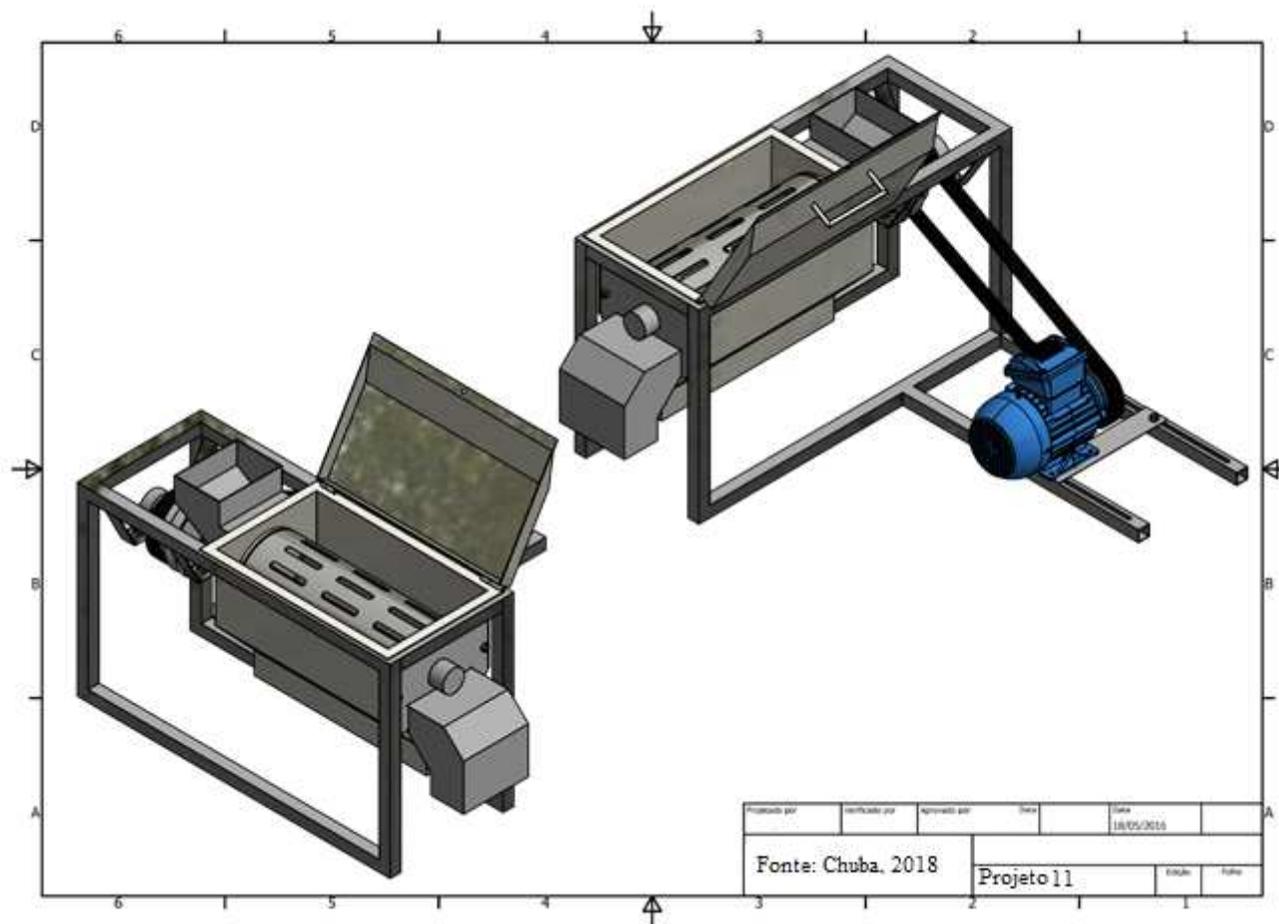
Projeto 9 - Detalhes da desmontagem para o procedimento de limpeza



Projeto 10 - Detalhes do protótipo desmontado



Projeto 11 - Perspectivas do protótipo construído



ANEXO A



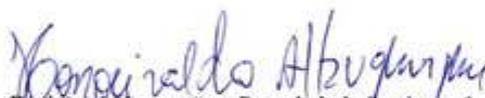
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENADORIA DE PESQUISA
DIVISÃO DE INOVAÇÃO E PROPRIEDADE INTELECTUAL



