



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE

PATRICIA SILVA PIRES

ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DE BIOPRODUTOS OBTIDOS POR PIRÓLISE
DA CASCA DE COCO BABAÇU (*ATTALEA SPECIOSA* MART ex. SPRENG)
EM COMUNIDADES DE QUEBRADEIRAS DO CERRADO-AMAZÔNIA

PALMAS – TO

2023

PATRICIA SILVA PIRES

ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DE BIOPRODUTOS OBTIDOS POR PIRÓLISE DA
CASCA DE COCO BABAÇU (*ATTALEA SPECIOSA* MART ex. SPRENG) EM
COMUNIDADES DE QUEBRADEIRAS DO CERRADO-AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Magale Karine Diel Rambo

Coorientador: Prof. Dr. Heber Rogerio Gracio

PALMAS – TO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- P667a Pires, Patricia Silva.
Análise Socioeconômica de Bioprodutos Obtidos por Pirólise da Casca de Coco Babaçu (*Attalea Speciosa Mart Ex. Spreng*) em Comunidades de Quebradeiras de Coco do Cerrado-Amazônia. / Patricia Silva Pires. – Palmas, TO, 2023.
72 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências do Ambiente, 2023.
Orientadora : Magale Karine Diel Rambo
Coorientador: Heber Rogério Gracio
1. Biomassa lignocelulósica. 2. Bio-óleo. 3. Biocarvão. 4. Energia. I. Título
CDD 628
-

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PATRICIA SILVA PIRES

ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DE BIOPRODUTOS OBTIDOS POR PIRÓLISE DA
CASCA DE COCO BABAÇU (*ATTALEA SPECIOSA* MART ex. SPRENG) EM
COMUNIDADES DE QUEBRADEIRAS DO CERRADO-AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Magale Karine Diel Rambo
Coorientador: Prof. Dr. Heber Rogerio Gracio

Data de Aprovação: 27/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Magale Karine Diel Rambo

Universidade Federal do Tocantins – PPGCiamb/UFT

Orientador e Presidente

Prof. Dra. Adriana Malvasio

Universidade Federal do Tocantins – PPGCiamb/UFT

Avaliador

Prof. Dr. Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira

Universidade Federal do Paraná–UFPR

Avaliador

Prof. Dr. Héber Rogério Gracio

Universidade Federal do Tocantins – PPGCiamb/UFT

Avaliador - Suplente interno

Dedico este trabalho à minha mãe exemplo de fortaleza, aos meus filhos, incentivadores do meu processo de conhecimento e ao marido pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por nunca me abandonar.

Aos meus filhos Pedro Ruan, Romeo Fleury e Matheus, minhas fontes de inspiração.

Aos meus pais Francisco Pires e Alzirene Fernandes pela vida, amor e respeito.

Aos meu avós José Patrício e Helena, criaram e me deram todo incentivo educacional para os estudos, por mais obstáculos que a vida nos apresentou.

Aos meus irmãos Samuel, Fernando, Douglas e Mariany pelo carinho e amizade.

Ao meu querido esposo, Phillipe. Apoiou e dedicou o seu tempo para as discussões sobre o desenvolvimento da pesquisa. Acompanhar todas as etapas desse degrau de formação. O orgulho de ter edificado a nossa família, gratificam-me sobremaneira.

A professora Dra. Magale Karine Diel Rambo, a paciência, o incentivo, a confiança e ensinamentos passados, tornando esse processo de mudança importante na minha vida.

Ao Prof. Dr. Heber Rogério Gracio, pela coorientação prestando valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza pela parceria sempre pronto a ajudar em tantas etapas de laboratório e de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (PPG Ciamb/UFT) agradeço pela oportunidade de concluir importante etapa da carreira acadêmica.

Ao Instituto Federal do Tocantins – IFTO – por meio do Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética – LARSEN – por todo o suporte técnico para a realização de testes e análises.

Meus agradecimentos à equipe que trabalha na sede do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB), na cidade de São Miguel do Tocantins e São Bento - TO, pelo apoio no período da pesquisa de levantamento de dados. Gratidão e toda minha admiração e respeito às essas mulheres quebradeiras de coco babaçu.

Aos meus colegas, Mariana Borges, Cláudio Carneiro e Mateus Brito por me ajudarem em tantas etapas dessa dissertação e publicações. Vocês são indescritíveis!

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida.

A todas as pessoas que ajudaram e contribuíram para realização desse trabalho.

Obrigada!

RESUMO

PIRES, P. S. Análise socioeconômica de bioprodutos obtidos por pirólise da casca de coco babaçu (*Attalea Speciosa* Mart ex. Spreng) em comunidades de quebradeiras do Cerrado-Amazônia. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, 2023.

Resíduos de biomassa lignocelulósica (BL) advindas do coco babaçu podem gerar materiais interessantes para as indústrias química e alimentícia. Foram desenvolvidos processos de ativação física por prensagem a frio e pirólise lenta, bem como ativação físico-química com cloreto de zinco ($ZnCl_2$), para produzir produtos como o bio-óleo (30%) e o biocarvão (31%), com bons rendimentos. O carvão apresentou bons resultados quanto à capacidade de adsorção ($357 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ de área superficial BET) e o bio-óleo quanto a possibilidade de extração de compostos químicos (fenóis com 45,81% e aldeídos com 32,76%). Em estudo aplicado em outro contexto, e incluído como capítulo, foram analisados os principais custos de produção do processo, e os resultados indicam que o processo proposto é economicamente viável e atraente com lucros de \$ 422.416,10. Por fim, após dialogar com as quebradeiras de coco e entender suas necessidades, estudou-se a viabilidade de desenvolver, economicamente, as famílias contatadas por meio da transferência de tecnologia para extração do óleo, torta, biocarvão e bio-óleo do coco babaçu, demonstrando a possibilidade de geração de renda com base na rentabilidade alcançada neste estudo.

Palavras-chave: Biomassa lignocelulósica, bio-óleo, biocarvão, energia.

ABSTRACT

PIRES, P. S. Socioeconomic analysis of bioproducts obtained by pyrolysis of babassu coconut shell (*Attalea Speciosa* Mart ex. Spreng) in communities of breakers in the Cerrado-Amazon. Dissertation (Masters) – Federal University of Tocantins, Postgraduate Course in Environmental Sciences, 2023.

Residues of lignocellulosic biomass from babassu coconut can generate interesting materials for the chemical and food industries. Physical activation processes by cold pressing and slow pyrolysis, as well as physical-chemical activation with zinc chloride ($ZnCl_2$), were developed to produce products such as bio-oil (30%) and biochar (31%), with good income. Charcoal showed good results in terms of adsorption capacity ($357\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ BET surface area) and bio-oil in terms of the possibility of extracting chemical compounds (phenols with 45.81% and aldehydes with 32.76%). In a study applied in another context, and included as a chapter, the main production costs of the process were analyzed, and the results indicate that the proposed process is economically viable and attractive with profits of \$422,416.10. Finally, after dialoguing with the coconut breakers and understanding their needs, the viability of economically developing the contacted families was studied through the transfer of technology for the extraction of oil, cake, biochar and bio-oil from the babassu coconut, demonstrating the possibility of generating income based on the profitability achieved in this study.

Keywords: Lignocellulosic biomass, bio-oil, biochar, energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto do babaçu e suas estruturas.	23
Figura 2. Aplicações dos constituintes do coco de babaçu.	24
Figura 3. Reator utilizado no processo de pirólise.	26
Figura 4. Bio-óleo da casca do babaçu.	26
Figura 5. Biochar do resíduo do babaçu em laboratório (a) bioproduto manual (b).	27
Figura 6. Mapa das Regionais do “MIQCB” nos quatro Estados.	29
Figura 7. Mapa das Regionais do “MIQCB” nos quatro Estados.	34
Figura 8. Moinho de Bolas	35
Figura 9. Reator Aquecido por Forno Bipartido	36

LISTA DE TABELAS

Table 1. Babassu endocarp oil volatile compounds.....	51
Table 2. Biochar yield from lignocellulosic biomasses residues from the literature.....	52
Table 3. Surface area of the biochar from babassu mesocarp.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Volume e valor da produção de Babaçu.....	33
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASAP - Area System and Porosimetry equipment

ASTM - Sociedade Americana de Testes e Materiais (do inglês, American Society for Testing and Materials)

BET- Brunauer-Emmett-Teller

BL – Biomassa Lignocelulosica

CAPES - Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel for the scholarship granted

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

C6H10O5 - Polímero Natural Polissacarídeo

DMA - Direct Mercury Analyzer

DP - Grau de polimerização

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFTO - Institute of Science and Technology of Tocantins

GC-MS - Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (do inglês, Gas Chromatography Mass Spectrometry)

GEE – Gases Efeito Estufa

GWh - gigawatts-hora

IEI - Ionization Energy

MIQCB - Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu

MSD - Mass Detector Systems

NBR - Norma Técnica Brasileira

PAA – Programa de Aquisição de Alimentos

PAP/PQ - Research Support Program/Productivity in Research and Innovation

pH - Potencial Hidrogeniônico (do inglês, Hydrogen potential)

PNAE - Programa Nacional de Alimentação Escolar

PPG Ciamb - Pos-Graduate Program of Environmental Sciences

UFNT - Universidade Federal do Norte do Tocantins

UFT – Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 OBJETIVO	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 Biomassa.....	20
3.2. Composição estrutural dos materiais lignocelulósicos	21
3.2.1. Celulose.....	21
3.2.2. Hemicelulose.....	21
3.2.3. Lignina	22
3.3. Babaçu (<i>Attalea Speciosa</i> Mart ex. Spreng.)	22
3.4. Pirólise	25
3.5 Importância social e econômica do Babaçu para as quebradeiras de coco.....	27
3.5.1 Contextualização da Realidade Social Trabalhada.....	29
3.5.1.1. Relatos de forma de organização do MIQCB	30
3.5.2. Importância econômica do Babaçu para as quebradeiras do norte do Tocantins	32
3.5.2.1 Propostas de agregação de valores as atividades extrativistas do coco babaçu..	34
REFERÊNCIAS	37
4 ARTIGO PUBLICADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA -	
Socioeconomic Analysis of Bioproducts Derived from Babassu Nut Breakers Pyrolysis in	
Legal Amazonia Communities	45
4.1. Introduction.....	46
4.2. Experimental	47
4.2.1. Physicochemical characterization.....	47
4.2.1.1. Samples	47
4.2.1.2. Extraction and yield of oil from crude biomass	48
4.2.1.3. Analysis of oil volatiles from crude biomass by gas chromatography coupled	
to the gas chromatography-mass spectrometry detector (GC-MS).....	48
4.2.2. Pyrolysis process	48
4.2.3. Bio-oil	49
4.2.3.1. Hydrogen potential (pH) determination	49
4.2.3.2 Density Determination	49

4.2.3.3. Analysis by GC-MS	49
4.2.4 Biochar	50
4.2.4.1. Biochar activation	50
4.2.4.2. Surface Area: Brunauer-Emmett-Teller (BET).....	50
4.2.5. Approximate Social and Economic Feasibility	50
4.3. Results and Discussion	51
4.3.1. Characterization of gross biomass	51
4.3.2. Pyrolysis products	52
4.3.2.1 Biochar and Bio-oil	52
4.3.3. Social and economic analysis.....	54
4.3.3.1. Social analysis	54
4.3.3.2 Production estimate	55
4.3.3.3. Economic analysis.....	56
4.3.3.3.1 Babassu coconut processing costs.....	56
4.4 Conclusions.....	58
Acknowledgments.....	59
References	59
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
ANEXO - I.....	67
ANEXO - II	68
ANEXO – III.....	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Babaçu, conhecido, cientificamente, como *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng, é uma palmeira da família *Arecaceae*, que se desenvolve naturalmente por cerca de 15 milhões de hectares no norte e nordeste brasileiro, especialmente, nos estados do Piauí, de Tocantins e do Maranhão (VINHALA *et al.*, 2014). Essa planta representa grande importância econômica e sociocultural, principalmente, no estado de Tocantins, estando associada as “quebradeiras de coco”, mulheres que quebram coco para vender as sementes ricas em óleo (BRITO, 2015; CAVALLARI; TOLEDO, 2016).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2003), o Brasil se divide em três principais ecótonos: o Cerrado-Amazônia, que representa 4,85 % do território brasileiro (maior que os biomas Campos Sulinos e Costeiro juntos); o Caatinga-Amazônia, que corresponde a 1,7%; e o Cerrado-Caatinga, com 1,3%. O mapeamento também mostrou que há desequilíbrio entre o tamanho relativo dos ecótonos (e biomas) no território nacional e o percentual deles que é coberto por unidades de conservação de proteção integral: no Cerrado-Caatinga apenas 3.33% são protegidos; na Caatinga-Amazônia, 0,05%; e, no Cerrado-Amazônia 0,01%.

Silva (2007) discorre que além dos Biomas Amazônia e Cerrado, são identificados em Tocantins os chamados ecótonos, importante comunicação entre dois ou mais biomas, em que concerne a divisa e interação entre os elementos bióticos e constituem laboratórios para se estudar os pulsos de expansão e retração dos biomas durante as eras geológicas. No Brasil, estão presentes três zonas de transição (tensão), dos quais duas estão parcialmente inseridos na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, o Ecótono Cerrado-Amazônia e o Cerrado-Caatinga. Essa sugestão de vocabulário, aplica-se à vegetação de transição em outros estados do Brasil, por exemplo, em Tocantins. Neste ecótono, ao norte do Estado, na região conhecida como “Bico-do-Papagaio”, são encontradas as matas de babaçu.

De outro lado, uma das atividades econômicas mais compatíveis com a aptidão do ambiente natural do ecótono Cerrado-Amazônia está o extrativismo vegetal, com um número extremamente diversificado de produtos agroflorestais, demandados por indústrias, e, tangencialmente, pela agricultura familiar. Sob essa premissa, diversas biomassas lignocelulósicas são cultivadas e comercializadas para as mais variadas finalidades. O avanço da produção traz como consequência a geração de um montante considerável de resíduos lignocelulósicos, após o processamento e consumo das biomassas.

A geração de resíduos lignocelulósicos vem aumentando a cada ano, e devido às suas vantagens, os resíduos têm encontrado muitas aplicações com valor de mercado positivo (MARASCA *et al.*, 2022; RAMBO *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022). Em 2018, a produção de eletricidade a partir de produtos energéticos de biomassa foi de 54,4 mil gigawatts-hora (GWh), representando 9% de toda a matriz energética produzida no Brasil (IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021).

No atual contexto de crescente preocupação ambiental, o valor agregado dado aos resíduos do babaçu quando reaproveitados e transformados em produtos, passam a se destacar do ponto de vista econômico, em razão das suas características físico-químicas.

Na dimensão social, o presente estudo resgatou a luta histórica das quebradeiras de coco, em sua área de ocorrência, localizada na transição entre os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, residindo um dos mais expressivos contingentes do campesinato no país (MAY, 1986). Após décadas de opressão e resistência dos latifundiários, nascia no Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins o Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB). O MIQCB é o maior movimento político de mulheres da América Latina, reconhecidas como comunidades tradicionais e merece proteção quanto ao seu modo de vida pelo Estado. Suas conquistas foram, principalmente, fruto da articulação das mulheres da região (SOUZA *et al.*, 2011). No Tocantins, a Lei nº 9.159/2008 está em vigor há 14 anos, conhecida como Lei do Babaçu Livre, tem como bandeiras de luta pelo movimento: a defesa do meio ambiente, através do extrativismo do coco babaçu; a liberdade do acesso aos babaçuais, instituída pela norma federal específica, a; e o respeito e a implantação de formas particulares de cooperação e associativismo (REGO; PAULA ANDRADE, 2006).

Neste estudo, resíduos da casca de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) foram avaliados como recursos naturais sustentáveis na produção do bio-óleo e biocarvão, com vistas ao seu aproveitamento econômico e social pelas quebradeiras de coco como fonte alternativa de renda. Tal avaliação decorre da necessidade premente de componentes de biomassa para ter uma ampla gama de aplicações e campos relacionados a insights sociais e econômicos.

Nesse intuito verificou-se que existe uma particularidade social do uso que se faz dessa espécie específica desse ecótono, no qual se apresentou a proposição de outras formas de uso desse recurso natural.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial dos bioprodutos gerados pelo uso da biomassa residual do babaçu, obtido por meio da pirólise, como alternativa econômica para comunidades de quebradeiras de coco.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a composição química da biomassa residual do babaçu com vistas à detecção de importantes subprodutos;
- Identificar os subprodutos (bioóleo e biocarvão) da casca do coco babaçu a partir da pirólise rápida;
- Apresentar as quebradeiras a importância socioeconômica dos produtos e subprodutos do babaçu como uma nova alternativa de renda, a partir dos “resíduos” produzidos durante o beneficiamento desse produto.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Biomassa

A biomassa tem sido considerada como uma fonte potencial e renovável de energia que pode ser usada para a produção de uma variedade de produtos químicos e materiais (BRIDGEWATER & GRASSI, 1991, CHUM & OVEREND, 2001, ANTAL, 1983). As vantagens da biomassa sobre os combustíveis fósseis convencionais são seus baixos teores de enxofre e nitrogênio e nenhuma emissão líquida de CO₂ para a atmosfera (BRIDGEWATER & GRASSI, 1991, PROBSTEIN & HICKS, 1982). Os recursos de biomassa abrangem uma ampla gama de materiais, como resíduos florestais, culturas energéticas¹, resíduos orgânicos, resíduos agrícolas etc. Os resíduos agrícolas, uma biomassa prontamente disponível, são produzidos, anualmente, em todo o mundo e são amplamente subutilizados (WILLIAMS & NUGRANAD, 2000).

As ações antrópicas causam geração de resíduos, que representam ameaça por sua disposição no meio ambiente. A maioria desses resíduos não possui utilização de valor econômico, porém uma gestão adequada permite que ela possa ser empregada na produção de energia e compostos de valor agregado para inúmeros ramos da indústria (MELIKOGLU *et al.*, 2013). Assim, com as mudanças globais do setor industrial que envolvem vertentes econômicas, sociais e ambientais, a biorrefinaria atua como ferramenta estratégica para a realização de bioeconomia (UBANDO *et al.*, 2020).

Em seu levantamento, Sarkar *et al.*, (2016) definiram a biomassa como resíduo orgânico, de origem animal ou vegetal, que seja aplicado na geração de energia, estar presente em diversos segmentos, principalmente, na agroindústria. A energia da biomassa tem como potencialidade a possibilidade de substituição aos combustíveis fósseis, contribuindo para a mitigação dos impactos do efeito estufa (GEE), por isso, os estudiosos têm direcionado suas pesquisas sobre o aproveitamento energético de biomassa, no intuito de ampliar a produção de energia para atender o desenvolvimento de energia sustentável (DAI *et al.*, 2020).

Nesse sentido, a indústria de biorrefinaria tem lutado para alcançar competitividade econômica com a indústria de refinaria de petróleo, no sentido do uso eficiente de biomassa com geração mínima de resíduos e consumo de energia, somada a coprodução flexível de produtos voltados para o mercado (ZANG *et al.*, 2017).

¹ Energia proveniente da biomassa de determinadas espécies e cultivares para se adaptarem a condições específicas e para fins específicos na produção de energia (XU *et al.*, 2017)

3.2 Composição estrutural dos materiais lignocelulósicos

3.2.1 Celulose

A celulose, o polímero natural polissacarídeo ($C_6H_{10}O_5$), mais abundante, representando 40-60% em peso (SHARMA *et al.*, 2019), consiste em unidades β -D-glucopiranosose ligadas por ligações glicosídicas β -(1,4). As cadeias de celulose compostas de 500-1400 unidades de D-glicose são arranjadas juntas para formar microfibrilas, que são empacotadas juntas para formar fibrilas de celulose (MCKENDRY, 2002; ROBAK e BALCEREK, 2018).

As fibrilas de celulose são embebidas em uma matriz lignocelulósica que a torna muito resistente à hidrólise enzimática. Yoo *et al.*, relataram que o teor de celulose estava positivamente correlacionado com a liberação de glicose (YOO *et al.*, 2017). O grau de polimerização (DP) da celulose, que é o número de unidades de glicose no polímero, desempenha um papel crucial na recalcitrância BL. Mas seu papel exato ainda não é muito claro e difícil de investigar individualmente com o conhecimento atual. De fato, a alteração do DP é sempre acompanhada por alterações nos parâmetros estruturais, como cristalinidade e porosidade.

3.2.2 Hemicelulose

As hemiceluloses são grupos heterogêneos de biopolímeros, representando 20 a 35% do peso da biomassa (CHANDEL *et al.*, 2018). Ele contém várias subunidades de monossacarídeos para formar xilanas, xiloglucanas, mananas e glucomananas e outras (MCKENDRY, 2002).

O DP das hemiceluloses está na faixa de 100 a 200 unidades (MOTA *et al.*, 2018), que é bem menor que o da celulose, mas pode apresentar alto grau de substituições mais ou menos complexas. A hemicelulose é amorfa, com pouca resistência física. É facilmente hidrolisado por ácidos ou bases diluídos, bem como por enzimas hemiceluloses (ISIKGOR & BECER, 2015). As hemiceluloses atuam como uma barreira física limitando a acessibilidade das enzimas. Foi relatado que a remoção de hemiceluloses por ácido diluído ou pré-tratamento por explosão de vapor pode aumentar a conversão de celulose, melhorando a acessibilidade de

enzimas à celulose (AUXENFANS *et al.*, 2017; HERBAUT *et al.*, 2018 ; SANTOS *et al.*, 2018).

3.2.3 Lignina

A lignina é o segundo polímero mais abundante na BL depois da celulose, correspondendo a 15-40% do peso seco (RAGAUSKAS *et al.*, 2014). É um heteropolímero amorfo muito complexo de unidades de construção fenilpropanóides (p -cumaril, coniferil e álcool sinapílico) (AGBOR *et al.*, 2011). A lignina é responsável pela hidrofobicidade e rigidez estrutural. É bem conhecido que a lignina desempenha um papel negativo na conversão da celulose influenciada por vários fatores, como o teor de lignina total, a composição/estrutura da lignina (em particular o teor de grupos hidroxila e o teor de unidades S e G) (SANTOS *et al.*, 2012).

Em primeiro lugar, a lignina pode limitar fisicamente a acessibilidade do polissacarídeo: ela desempenha um papel de barreira física que bloqueia o acesso de enzimas à celulose. Além disso, pode adsorver irreversivelmente celulasas e outras enzimas durante a hidrólise enzimática devido às suas características estruturais hidrofóbicas, incluindo ligações de hidrogênio, grupos metoxi e estruturas poliaromáticas. No geral, a lignina contribui fortemente para a recalcitrância da BL influenciada por sua composição química e sua estrutura, limitando a acessibilidade das enzimas à celulose.