DECLARAÇÃO

Pela presente declaração, abaixo firmada, atestamos que o inventor Carlos Alberto Chuba Machado, portador do CPF: 069.651.248-30, endereço profissional Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 - Cidade Universitaria, Cx. Postal 364 - CEP 79804-970, **tem pedido de patente de invenção depositado com protocolo nº BR102018069245-3**, intitulado "DISPOSITIVO PARA DESPOLPAR FRUTOS COM ENDOCARPOS RÍGIDOS", sob gestão pelo Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual (NIPI) da Divisão de Inovação e Propriedade Intelectual da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, processo está depositado para proteção patentária a nível nacional, na data de 21-09-2018, junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Dourados, 10 de outubro de 2018.


Divisão de Inovação e Propriedade Intelectual

Honorivaldo R. Albuquerque Silva
Analista de Tecnologia da Informação
Matr. 1664576
Núcleo de Inovação e Propriedade
Intelectual – NIPI.

ANEXO B



Journal of Agricultural Science
Canadian Center of Science and Education
1120 Finch Avenue West, Suite 701-309, Toronto, ON, M0J 3H7, Canada
Tel: 1-416-642-3606
Fax: 1-416-642-3608
E-mail: jac@ccse.net.org
Website: www.ccse.net.org

June 22, 2018

Faculty of Engineering (FAEN)
Federal University of Grande Dourados (UFGD)
Dourados, MS
Brazil

Dear Dr. Carlos Alberto Machado Chuba,

Thanks for your submission of paper to *Journal of Agricultural Science*.

We have the pleasure to inform you that your manuscript has been accepted for publication. It will be published on the Vol. 10, No. 9, in August 2018.

Title: Development of a Device to Pulping Fruits of Bocariva (*Acrocomia aculeata* sp.)—Intended for the Communities that Practice Sustainable Agriculture or Strativism

Authors: Carlos Alberto Machado Chuba, Ramon Eduardo Pereira Silva, Andrea Cristina dos Santos, & Eliana Janet Sanjinez-Argandoña

If you have any questions, please do not hesitate to contact with us.

Sincerely,



Anne Brown

ANEXO C



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Extrato da solicitação Nº 54249 em PDF - Gerado em: 18/05/2016 as 11:05:49 horas

Dados básicos da Solicitação

Nº da solicitação: 54249	Situação atual: Submetida para análise	Data da situação atual: 18/05/2016
Tipo da solicitação: Autorização para atividades com finalidade científica		
Título do Projeto: Doutorado na Rede Pro Centro Oeste		

Dados do pesquisador

Nome: CARLOS ALBERTO CHUBA MACHADO	Nacionalidade: Brasileira	CPF: 06965124830	E-mail: caroschuba@gmail.com	Identidade: 20950967 esp SP	
Endereço: RUA IPIRANGA, 1051					
Bairro: JARDIM SÃO LUIZ	CEP: 79825-140	Município: DOURADOS	UF: MS	Fone: (Dxx67) 8145-2151	Fax:
Profissão: Professor do ensino superior			Nível escolar: Mestrado		

Dados do vínculo institucional

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS	CNPJ: 07.775.847/0001-97	Fone: (Dxx67) 8145-2151
Tipo de vínculo: Membro efetivo		Email: caroschuba@ufgd.edu.br
Observação:		

Atividades da solicitação

Descrição das atividades/substrato	Tipo do item
Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Atividades



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Locais onde as atividades serão executadas

Descrição do local	Bioma	Município	UF	Tipo do local	Abrange caverna?
Rodovia	Cerrado	DOURADOS	MS	Fora de UC Federal	Não

Táxon(s)

Taxon	Grupo taxonômico
Família Arecaceae	Plantas
Gênero Aroccoma	Plantas

Táxon(s) X Atividades

Grupo	Taxon	Envolve espécie ameaçada?	Qtd prevista	Atividade
Plantas	Gênero Aroccoma	SIM		Coleta/transporte de material botânico, fungico ou microbiológico
Plantas	Família Arecaceae	SIM		Coleta/transporte de material botânico, fungico ou microbiológico

Táxon(s) X Materiais, métodos e amostras biológicas

Grupo taxonômico	Descrição	Tipo
Plantas	Frutos/estrótilos	Amostras biológicas
Plantas	Captura manual	Método de captura/coleta