3.3 Babaçu (*Attalea Speciosa* Mart ex. Spreng.)

Babaçu é o nome genérico dado às palmeiras oleaginosas pertencentes à família *Arecaceae* ou *Palmae*. A família apresenta cerca de 1.500 espécies distribuídas em mais de 200 gêneros, popularmente chamadas palmeiras, no entanto, a hibridização entre várias espécies do grupo dificulta o entendimento taxonômico do gênero (NEGRELLE, 2015), consequentemente, diferentes nomes científicos são utilizados para o babaçu (CAVALLARI & TOLEDO, 2016). Nesse trabalho, o nome comum de babaçu se refere a *Attalea Speciosa* Mart ex. Spreng (babaçu verdadeiro), mesmo utilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA, (1984); Clement *et al.*, (2005); Albiero *et al.*, (2007); Souza *et al.*, (2011); Maniglia & Tapia-Blácido, (2016); Vinhal *et al.*, (2014); Ribeiro Neto *et al.*, (2020).

A palmeira de babaçu (*Attalea Speciosa* Mart ex. Spreng) é nativa do Brasil, presente, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste do país nas zonas de transição entre o Cerrado e Floresta Amazônica (ALBIERO *et al.*, 2007; PROTÁSIO *et al.*, 2014; DIJKSTRA, 2016). Os estados do Maranhão, do Piauí e de Tocantins concentram as maiores extensões de matas onde predominam os babaçus (15 milhões de hectares), onde as florestas contêm cerca de 25 bilhões de árvores (ALBIERO *et al.*, 2007; TEIXEIRA, 2008; PROTÁSIO *et al.*, 2014; ARARUNA *et al.*, 2020). Contudo, elas aparecem em menor grau, na Bolívia, Colômbia e Suriname (SIRAKOV *et al.*, 2019).

Sua palmeira pode atingir até 30 m de altura, com diâmetro de caule variando de 20 a 50 cm (TEXEIRA, 2005; DIJKSTRA, 2016; SIRAKOV *et al.*, 2019). Os frutos desta palmeira são descritos como uma dupla de forma elipsoidal a oblongos, com peso de 40 a 440 g cada, sendo composto por quatro partes: epicarpo fibroso (11–13%), mesocarpo farinhento (20–23%), endocarpo lenhoso (57–63%) e amêndoas (7–9%), detalhamento na Figura 4 (VINHAL *et al.*, 2014; DIJKSTRA, 2016; AMARAL *et al.*, 2019; ARARUNA *et al.*, 2020).

Figura 1. Fruto do babaçu e suas estruturas.



Fonte: Adaptado pelo autor.

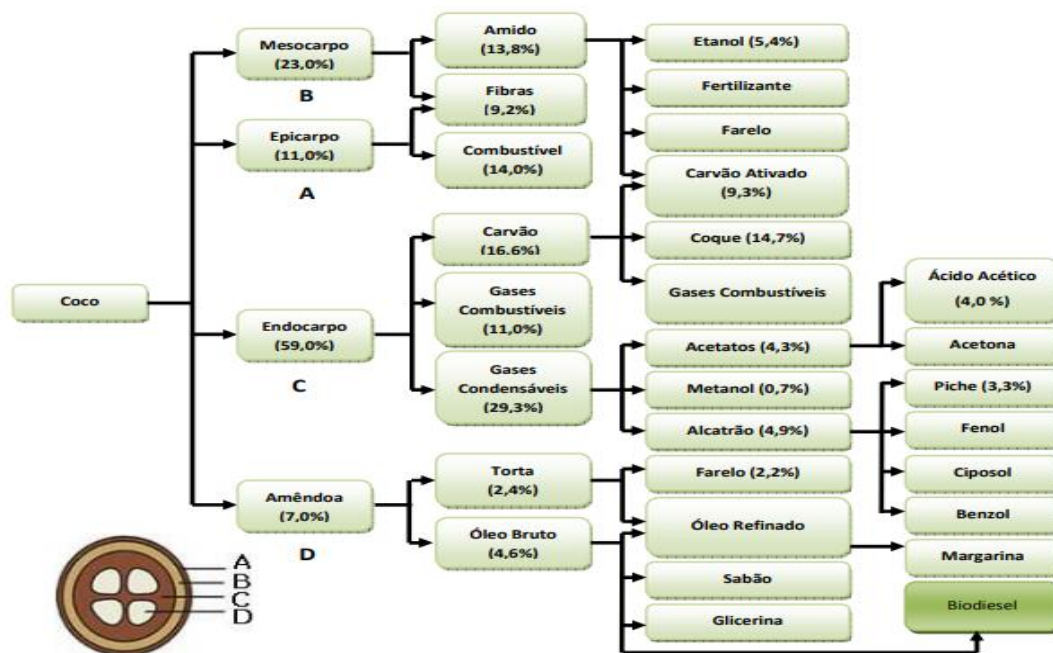
Como alternativa renovável para o país, as frações do babaçu (mesocarpo e endocarpo), pertencentes à família *Arecaceae*, são boas candidatas. *Attalea speciosa* Mart ex. Spreng (babaçu) é naturalmente abundante na América Central e, do Sul, especialmente, México, Peru, Bolívia e Brasil (HIURA & ROCHA, 2018). Nos estados do norte e nordeste do Brasil, especialmente, Maranhão, Piauí e Tocantins (15 milhões de hectares); as florestas contêm cerca de 25 bilhões de árvores (ARARUNA *et al.*, 2020). É uma das espécies de palmeiras mais importantes do Brasil e pode atingir entre 10 e 30 m de altura. Produz até cinco cachos que rendem de 250 a 500 frutos (cocos), cada um com entre 3 e 5 amêndoas (SANTOS *et al.*, 2017).

São inúmeros os produtos e serviços derivados dos babaçuais (Figura 2) que contribuem para os meios de vida de povos e de comunidades tradicionais, bem como de agricultores familiares. Contudo, apenas a produção comercializada de amêndoas é reconhecida pelas estatísticas oficiais agroextrativistas (SHIRAIISHI NETO, 2017; PORRO, 2019). Embora o fruto do babaçu possa ser totalmente explorado, é comum que suas cascas sejam descartadas no meio ambiente após a coleta das amêndoas (DIAS *et al.*, 2012), correspondendo aproximadamente 93% do total de frutos. Portanto, para cada tonelada de casca de babaçu, existem 930 kg de resíduos, que se tornam fonte de cultura energética advinda da biomassa (DIAS *et al.*, 2012).

Estima-se que no ano de 2018 foram extraídas 50.798 toneladas de amêndoas no Brasil (IBGE, 2018). Conforme Dias *et al.*, (2012) seria possível obter cerca de 1.409.016 toneladas de resíduos. Assim como a biomassa do coco-verde, as cascas de babaçu apresentam níveis totais de holocelulose (celulose+hemicelulose) de 62% e lignina de 31%, satisfatórios para o uso em biorrefinarias (PROTÁSIO *et al.*, 2014), atraindo o grande interesse de pesquisadores que lidam com fontes de energia renováveis, reciclagem de resíduos vegetais e biomateriais (RANUCCI *et al.*, 2018; AMARAL *et al.*, 2019; ARARUNA *et al.*, 2020).

A biomassa do babaçu tem potencial para produzir uma ampla gama de produtos como por exemplo, combustível (RANUCCI, *et al.*, 2018), carvão ativado (GHOSH *et al.*, 2018; HOPPEN *et al.*, 2018) entre outros (NOBRE *et al.*, 2018; RIBEIRO NETO *et al.*, 2020).

Figura 2. Aplicações dos constituintes do coco de babaçu.



Fonte: SANTOS, 2008.

O fruto do babaçu é amplamente consumido nas regiões norte e nordeste do Brasil e é considerado um recurso importante em termos econômicos, sociais e nutricionais. Isso está relacionado, principalmente, ao aproveitamento da cultura das “Quebradeiras de Coco” (BAUER *et al.*, 2020).

3.4 Pirólise

A pirólise é um dos processos termoquímicos realizados na ausência de oxigênio. A premissa básica do processo pirolítico é a conversão efetiva da biomassa em um processo eficiente, econômico e significativo para converter matérias-primas orgânicas em produtos ricos em energia. O processo de eficiência está condicionado a elementos como tipo de matéria-prima, temperatura, granulometria e demais. Produz carvão rico em carbono, vapores condensáveis e gases não condensáveis. Para haver alto teor de rendimento de biochar, menor deve ser a temperatura e maior o tempo de residência no reator (Figura 3); e para se obter elevada conversão em gás, longos tempos de residência e altas temperaturas é o processo adotado. No que se refere a produção de bio-óleo, utiliza-se um tempo de residência curto e temperaturas comedidas (BRIDGWATER *et al.*, 2012; KACZOR *et al.*, 2020).

O bio-óleo (figura 4) é um líquido marrom escuro que pode ser utilizado em caldeiras e motores a diesel para geração de energia em substituição aos combustíveis fósseis (RAMBO *et al.*, 2020). Constitui-se por fenóis, cetonas, hidrocarbonetos aromáticos, açúcares, álcoois, alguns dos quais são matérias-primas promissoras para a indústria química (DADA *et al.*, 2021). Por outro lado, o biochar (figura 5) é um material rico em carbono poroso e estável, (TOMCZYK *et al.*, 2020; POURHASHEM *et al.*, 2019).

Figura 3. Reator utilizado no processo de pirólise.



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Figura 4. Bio-óleo da casca do babaçu.



Fonte: Aatoria Própria (2023)

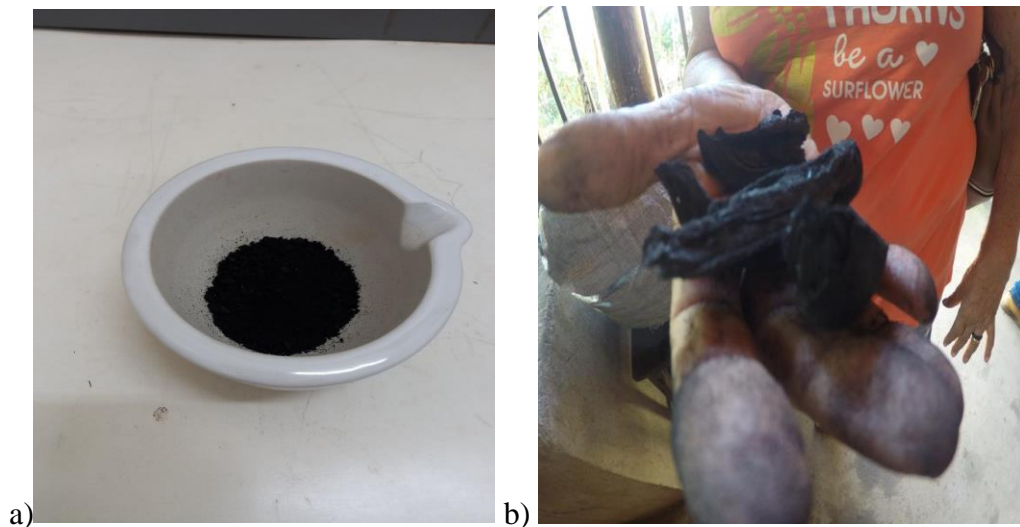
O alto poder calorífico e a ampla possibilidade de transformar o bio-óleo, em produtos químicos, torna esse produto promissor em virtude das possibilidades de aplicações, principalmente, dentro das cadeias produtivas agroindustriais, como na produção de adubo natural, pesticidas, fungicidas e demais. Por causa dos grupos químicos presentes no bio-óleo, há potencial do seu aproveitamento em outros segmentos, como aditivo para diesel, insumo químico, produção de adesivos, fibras, fármacos e cosméticos (SANTOS *et al.*, 2011; ALVAREZ *et al.*, 2014). Com relação à cor do óleo de babaçu clarificado pelo material em

estudo, constata-se que a amostra natural apresenta valores melhores que os requeridos pela indústria (processo de refino da OLEAMA).

Comparando a outros estudos já realizados, Miranda (2017) utilizou de experimentos para obtenção de bio-óleo com as cascas da árvore de jatobá, de cascas do baru e caroço de pequi. Em ordem de alto teor de rendimento, destaca-se o caroço do pequi com 44,89%. No estudo feito por Fanslau *et al.*, (2020) o aproveitamento energético do bio-óleo do coco babaçu, obtiveram 63,36% de rendimento. E de menor rendimento, Nemet (2020) avaliou o potencial dos resíduos do baru (endocarpo) para a produção de bio-óleo, atingindo um rendimento de 38,05%.

Já o biocarvão, material poroso com teor de carbono de grão fino possui grupos funcionais que são abundantes em cargas superficiais, radicais livres, minerais e área superficial (WANG & WANG, 2019). Além do emprego energético, o biochar pode auxiliar na redução de contaminações ambientais por metais pesados, fármacos, pesticidas, microrganismos patogênicos, (MARCELINO *et al.*, 2020); além de ser usado como corretivo do solo para estabilizar o conteúdo orgânico presente.

Figura 5. Biochar do resíduo do babaçu em laboratório (a) bioproduto manual (b).



Fonte: Aatoria Própria (2023)

3.5 Importância social e econômica do Babaçu para as quebradeiras de coco.

O extrativismo sustentável é uma atividade de grande importância para a região de ecótono estudada, uma vez que as comunidades extrativistas se beneficiam economicamente por meio da venda dos frutos e preservação da riqueza cultural dos povos, somada a conservação da biodiversidade, animais, nascentes, flora e demais. É vital destacar que o

extrativismo é indispensável para a conservação da biodiversidade e da cultura tradicional das comunidades que estão inseridas nessa região cada vez mais devastada (CAMPOS, 2006).

As atividades relacionadas ao coco babaçu geram cerca de 300 mil empregos que vão desde a coleta realizada pelas quebradeiras até o refino do óleo extraído. As quebradeiras de coco babaçu estão organizadas em comunidades compostas, principalmente, por mulheres que dependem em grande parte do trabalho rural e da quebra de coco (ROCHA, 2011, SILVA, 2001).

Funções desempenhadas de acordo com Barbosa (2013) foi sendo desenhada como feminina, à medida em que o fruto foi perdendo o seu valor no mercado de exportação, depreciando o seu valor de troca. Por volta dos anos de 1930 e 1950, no ápice da economia do babaçu, os homens dividiam a atividade extrativista junto às mulheres, mas a partir de decadência da quebra do coco, se eximiam e deixavam a cargo das mulheres. Sendo assim, a atividade passou a ser compreendida como economia de subsistência e, portanto, a fez ser cada vez mais associada à pobreza e ao universo do privado.

Em 1991, apoiadas por organizações não governamentais militantes no Maranhão, Piauí, Tocantins e Pará, as extrativistas do babaçu promoveram o primeiro Encontro Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu, na capital do Maranhão, criando o Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu –MIQCB, que passou a elementar protestos de acesso à terra e demais direitos das mulheres extrativistas e de sustentabilidade dos babaçuais, com um forte componente de gênero (MIQCB, 2022). Salienta-se que atividade de “quebradeira de coco” faz parte dos saberes tradicionais dos povos da região e é necessário incentivar e aprimorar as práticas para agregar valor e abrir mercados aos produtos e subprodutos do babaçu.

Figura 6. Mapa das Regionais do “MIQCB” nos quatro Estados.



Fonte: Bolonhês & Oliveiras (2013)

3.5.1 Contextualização da Realidade Social Trabalhada

Estudar e conhecer a biodiversidade dos ambientes é de imensurável importância por vários fatores, a exemplo: como utilizar economicamente desses recursos, de maneira sustentável, coesa, apropriada; para que se compreenda o real valor de cada elemento biológico do ecossistema e para que se planeje e dissemine a necessidade de conservação. O presente estudo, na tentativa de se trabalhar com outras formas de uso de uma determinada espécie, o babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) se pautou no foco de uma pequena região de ecótono brasileiro, onde se tem a incidência desse específico recurso natural.

Embora não seja o foco do estudo, mas um dos motivadores da realização desta pesquisa, está o movimento social MIQCB, o qual reservou-se um tópico a ser dissertado sobre o contato que se teve, a forma de organização e a preocupação de entender a realidade social, vivenciada pelas quebradeiras que ali estavam.

O MIQCB surge como uma organização que representa os interesses sociais, políticos e econômicos de um grupo feminino, proferindo a possibilidade de serem vistas e reconhecidas. Isto permite a oportunidade de se desenvolverem através do conhecimento e experiência que o trabalho no movimento proporciona, bem como a ver o mundo além das comunidades.

3.5.1.1 Relatos de forma de organização do MIQCB

Segundo relato das quebradeiras de coco, os primeiros passos de organização dessas mulheres extrativistas se constituíram nos clubes de mães dentro das próprias comunidades, onde mulheres rurais se reuniam, para decidirem assuntos importantes dos locais em que viviam, quanto um espaço para elas se abrirem e se divertirem. Essa formação de um grupo de mulheres se edificou para fazer contraponto aos homens que se organizavam em sindicatos, os quais proibiam a participação dessas mulheres. Em um universo patriarcado, em que a repressão e desvalorização da mulher eram frequentes, a luta desses encontros passou a inserir a figura da mulher no contexto dos sindicatos rurais, para que essas pudessem expressar também suas vontades e necessidades, que, apesar de convergir com as dos homens no que concerne ao acesso à terra, discordavam muito nos temas relacionados a liberdade da mulher.

Em razão dos sindicatos serem regionalizados, o acesso das mulheres à essas organizações permitiram a troca de ideias entre lideranças femininas de comunidades diversas, que antigamente era quase impossível, pelo fato das longas distâncias e reduzido acesso aos meios de transporte. Os sindicatos, portanto, foram a plataforma responsável pela interação e pela integração desses diferentes clubes de mulheres que, embora estarem geograficamente distantes, se uniam muito em suas concepções, já que discutiam os mesmos temas e vivenciavam condições de vida semelhantes (BOLONHÊS & OLIVEIRAS, 2013).

A partir desse contexto, iniciaram as organizações informais regionais, que tinham por natureza o tema que politizava as realidades das mulheres do campo, a fragilidade da posição social que ocupam e a existência de outras oportunidades para elas mesmas. De maneira simultânea, outros grupos regionais de maior expressividade, sob a forma de sindicatos de trabalhadores rurais e outras associações no Maranhão, passaram a se comunicar e comungar das mesmas demandas e ideias, de forma que se constatou uma uniformidade de interesses e realidades em quatro estados (Tocantins, Pará, Maranhão e Piauí) – em regra, as mulheres eram quebradeiras de coco babaçu, os maridos responsáveis pela roça, e nenhuma delas tinham posse, e nem podiam usufruir da terra.

Com a intervenção dessas organizações, no ano de 1991, as quebradeiras promovem o primeiro Encontro Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu, em São Luís, que tem como resultado a Articulação das Mulheres Quebradeiras de Coco Babaçu. Novos passos são dados em 1995, no III Encontro Interestadual tendo o nome do evento substituído para Movimento

Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu - MIQCB. Assim, foi a partir da comunicação entre grupos de mulheres dos quatro estados que o movimento se materializa e organiza, de modo que se registra a figura MIQCB, sem que os entes precisassem fundir-se.

Portanto, se cria uma organização isócrona que gera sentimento de orgulho, de identidade e de grupo. Esse processo de autonomia ocorre pela coesão regional já existente e viabilizou a coesão interestadual. Como efeito se fez possível a luta de proporções quase nacionais e, conseqüentemente, a obtenção de terras, a queda do machismo, e o avanço dos direitos de agricultora, de mulher, e de cidadã na vivência dessas mulheres.

O movimento é subsidiado por meio de doações. Por ser bem organizado e articulado, o MIQCB tem auferido grandes aportes de capitais advindos de renomados doadores como Fundação Ford Brasil e Fundação do Banco do Brasil. Esse recurso é injetado diretamente ao Fundo Babaçu, que é alocado de acordo com as demandas de projetos que as regionais enviam. Há necessidade de elaborar projetos bem estruturados com objetivos, formas de desenvolvimento e plano de custos definidos pelas regionais, para conseguir esse capital (BOLONHÊS & OLIVEIRAS, 2013).

Por fim, a conservação da atividade e cultura da quebra do coco é passada de geração entre mãe e filha, que acumulam as funções de cuidar da casa e dos filhos, enquanto os maridos trabalham em outras atividades, porém, só a renda do homem não é o suficiente para manter a família. A organização da coleta e quebra do coco são feitas por escalas alternadas e de forma coletiva, ao final dividem a produção e na maioria das vezes era produto de escambo por outros alimentos como farinha, arroz, feijão.

Muitos filhos são criados da coleta e comercialização do fruto, e com o passar dos anos foram aprimorando a produção de bioprodutos, pois, da palmeira se aproveita tudo, a comercialização da amêndoa e do azeite do babaçu, que parecem ter uma boa aceitação, passaram a ter uma melhora nos lucros, seguidamente da produção de carvão, e do mesocarpo destaca-se a culinária com bolos, biscoitos e até mingau.

A carência por tecnologias, com foco em produção de larga escala, se torna primordial, uma vez que a maioria das capacitações realizadas se reduzem a cursos de boas práticas, de como extrair um azeite de qualidade, artesanatos etc., e isso faz com que a produção continue ínfima e muito rudimentar.

3.5.2 Importância econômica do Babaçu para as quebradeiras do norte do Tocantins

Ainda que esteja caminhando de ser uma atividade atrativa, em meio a um conjunto de produtos que podem ser originados, o babaçu é um dos principais representantes do Tocantins, liderando com maior destaque na destinação de recursos da Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade - PGPM-Bio (BERALDO *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2017). Em seu estudo sobre a produção agroextrativista dos agricultores familiares e povos tradicionais no estado de Tocantins, Beraldo *et al.*, (2019) destacaram que quando o extrativismo sustentável é realizado pela agricultura familiar colabora para a preservação da biodiversidade e mudanças climáticas.

Tal afirmação se vislumbra, uma vez que a atividade econômica gerada pela agropecuária fica retida aos grandes produtores, enquanto a grande maioria que necessita do Cerrado, como os extrativistas, são excluídos do rendimento econômico do agronegócio e sofrem com os impactos socioambientais (OLIVEIRA & SCARIOT, 2010).

Portanto, se a economia do babaçu estabilizar no atual baixo grau de eficiência, existe o perigo de que a interferência atual e as crescentes atividades ameaçadoras ao meio ambiente acabem destruindo o ecossistema estável. Isso também traria sérias consequências para a frágil estrutura socioeconômica da região.