Destino(s) do(s) material(is) biológico(s) coletado(s)

Descrição do destino	Tipo do destino
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS	uso nos testes de equipamento em desenvolvimento

Instituição(ões) participante(s)

Nome da Instituição	Participação
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DURADOS	DOUTORANDO

Cronograma de atividades

Descrição da atividade	Data Inicio	Data Fim
COLETAS DE FRUTOS DE BOCAIIVA, PARA TESTE DE EQUIPAMENTO DE DESPOLPAMENTO	08/08/2016	08/08/2016

Áreas do conhecimento

Descrição da atividade



Descrição da atividade
Recursos Florestais e Engenharia Florestal

Dados básicos

Introdução/Justificativa	<p>A bocaluva (<i>Acrocomia aculeata</i>) vem sendo utilizada pelas comunidades rurais de diversas formas, sendo seu despolpamento realizado manualmente. A exploração da farinha da polpa de bocaluva (<i>Acrocomia Aculeata</i>) produzida artesanalmente em diversas comunidades, principalmente por pequenos agricultores ou comunidades extrativistas, geralmente por mulheres, cuja despolpas são realizadas manualmente e devido as quantidades produzidas não conseguem atingir mercados consumidores maiores. O uso de equipamentos de pequeno porte torna fundamental para a expansão da produção de polpa em especial as com base familiar.</p> <p>Segundo Galvani (2010), o processamento é constituído das etapas de coleta, limpeza e seleção dos frutos saudáveis e posterior processo de extração da casca, polpa e a amêndoa. Indica ainda que a maior limitação para o beneficiamento da bocaluva é a grande aderência da polpa ao endocarpo.</p> <p>Segundo Romano (2013), o desenvolvimento de equipamentos para o agronegócio está baseado na demanda e nas adaptações de concepções de máquinas pré-existentes com características dos similares, com baixa inovação tecnológica e carente de testes de bancada.</p> <p>As rotinas manuais tende a ser substituídos por processos mecânicos, como a utilização de despolpadeira, proporcionando aumento da produtividade. Assim, desilumbrou a necessidade de desenvolver um equipamento de pequeno porte, para minimizar as rotinas dos métodos tradicionais tediosos, demorados e que viabilizasse a aquisição de equipamentos, considerando a situação financeira dos pequenos produtores. Por outro lado, são apontados como requisitos que a máquina seja fácil de operar, com baixo consumo, eficiente no despolpamento e propiciando qualidade do produto final.</p>
Objetivo geral	Assim, este trabalho, procura desvincular a carência de tecnologias comerciais, proporcionando equipamentos específicos para motivar o extrativismo como forma de preservação das palmeáceas e produzir renda para as comunidades envolvidas, por meio da solução problemas de mecanização para as tarefas rotineiras do campo.
Objetivos específicos	<p>Produzir equipamento para despolpamento dos frutos de bocaluva.</p> <p>Possibilitar aumento da produção de polpa para fabricação de farinha.</p> <p>Propor equipamento baixo custo.</p>
Material e métodos	Assim, este trabalho, procura desvincular a carência de tecnologias comerciais, proporcionando equipamentos específicos para motivar o extrativismo como forma de preservação das palmeáceas e produzir renda para as comunidades envolvidas, por meio da solução problemas de mecanização para as tarefas rotineiras do campo.
Resultados esperados	Controle de qualidade da polpa durante o despolpamento e protótipo com baixo custo de aquisição para as comunidades rurais.
Referências bibliográficas	<p>GALVANI, FABIO; SANTOS, JEAN FERNANDES. Extração mecânica da polpa da bocaluva voltada para a fabricação de alimentos em comunidades extrativistas de Miranda, MS. Mechanical extraction of pulp bocaluva aimed at food manufacturing in the community of Miranda, MS. Resumos do III Seminário de Agroecologia de MS. Cadernos de Agroecologia, Vol 5 N.1, 2010.</p> <p>ROMANO, LEONARDO NABAES. Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas 1 Planejamento, Projeto e Produção. Editora Blucher. São Paulo, 2013.</p>

Histórico da Solicitação

Data/hora	Nome do funcionário	Unidade	Descrição da situação	Observação
16/05/2016 11:56			Submetida para análise	
17/05/2016 19:02			Em elaboração	