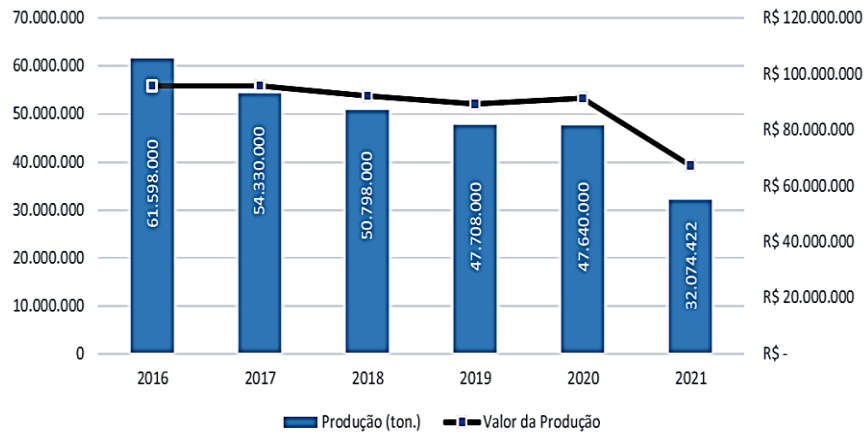
Em termos numéricos, a atividade responde pela renda familiar de mais de 400 mil mulheres nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins e Piauí, que extraem e beneficiam o babaçu (MIQCB, 2022).

As quebradeiras de coco, organizadas sob o MICQB, vêm descobrindo formas de alterarem esse declínio da atividade, se destacando na produção de bioprodutos, mesmo sem a detenção de implementos tecnológico, a exemplo do azeite e/ou de farinha de mesocarpo do babaçu e comercializam por meio de políticas governamentais, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Esse papel pouco significativo vem preocupando a cadeia produtiva, em razão dos últimos censos de volume e valor da produção do babaçu. Dados divulgados em Boletim da Sociobiodiversidade, elaborado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, mostra que o declínio da produção de babaçu em 2021 se acentuou em 32.074 toneladas, nova redução no volume produzido, num percentual de 32,67%, percentual bem maior que o de 2019/2020 que foi de 2,2% menor que em 2019. Em 2019, a produção apresenta uma involução

de 4,1% em relação ao ano anterior, quando ela foi de 50.798 toneladas, conforme pode ser observado no gráfico a seguir.

Gráfico 1. Volume e valor da produção de Babaçu



Fonte: CONAB (2022)

É importante ressaltar que a produção extrativista é uma possibilidade para o desenvolvimento socioeconômico dos povos tradicionais, por meio da geração de emprego, renda e consequente melhorias na qualidade de vida.

Diante desse cenário brasileiro, a exploração de frutos do Cerrado possui grande potencial, principalmente a casca do babaçu, pois o seu processamento e aplicação vislumbram valor comercial à essa biomassa, muito maior que apenas a extração do óleo.

Tais dados refletem que alternativas tecnológicas de renda advindas do fruto do babaçu devem ser aprimoradas e implementadas para essa comunidade tradicional, principalmente por dependerem financeiramente do extrativismo. Um aspecto que deve ser tratado com cuidado no desenvolvimento dessas tecnologias é, portanto, a forma como será apropriada pelos diferentes segmentos sociais.

Conforme destacado por Porro (2019)

caso a aquisição dos equipamentos de processamento priorizem o uso apenas por grandes proprietários, estes poderão restringir ainda mais o acesso de quebradeiras de coco aos babaçuais, no intuito de controlar todo o estoque de frutos para processamento mecânico. Como consequência, será afetada a disponibilidade de casca (ou mesmo do coco inteiro) como fonte de matéria-prima, a exemplo da fabricação do carvão. Ignorar este fator poderá trazer sérias consequências, principalmente para o segmento mais vulnerável das famílias que dependem do babaçu, como fonte de renda monetária, e sobretudo do carvão, como fonte de energia para cozinhar.

3.5.2.1 Propostas de agregação de valores as atividades extrativistas do coco babaçu

Na comunidade visitada de São Miguel do Tocantins, região norte do Tocantins, muitas declarações e constatações de como é feita a extração da amêndoa e elaboração dos produtos sinalizam por uma carência de avanço tecnológico, uma vez que todo o processo de produção continua sendo feito de forma manual e difícil, o que acarreta desinteresse das novas gerações, em não quererem dar continuidade nessa cultura extrativista, por exigir muito esforço físico e pouca rentabilidade.

Figura 7. Mapa das Regionais do “MIQCB” nos quatro Estados.



Fonte: Autoria própria (2023)

Um outro contexto estudado, demonstrado no capítulo seguinte, traz como alternativas de produção, para elaboração de bioprodutos advindos da biomassa do babaçu, a utilização de alguns equipamentos desconhecidos por parte do MIQCB. Diante disso, a contribuição do presente trabalho como proposta de agregação de valores as atividades extrativistas, estão os dois equipamentos utilizados a serem descritos.

Na primeira etapa da cadeia de produção, no que concerne a separação das estruturas do babaçu está o equipamento Moinho de Bola com Câmara Fechada (SL-38) (figura 7), que ajuda na diminuição de partículas de uma amostra, em substituição ao trabalho manual de separação do babaçu. O valor de mercado orçado em fevereiro de 2023 está na faixa de R\$ 21.120,00

(vinte e um mil, cento e vinte reais)², e pelo custo-benefício a aquisição do moinho para esta etapa de produção seria essencial.

Figura 8. Moinho de Bolas



Fonte: Autoria Própria (2023)

O moinho de bolas é uma ferramenta eficaz para moagem fina e é utilizado para moagem de vários tipos de materiais, principalmente para fabricação do azeite e são constituídos por uma carcaça cilíndrica de ferro fundido, inteiriço e usinado, com revestimento interno de placas de aço ou borracha, possuem uma carga interna solta, geralmente de barras ou bolas que são os corpos moedores.

Ainda na busca por possibilidades de melhorias para a comunidade do norte do Tocantins, deu-se continuidade aos estudos com a etapa seguinte. Após a extração das partículas obtidas pelo moinho de bolas, se utilizou o reator aquecido por forno bipartido reclinável (marca FLYEVER, modelo FE50RPN e linha 05/50)³, responsável pela produção de bioleo e biochar. Este equipamento orçado na cifra de R\$ 41.700,00 (quarenta e um mil, setecentos reais) já se considera com um desembolso um pouco maior do utilizado em etapa anterior, mas sugere-se a sua inclusão em editais de fomento ou instituições parceiras que possam promover a aquisição dele.

² Vide: <https://www.solabcientifica.com.br/equipamentos/moinhos-jarros-bolas/moinho-de-bola-com-camara-fechada-sl-38>. Orçamento realizado pela Solab Laboratório Indústria e Comercio Ltda, na data de 06 de fevereiro de 2023.

³ Vide: <https://www.fortelab.com.br/index.php/produtos/fornos-de-pesquisa-e-desenvolvimento-para-laboratorio/fornos-tubulares-ate-1300-c/forno-ft-1200-h>. Orçamento realizado pela Fortelab Indústria de Fornos Elétricos Ltda, na data de 06 de fevereiro de 2023.

Figura 9. Reator Aquecido por Forno Bipartido



Fonte: Autoria Própria (2023)

Estas são apenas alternativas indicadas no estudo dessa biomassa, que podem melhorar a qualidade de vida das comunidades extrativistas, agregando valores aos resultados de produção dos bioprodutos do babaçu, e que serão apresentados para as quebradeiras de coco que vivem na região do Bico do Papagaio. A divulgação dos resultados desta pesquisa será feita, por meio de apresentação em público em reunião a ser agendada com as representantes do MIQCB, com o intuito de promover e demonstrar que a casca do babaçu pode ser utilizada como mais uma alternativa de renda.

REFERÊNCIAS

- ALBIERO, D. *et al.* Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 337-346, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300004>.
- ALVAREZ, J. *et al.* Bio-oil production from rice husk fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. **Fuel**, v. 128, p. 162–169, 2014. DOI: 10.1016/j.fuel.2014.02.074.
- AMARAL, H. R. *et al.* Production of high-purity cellulose, cellulose acetate and cellulose-silica composite from babassu coconut shells. **Carbohydrate Polymers**, v. 210, p. 127–134, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.01.061.
- ANTAL, M. J. Biomass pyrolysis: a review of the literature part-1—carbohydrate pyrolysis. **Advance Solar Energy**, v.1, p. 61– 109, 1983. DOI: 10.1007/978-1-4684-8992-7_3
- ARARUNA, F. B., ARARUNA, F. O. S., PEREIRA, L. P. L. A., QUELEMES, M. C. A. B., QUELEMES, P. V., ARAÚJO-NOBRE, A. R., OLIVEIRA, T. M., SILVA, D. A., LEITE, J. R. S. A., COUTINHO, D. F., BORGES, M. O. R., & BORGES, A. C. R. Green syntheses of silver nanoparticles using babassu mesocarp starch (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) and their antimicrobial applications. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 13, p. 1-7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100281>
- AUXENFANS T., TERRY C., PAËS G. Seeing biomass recalcitrance through fluorescence. **Sci. Rep.**, v. 7, p. 8838–8846, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-08740-1
- BAUER, L. C., SANTOS, L. S., SAMPAIO, K. A., FERRÃO, S. P. B., FONTAN, R. D. C. I., MINIM, L. A., VELOSO, C. M., & BONOMO, R. C. F. Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. **Food Research International**, v. 137, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109474>
- BARBOSA, V. O. (2013). Mulheres do babaçu: Gênero, maternalismo e movimentos sociais no Maranhã. (Tese de Doutorado). **Universidade Federal Fluminense**, Niterói, RJ, Brasil, 2013.
- BERALDO, K. A. MENDONÇA, R.M.G.; MELO, J.A.; BRITO, S.C. D. Feira Agroecológica na Universidade Federal do Tocantins in Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia – Ponta Grossa (PR): **Atena Editora**, 2019. (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 3).
- BOLONHÊS, A. C.; e OLIVEIRAS, P. S. de. Relatório de pesquisa Conexão local – “Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco”. Sao Paulo, SP: **Fundação Getúlio Vargas**, 2013.
- BRASIL. IBAMA. **Corredores ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil, p. 220, 2003.
- BRIDGWATER, A.V *et al.* Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy**, v. 38, p. 68-94, 2012. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048

BRIDGEWATER, A., Grassi, G. Biomass Pyrolysis Liquids Upgrading and Utilisation. **Elsevier Applied Science**, England, 1991.

BRITO, M. C. A. **Farmacovigilância em Fitoterapia**: controle de qualidade do mesocarpo de *Attalea Speciosa* Mart. ex Spreng (babaçu). 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

BUAINAIN, A. M. [et al.]. Desafios para a agricultura nos biomas brasileiros. Brasília, DF: **Embrapa**, 2020.

CAMPOS, André. A saga do babaçu - quebradeiras de coco lutam pela sobrevivência de sua atividade. **Problemas Brasileiros**, São Paulo, v. 374, p. 38-41, mar./abr. 2006.

CAVALLARI, MARCELO MATTOS; TOLEDO, MARCOS MIRANDA. What is the name of the babassu? A note on the confusing use of scientific names for this important palm tree. **Rodriguésia** (Online), v. 67, p. 533-538, 2016.

CHANDEL, A.K *et al.*, The path forward for lignocellulose biorefineries: Bottlenecks, solutions, and perspective on commercialization. **Bioresource Technology**, v. 264, p. 370-381, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.004>

CHUM, H. L., Overend, R. P. Bioamss and renewable fuels. **Fuel Processing Technology**, v. 71, p. 187–195, 2001.

CLEMENT, C.R.; PÉREZ, E.L.; LEEUWEN, J.V. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencias**, Montevideo, v. 9, n 1-2, p. 67-71, 2005.

DAI, L. *et al.* A review on the selective production of value-added chemicals via catalytic pyrolysis of lignocellulosic biomass. **Science of The Total Environment**, v. 749, p. 142- 386, 2020. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.142386](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142386).

DADA, T. K. *et al.* A review on catalytic pyrolysis for high-quality bio-oil production from biomass. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 1, p. 1-20, 2021. DOI: [10.1007/s13399-021-01391-3](https://doi.org/10.1007/s13399-021-01391-3)

DIAS, J.M.C.S. *et al.* Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília: **Embrapa Agroenergia**, p. 130, 2012 (Embrapa Agroenergia. Documentos, 13).

DIJKSTRA, AJ. LAURIC OILS. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 517-522, 2016. DOI: [10.1016/b978-0-12-384947-2.00513-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00513-4).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa. Departamento de Orientação e apoio à Programação de Pesquisa, Brasília, D.F. Brasília. **EMBRAPA-DDT**, p. 89, 1984.

HIURA, A. L., ROCHA, A. E. S. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Arecaceae. **Rodriguésia**, v. 69, p. 41-48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869104>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (2021). **Contas econômicas ambientais de energia: produtos da biomassa**: Brazil: 2015-2018, Retrieved from: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101894>, accessed in July 2022.

_____. (2018). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso: dezembro de 2022.

_____. Geoestatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal. **Estudos e Pesquisas – Informação Geográfica**, Rio de Janeiro, n. 8, 2003 [reeditado em formato digital em 2011]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/diagnosticos_levantamentos/amazonia_legal/amazonia_legal.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

_____. Censo 2010 – Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2011.

FANSLAU, P. H. *et al.* Pirólise como rota tecnológica para aproveitamento energético de biomassas: preparo, produção e caracterização de bioóleo de babaçu (*Orbignya phalerata* Martius). **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, p. 61-74, 2020. DOI:10.20873/uftsupl2020-8774

GHOSH, A. *et al.* CO₂ Sensing by in-situ Raman spectroscopy using activated carbon generated from mesocarp of babassu coconut. **Vibrational Spectroscopy**, v. 98, p. 111–118, 2018. DOI: 10.1016/j.vibspec.2018.07.014.

HERBAUT M., ZOGHLAMI A., HABRANT A., FALOURD X., FOUCAT L., CHABBERT B., *et al.* Multimodal analysis of pretreated biomass species highlights generic markers of lignocellulose recalcitrance. **Biotechnol. Biofuels**, v. 11, p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1053-8>

HOPPEN, M.I. *et al.* Adsorption and desorption of acetylsalicylic acid onto activated carbon of babassu coconut mesocarp. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, p. 102862-102874, 2018. DOI: 10.1016/j.jece.2018.102862.

ISIKGOR, F.H. and BECER, C.R. Polymer Chemistry the Production of Bio-Based Chemicals and Polymers. **Polymer Chemistry**, v. 6, p. 4497-4559, 2015.

KACZOR, Z. *et al.* Modelling approaches to waste biomass pyrolysis: a review. **Renewable Energy**, 159, p. 427-443, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.05.110.

KHAN, A.S. *et al.* Conversion of biomass to chemicals using ionic liquids. **Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science**, p. 1–30, 2020. DOI: 10.1016/b978-0-12-817386-2.00001-9.

KUMAR A. K., SHARMA S. Recent updates on different methods of pretreatment of lignocellulosic feedstocks: a review. **Bioresour. Bioprocess**, v. 4, p. 1-19, 2017. DOI: 10.1186/s40643-017-0137-9

KUMAR, B.; VERMA, P. Biomass-based biorefineries: An important archetype towards a circular economy. **Fuel**, v. 288, p. 119-622, 2021. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.119622.

LUSA, M. G., & FREITAS, R. C. M. Mulheres camponesas e lutas sociais: Entre as expressões da questão social no campo e a produção da vida. **Anais do Seminário Internacional Fazendo Gênero 11 & 13th Women's Worlds Congress**, Florianópolis, 2017. Disponível em: http://www.en.wwc2017.eventos.dype.com.br/resources/anais/1498821030_ARQUIVO_Artigo.Mailiz.e.Rosana.texto.completo.MM_FG.final.pdf. Acesso em: 30/11/2022.

MANIGLIA, B.C.; TAPIA-BLÁCIDO, D.R. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. **Food Hydrocolloids**, v. 55, p. 47–55, 2016. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.11.001

MARASCA, N., BRITO, M. R., RAMBO, M. C. D., PEDRAZZI, C., SCAPIN, E., RAMBO, M. K. D (2022) Analysis of the potential of cupuaçu husks (*Theobroma grandiflorum*) as raw material for the synthesis of bioproducts and energy generation. **Food Science and Technology**, p. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.48421>

MARCELINO, I.; P. Aspectos Gerais do Uso do Biochar para sustentabilidade com ênfase aos atributos edáficos: A Revisão. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 301-319, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.V9e0I2020301319.

MAY, PETER HERMAN. **A modern tragedy of the non-commons: agro-industrial change and equity in Brazil's babassu palm zone**. New York: Cornell University Press, 1986.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (Part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, n. 1, p. 37-46, 2002.

MELIKOGLU, M.; C.; WEBB, S.; K.; Lin, C. Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. **Cent. Eur. J. Eng.**, v. 3, p. 157 - 164, 2013. DOI: 10.2478/s13531-012-0058-5.

MESHITSUKA, G. and ISOGAI, A. Chemical structures of cellulose, hemicellulose and lignin. In: Hon, D.N. (Ed.), **Chemical modification of lignocellulosic materials**. Marcel Dekker Inc., New York, p. 11–34, 1996.

MIQCB–Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu. **Quem somos**. Disponível em: <https://www.miqcb.org/quem-somos>. Acesso em 22 nov. 2022.

MIRANDA, M. R. D. S. Investigação da pirólise de biomassas do cerrado para aplicação à sistemas de gaseificação estagiada. Dissertação (Mestrado) – **Universidade de Brasília**, 2017.

MOINHO VERTICAL (VERTIMILL™) **Moagem de Finos e Ultrafinos em Via Úmida**. 6º. ed. São Paulo: Metso Minerals, p. 7, 2006.

MOTA T. R., OLIVEIRA D. M., ROGÉRIO MARCHIOSI O., FERRARESE-FILHO SANTOS W. D. Plant cell wall composition and enzymatic deconstruction. **Bioengineering**. v. 5, p. 63–77, 2018. DOI: 10.3934/bioeng.2018.1.63

NEGRELLE, R.R.B. *Attalea phalerata* Mart. ex spreng: aspectos botânicos, ecológicos, etnobotânicos e agronômicos. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 1061-1066, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820669>.

NEMET, Y.K.D.S. Caracterização de bioprodutos da pirólise de biomassa de baru (*Dipteryx alata* Vog) e seu potencial como coadjuvantes tecnológicos. Dissertação (Mestrado) – **Universidade Federal do Tocantins**. 2020.

NOBRE, C.B. *et al.* Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu” (*Orbignia speciosa*) and “buriti” (*Mauritia flexuosa*). **Food and Chemical Toxicology**, v. 121, p. 423-429, 2018. DOI: 10.1016/j.fct.2018.08.068.

OLIVEIRA WL, SCARIOT A. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**; p. 84, 2010.

PARRON, L. M.; COSER, R. R.; AQUINO, F. G de. Restauração ecológica da vegetação no Bioma Cerrado. In: PARRON, L. M. *et al.* Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Planaltina: **Embrapa Cerrado**, cap. 11, p. 345-378, 2008.

PENSA/USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Reorganização do agronegócio do babaçu no estado do Maranhão**, 2000.

PORRO, R. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, Belém, v. 14, n. 1, p. 169-188, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222019000100011>.

POURHASHEM, G., RASOOL, Q. Z.; ZHANG, R., MEDLOCK, K. B., COHAN, D. S., & MASIELLO, C. A. Valuing the Air Quality Effects of Biochar Reductions on Soil NO Emissions. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 51, p. 9856-9863, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00748>

PROBSTEIN, R. F., Hicks, R. E. **Synthetic Fuels**. McGraw-Hill Book Company, New York, 1982.

PROTÁSIO, T.P.*et al.* Mass and energy balance of the carbonization of babassu nutshell as affected by temperature. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 189–196, 2014. DOI: 10.1590/s0100-204x2014000300005.

RAGAUSKAS A. J., BECKHAM G. T., BIDDY M. J., CHANDRA R., CHEN F., DAVIS M. F., *et al.* Lignin valorization: improving lignin processing in the biorefinery. **Science**. v. 344, p. 709-719, 2014. DOI: 10.1126/science.1246843.

RAMBO, M. K. D., NEMET, Y. K. S., SANTANA JUNIOR, C. C.; PEDROZA, M. M.; RAMBO, M. C. D. Comparative study of the products from the pyrolysis of raw and hydrolyzed

baru wastes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 11, p. 1943–1953, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00585-0>.

RANUCCI, C.R. *et al.* Potential alternative aviation fuel from jatropha (*Jatropha curcas* L.), babassu (*Orbignya phalerata*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) as blends with Jet-A1 kerosene. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 860–869, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.084.

REGO, J.L.; PAULA ANDRADE, M. História de mulheres: breve comentário sobre o território e a identidade das quebradeiras de coco babaçu no Maranhão. **Agrária**, São Paulo, n. 3, p. 47-57, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/agraria/article/view/87>. Acesso em: 07/12/2022.

RIBEIRO NETO, J.A. *et al.* Using the plants of Brazilian Cerrado for wound healing: From traditional use to scientific approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 260, p. 112547 - 112565, 2020. DOI: 10.1016/j.jep.2020.112547.

ROBAK K., BALCEREK M. Review of second generation bioethanol production from residual biomass. **Food Technol. Biotech**, v. 56, p. 174–187, 2018. DOI: 10.17113/ftb.56.02.18.5428

ROMÃO, D. C. F., SANTANA JR., C. C., BRITO, M.R., SCAPIN, E., PEDROZA, M., RAMBO, M. C. D., & RAMBO, M. K. D. Assessment of the Economic and Energetic Potential of Residues from the Green Coconut Industry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 8, p. 938-947, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20220042>

SANTANA JUNIOR, C. C.; BRITO, M. R., BARBOSA, L. N., JACONI, A., RAMBO, M. K. D., & RAMBO, M. C. Environmental-economic assessment of lignocellulosic residual from the Legal Amazon for conversion in biochars and bioproducts for biorefineries. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, p. 324-337, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.78.36>.

SARKAR, R.; GARG, V.; BANSAL, S.; SETHI, S.; C., GUPTA. Comparative Evaluation of Efficacy and Tolerability of Glycolic Acid, Salicylic Mandelic Acid, and Phytic Acid Combination Peels in Melasma. **Dermatologic Surgery**, v. 42, p. 384–391, 2016. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000642

SANTOS, N. A. Propriedades Termo-Oxidativas e de Fluxo do Biodiesel de Babaçu (*Orbignya phalerata*). Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal da Paraíba**, Programa de Pós-Graduação em Química. João Pessoa – PB, 2008.

SANTOS, J. *et al.* The Upgrading of Bio-Oil from the Intermediate Pyrolysis of Waste Biomass Using Steel Slag as a Catalyst. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 8, p. 18420-18432, 2020. DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c05536.

SANTOS R. B., LEE J. M., JAMEEL H., CHANG H. -M., LUCIA L. A. Effects of hardwood structural and chemical characteristics on enzymatic hydrolysis for biofuel production. **Bioresour. Technol**, v. 110, p.232–238, 2012. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.01.085

SANTOS, M. F. G., ALVES, R. E.A., BRITO, E. S., SILVA, S. DE M. S., & SILVEIRA, M. R. S. DA. Quality Characteristis Of Fruits And Oils Of Palms Native To The Brazilian Amazon.

Revista Brasileira de Fruticultura, v. 39, p. 1-6, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017305>

SANTOS V. T. O., SIQUEIRA G., MILAGRES A. M. F., FERRAZ A. Role of hemicellulose removal during dilute acid pretreatment on the cellulose accessibility and enzymatic hydrolysis of compositionally diverse sugarcane hybrids. *Ind. Crops Prod*, v. 111, p. 722–730, 2018. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.11.053

SANTOS, W. F. Dos., CRUZ, G. R. B., COSTA, R. G., RIBEIRO, N. L., BELTRÃO FILHO, E. M., SOUZA, S., JUSTINO, E. S., SANTOS, D. G. Production and quality of cheese and milk of goats fed with guava agroindustrial waste (*Psidium guajava* L.). **Food Science and Technology** [online], v. 42, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.00521>

SCHEUFELE, F. B., DA SILVA, E. S., CAZULA, B. B., MARINS, D. S., SEQUINEL, R., BORBA, C. E., PATUZZO, G. S., LOPEZ, T. F. M., ALVES, H. J. Mathematical modeling of low-pressure H₂S adsorption by babassu biochar in fixed bed column. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, p. 105042-105057, 2021. DOI: 10.1016/j.jece.2021.105042

SCHVADE, D. C.; CRUZ, B. L., MODOLO, R. C. E.; VOLTZ, L.; MORAES, C. A. M. Avaliação da qualidade de biomassa de babaçu visando a produção de biocarvão para aplicação agrícola. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC**, Goiânia (GO).

SHARMA, H. K.; XU, C.; QIN, W. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuels and bioproducts: an overview. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 2, p. 235-251, 2019.

SHIRAIISHI NETO, J. Quebradeiras de coco: “babaçu livre” e reservas extrativistas. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, Belo Horizonte, v. 14, n. 28, p. 147-166, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18623/rvd.v14i28.920>.

SILVA, L. A. G. C. **Biomass presentes no Estado do Tocantins**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, p. 10, 2007.

SLUITER B., RUIZ C., SCARLATA J., SLUITER D., TEMPLETON D. NREL/TP510-42619: Determination of extractives in Biomass. **Laboratory Analytical Procedure (LAP). National Renewable Energy Laboratory (NREL)**: Golden, USA, 2008.

SLUITER, A. *et al.* Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples. NREL Laboratory Analytical Procedure. **ENERGY**. Golden, 2008.

SIGMA-ALDRICH. Retrieved from: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/search/> accessed in Aug 2022.

SILVA, MIGUEL HENRIQUE DA. A organização agroextrativista: experiências de cooperativas em Viana, Lago do Junco e São Miguel do Tocantins. In: ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno de (org). *Economia do babaçu: levantamento preliminar de dados*. São Luís: **MIQCB**, 2001.

SIRAKOVA, N. *et al.* A stage-structured hierarchical Bayes model for the babassu palm tree population dynamics – Estimated from anthropogenic open area data sets. **Ecological Modelling**, v. 400, p. 14–26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.02.016>

SONI, B., & KARMEE, S. K. Towards a continuous pilot scale pyrolysis based biorefinery for production of biooil and biochar from sawdust. **Fuel**, v. 271, p. 117570 – 117581, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117570>

SOUZA MHSL, MONTEIRO CA, FIGUEREDO PMS, NASCIMENTO FRF, GUERRA RNM. Ethnopharmacological use of babassu (*Orbignya phalerata* Mart) in communities of babassu nut breakers in Maranhão, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 133, p. 1–5, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.08.056>

SUN, Y. and CHENG, J. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production A Review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 1-11, 2002.

SZENGYEL, Z. Ethanol form wood cellulose enzyme production. Tese (Doutorado) – **Lund University**, Lund, 2000.

TEIXEIRA, M.A. Heat and power demands in babassu palm oil extraction industry in Brazil. **Energy Conversion and Management**, v. 46, p. 2068–2074, 2005. DOI: [10.1016/j.enconman.2004.10.014](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.10.014).

TEIXEIRA, M. A. BABASSU – A new approach for an ancient Brazilian biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 857–864, 2008. DOI: [10.1016/j.biombioe.2007.12.016](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.12.016).

TOMCZYK, S., SCHOMERUS, G., STOLZENBURG, S., MUEHLAN, H., & SCHMIDT, S. Ready, Willing and Able? An Investigation of the Theory of Planned Behaviour in Help-Seeking for a Community Sample with Current Untreated Depressive Symptoms. **Prevention Science**, v. 21, 749- 760, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11121-020-01099-2>

UBANDO, A. *et al.* Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. **Bioresource technology**, v. 299, p. 122-585, 2020. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.122585](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122585)

VINHAL, J.O.; LIMA, C.F.; BARBOSA, L.C.A. Analytical pyrolysis of the kernel and oil of babassu palm (*Orbignya phalerata*). **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 107, p. 73–81, 2014. DOI: [10.1016/j.jaap.2014.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.02.005).

WANG, J.; WANG, S. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, p. 1002-1022, 2019. DOI: [10.1016 / j.jclepro.2019.04.282](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282)

WILLIAMS, P. and NUGRANAD, N. Comparison of Products from the Pyrolysis and Catalytic Pyrolysis of Rice Husks. **Energy**, v. 25, p. 493-513, 2000.

WORASUWANNARAK, N., SONOBE, T., and Tanthapanichakoon, W. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 78, p. 265–271, 2007.

XU, J., GAUDER, M., GRUBER, S., & CLAUPEIN, W. Yields of annual and perennial energy crops in a 12-year field trial. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 3, p. 811-821, 2017.

YOO C. G., YANG Y., PU Y., MENG X., MUCHERO W., YEE K. L., *et al.* Insights of biomass recalcitrance in natural *Populus trichocarpa* variants for biomass conversion. **Green Chem**, v. 19, p. 5467–5478, 2017. DOI: 10.1039/C7GC02219K

ZANG, T., CHENG, Z., LU, L., JIN, Y., XU, X., DING, W., QU, J. Removal of Cr(VI) by modified and immobilized *Auricularia auriculaspent* substrate in a fixed-bed column. **Ecological Engineering**, v. 99, p. 358-365, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.070>.

4 ARTIGO PUBLICADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA - Socioeconomic Analysis of Bioproducts Derived from Babassu Nut Breakers Pyrolysis in Legal Amazonia Communities

Authors:

Patrícia Silva Pires^a (Pires, P. S.) – email: patricia.pires@mail.uft.edu.br

Mariana de Souza Borges^a (Borges, M. B.) – email: mariana.borgess@uft.edu.br

José Eustáquio Canguçu Leal^b (Leal, J. E. C.) – email: eustaquio@ifto.edu.br

Marcelo Mendes Pedroza^b (Pedroza, M. M.) – email: mendes@ifto.edu.br

Flamys Lena do Nascimento Silva^c (Silva, F. L. N) – email: flsilva@mail.uft.edu.br

Héber Rogério Grácio^a (Grácio, H. R.) – email: hrgracio@gmail.com

Michele Cristiane Diel Rambo^b (Rambo, M. C. D) – email: michele.rambo@ifto.edu.br

Magale Karine Diel Rambo^a (Rambo, M. K. D) – email: magalerambo@uft.edu.br

Author's mailing information: Magale Karine Diel Rambo, Federal University of Tocantins (UFT), Palmas Campus, 77001-090 Palmas, TO, Brazil, +55 63 98105-4166 e magalerambo@uft.edu.br;

^aPost-graduate Program in Environmental Sciences, Federal University of Tocantins (UFT), Palmas Campus, 77001-090 Palmas, TO, Brazil

^bFederal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins, Palmas Campus, 77020-450 Palmas, TO, Brazil

^cChromatography Laboratory, Chemistry Department, undergraduate chemistry course, Federal University of Northern Tocantins (UFNT), Cimba campus, 77824-838 Araguaína, TO, Brazil

Abstract

Lignocellulosic biomass residues can generate interesting materials for the chemical and food industries. Physical activation processes were developed by cold pressing and slow pyrolysis, as well as physical chemical activation with zinc chloride (ZnCl_2), to produce bio-based products, including bio-oil (30%) and biochar (31%), with good yields. Charcoal and biooil provided good results, respectively, with regard to adsorption capacity ($357 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ of surface area BET) and the possibility of extracting chemical compounds (phenols with 45.81% and aldehydes with 32.76%). Moreover, the key economic performance indicators of the process were analyzed, and the results indicate that the proposed process is economically feasible and attractive with \$422,416.10 profits. Finally, after dialoguing with the babassu nut breakers and understanding their needs, the feasibility of economically developing the contacted families through technology transfer for extracting the oil, cake, biochar, and bio-oil from babassu coconuts was studied, demonstrating the possibility of income generation based on the profitability achieved in this study. Practical Application: Production of sustainable bioproducts from the wastes of Cerrado, Brazil, with technologies to help reduce the need for fossil diesel imports, improving the security of the energy supply. Therefore, socioeconomic analysis of this biomass improves the quality of life of the extractive communities that depend on this raw material.

Keywords: lignocellulosic biomass, bio-oil, biochar, energy.

4.1 Introduction

The generation of lignocellulosic residues is increasing every year, and due to their advantages, the residues have found many applications with a positive market value (MARASCA *et al.*, 2022; RAMBO *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022). In 2018, the electricity production from biomass energy products was 54.4 thousand gigawatt-hours (GWh), representing 9% of all electricity produced in Brazil (IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021).

Using babassu residues for energy generation and value addition by different thermochemical processes may replace a significant portion of conventional energy sources (BAUER *et al.*, 2020; SCHEUFELE *et al.*, 2021). Pyrolysis is one of the thermochemical processes carried out in the absence of oxygen. It yields carbon-rich char, condensable vapors, and non-condensable gases. The bio-oil is a dark brown liquid that can be used in boilers and diesel engines for power generation to replace fossil fuels (RAMBO *et al.*, 2020). On the other hand, biochar is a stable, porous carbon-rich material formed by the pyrolysis of biomass feedstocks

with a slow heating rate and at a relatively low temperature (between 400 and 700 °C) (TOMCZYK *et al.*, 2020; POURHASHEM *et al.*, 2019).

As a renewable alternative for the country, the babassu fractions (mesocarp and endocarp), which belong to the Arecaceae family, are a good candidate. *Attalea speciosa* Mart ex. Spreng (babassu) is naturally abundant in Central and Southern America, especially Mexico, Peru, Bolivia, and Brazil (HIURA & ROCHA, 2018). In Brazil's northern and northeastern states, especially Maranhão, Piauí, and Tocantins (15 million hectares), forests contain around 25 billion trees (ARARUNA *et al.*, 2020). It is one of the most important palm species in Brazil and can reach between 10 and 30 m in height. It produces up to five bunches that yield from 250 to 500 fruits (coconuts), each of which has between 3 and 5 kernels (SANTOS *et al.*, 2017).

Babassu fruit is widely consumed in Brazil's north and northeast regions and is considered an important resource in economic, social, and nutritional terms. This is mainly related to the exploitation of the culture of the "Quebradeiras de Coco" (BAUER *et al.*, 2020). The average percentages of each of its components are 11% fibrous epicarp, 23% mesocarp, 59% endocarp, a hardwood layer, and almond 7% (SANTOS *et al.*, 2017).

In the current context of growing environmental concerns, the recovery of babassu waste from an economic point of view is of great interest. The struggle of coconut breakers in the semi-arid transition region with the Amazon biome is historic. After decades of oppression and resistance by landowners, the Interstate Movement of Babaçu Coconut Breakers (MIQCB) was born in Maranhão, Pará, Piauí, and Tocantins. The MIQCB is the largest political movement of women in Latin America recognized as traditional communities and deserves protection in terms of their way of life by the State. Their conquests were primarily the result of the articulation of the women of the region (SOUZA *et al.*, 2011).

In this study, babassu residues were evaluated to produce bio-oil and biochar with a higher potential. There is a pressing need for biomass components to have a wide range of applications and fields related to social and economic insights.

4.2 Experimental

4.2.1 Physicochemical characterization

4.2.1.1 Samples

The babassu epicarp was collected at the Grota do Chico site, located in the municipality of Ananás, in the state of Tocantins. It is located at a latitude of 06° 21' 55" south and a longitude of 48° 04' 22" west, at an altitude of 220 meters. The collected material was processed in the

Chemistry Laboratory of the Federal University of Tocantins, where the fractions were separated manually. The shells were dried in an oven at 50 °C for 24 hours, ground (to 48 mesh) in a Willye knife mill (model Star FT 50, Fortenox, Piracicaba, Brazil), following standardized procedures (NBR 8292/1983; ASTM D 2013-86/1996), and were then stored in hermetically sealed vials.

4.2.1.2 Extraction and yield of oil from crude biomass

The oil extractions from the babassu coconut endocarp samples were performed using the Soxhlet system and hexane as an extractant (solvent) at an initial temperature of 60 °C. In our work, we used the solvent hexane because its boiling point is lower than ethanol's. Hexane is the most used solvent in solvent extraction because it is apolar and allows extracting lipids, hydrocarbons, and glycerides at not too high temperatures (CHAUDHARY *et al.*, 2021). The extractions had ten siphoning, and after extraction, the sample was rotary evaporated to eliminate the solvent, and then anhydrous sodium sulfate was added to remove water particles from the sample. The oil was then filtered and analyzed.

4.2.1.3 Analysis of oil volatiles from crude biomass by gas chromatography coupled to the gas chromatography-mass spectrometry detector (GC-MS)

The chromatographic analyses were performed using a gas chromatograph, model 7890B, coupled to a mass spectrometer (GC-MS), model 5977B selective mass detector systems (MSD), from Agilent Technologies (Santa Clara, United States). The HP-5MS capillary column, measuring 30 m x 250 µm x 0.25 µm with helium carrier gas, was used as a stationary phase of the mass spectrometer. The sample injection into the equipment occurred directly with the introduction of 1 µL of sample in 1:50 split sample mode with the dissolution of the oil sample in a 1/100 percentage by volume (V/V) ratio in hexane. The system temperatures were as follows: injector, 155 °C; programming of the oven temperature starting at 45 °C for three minutes with subsequent increase to 150 °C, remaining for five minutes at a rate of 20 °C/min, ending at 250 °C with a run time of 48min; ionization source at 230 °C; and the quadrupole analyzer at 150 °C.

4.2.2 Pyrolysis process

A fixed-bed quartz tubular reactor (Pyrex, Cotia, Brazil), 10 cm outside diameter and 100 cm long, was used with 30 g of biomass at 500 °C with a heating rate of 20 °C for 30min inserted into the reactor in batch mode. Water vapor was used as the carrier gas. A condensing

system consisting of a Friedrich-type condenser, a vacuum flask, two tubes, and a 20 L water tank was attached to the end of the reactor for cooling the condenser. The steam passage allowed the biogas to be separated from the liquid products (bio-oil and acid extract), which are retained in the vacuum bottle. For the separation of the bio-oil and the acid extract, 20 mL of dichloromethane (Merck, Darmstadt, Germany) were used (PEDROZA *et al.*, 2017). The yield of the pyrolyzed products was determined from the mass loss calculated from the initial dry mass of the source biomass, considered to be 100%, and the final mass of the obtained product sample (BUENO, 2017).

4.2.3 Bio-oil

4.2.3.1 Hydrogen potential (pH) determination

The biochar samples were mixed with distilled water at a ratio of 1:20 (w/v) to form a homogeneous suspension. After 1.5 h (BARDALAI & MAHANTA, 2018), pH was established using a QUIMIS® model Q400-AS pH meter (Diadema, Brazil) with a combined active surface electrode (Ag/AgCl) glass electrode model QA338 (Diadema, Brazil) and a combined electrode (ECV) with a readability of 0.01 pH. The pH of the bio-oil was determined by the direct immersion of the digital pH meter in the solution.

4.2.3.2 Density Determination

The actual density of the biomass was established by the 25 mL pycnometer method in a thermostatic bath at 20 °C. For the bio-oil, the density was obtained using a portable digital densimeter, the Direct Mercury Analyzer (DMA) 35 (Anton Paar, São Paulo, Brazil), using 5 mL of sample. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-4052 standardizes the procedure.

4.2.3.3 Analysis by GC-MS

With the aid of GC-MS QP2010 Plus equipment (PerkinElmer do Brazil Ltda, São Paulo, Brazil), equipped with a capillary column Rtx-5MS WCOT (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm), the organic and aqueous bio-oil fractions were separated. For the chromatographic separation, the planning for the use of temperatures was followed: for 1 min (isothermal), raised to 7 °C/min at 100 °C and then at 4 °C/min at 320 °C followed by 10 min at 320 °C. The carrier gas used was helium at 1.90 mL/min. The ionization energy (IEI) mode (with an ionization energy of 70 eV) was used to obtain the mass spectra. The peak area carried out the quantification of the components.

4.2.4 Biochar

4.2.4.1 Biochar activation

The biochars produced were immersed in a solution of zinc chloride, ZnCl₂, from Merck (Darmstadt, Germany), at a concentration of 10% w/v in a proportion of 1:5 (biochar: ZnCl₂ solution). The samples were covered with plastic film and left to rest for 24h. After this time, the samples were washed with distilled water and dried in an oven at 110 ± 5 °C. The washed material was pyrolyzed again by thermal treatment in a muffle furnace oven at 600 ± 5 °C for 2h. The activated carbon was washed with hydrochloric acid, HCl (2 M) (Merck, Darmstadt, Germany), to remove and unclog the pores. At the end of the process, the sample was dried in an oven at 110 ± 5 °C for 24h and was named biochar (COSTA *et al.*, 2015).

4.2.4.2 Surface Area: Brunauer-Emmett-Teller (BET)

The biochar samples (0.5 g) were taken to the Surface Area System and Porosimetry equipment (ASAP 2010 micro-merit model Norcross, GA 30093 USA) to establish the surface area of N₂- BET, the arrangement, and size of the pores. The diameter range used as a standard was 0.35 to 300 nm for the pores and 0.01 to 3,000 m²/g in the surface area range. The temperature of the treatment ranged from 30 to 350 °C.

4.2.5 Approximate Social and Economic Feasibility

The study population, estimated at 12,139 inhabitants in 2019, was composed of nut breaker communities in the municipality of São Miguel do Tocantins -TO, located in the central region of Tocantins at a latitude 05° 33' 18" S, longitude 47° 34' 40" W and altitude of 160 m. This region has an area of 398,820 km (MARQUES, 2019). A total of 130 nut-breaker women from the village were interviewed. The data were collected systematically in July 2022.

The sociodemographic survey, as well as the investigation of the use of babassu residues, was performed by structured interviews consisting of closed and open questions using a semiquantitative method. Another resource used was the photographic and imagetic register of events and situations, which was a very adequate strategy for the dialog with the social agents.

We analyzed the answers by analyzing the frequencies of the words, using a word cloud created through an online platform called Mentimeter (2004).

The economic analysis of the pyrolysis was performed to evaluate the process's feasibility. The effects of economic parameters (biomass cost, electricity cost, and total product price) were investigated. The total income of this process comes from the sales revenue of the main products, and the prices of these products are summarized in Figure 4 according to the market values obtained by Sigma-Aldrich (Saint Louis, Missouri, USA). The total can be calculated based on the cash flow of inputs and outputs (DETCUSANANARD *et al.*, 2022).

4.3 Results and Discussion

4.3.1 Characterization of gross biomass

The physicochemical composition of babassu mesocarp has already been presented in other work (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020). The holocellulose content is satisfactory (67.7%), with low extractive content (2.37%), and intermediate lignin values (30%). The low ash (1.7%) and moisture (7.25%) contents of babassu favor its use in the pyrolytic process. Rambo *et al.* (2015a) evaluated the physicochemical composition of babassu fractions and reported holocellulose content higher than 60% and the same range of values for extractives and lignin. In the species analyzed only the ash (6.0%) and moisture (8.3%) contents were relatively higher.

The total ion chromatogram (Table 1) shows the signals referring to the volatile compounds detected in the babassu coconut endocarp oil (after extraction) using the GC-MS technique. The compounds belonging to the hydroperoxide and alcohol functions were the most prominent. All samples presented the same chromatographic profiles with an even number of carbon atoms and the presence of three medium-chain saturated atoms (C6:0, C8:0, and C9:0) and one long-chain saturated atom (C16:0). The results obtained for the babassu oils are in accordance with data reported in the literature for ethanol soxhlet extraction (RAMBO *et al.*, 2015b; SANTOS *et al.*, 2022).

Table 1. Babassu endocarp oil volatile compounds

Compounds	Molecular Formula	Trx (min.)	KI	IRL NIST	Area (%)
1 2,4-Dimethyl-3-hexanol	C ₈ H ₁₈ O	11.101	925.31 9	-	2.956
2 1-ethylbutyl hydroperoxide	C ₆ H ₁₄ O ₂	12.128	947.50 5	-	33.374
3 1-methylpentyl hydroperoxide	C ₆ H ₁₄ O ₂	12.586	957.39 9	-	24.476

4	2,3-Epoxypropylhexyl ether	C ₉ H ₁₈ O ₂	13.062	967.68 2	-	16.681
5	dibutylphthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	47.544	1877.1 26	1954	10.707

Trx: retention time of the compounded rate of interest in minutes; KI: Kóvats index; IRL NIST: NIST library linear retention index; Area (%): The percentage area corresponds to the abundance of the compound.

4.3.2 Pyrolysis products

4.3.2.1 Biochar and Bio-oil

The yield of biochar found was 31%, a result similar to that found for other lignocellulosic biomasses submitted to pyrolysis in the temperature range of 400–700 °C, even under different residence times, according to the studies contained in Table 2.

Mohammed *et al.* (2013) obtained biochar with 29.79–30.22% by weight using a catalytic process in the pyrolysis. This shows that the biochar obtained in the present work had better yields (31%) and was produced without additional steps.

Table 2. Biochar yield from lignocellulosic biomasses residues from the literature.

Biomass	Temp (°C)	Residence time (min)	Yield (wt. %)	References
Coconut pith	500	60	36.16	[Johari <i>et al.</i> , 2016]
Coconut shell	500	20	38.30	[Siengchum <i>et al.</i> , 2013]
Coconut shell	700	5	29.22	[Almeida <i>et al.</i> , 2013]
Baru	450	30	48.00	[Rambo <i>et al.</i> , 2020]
Pequi	500	30	34.00	[Brito <i>et al.</i> , 2020]
Rice husk	450	60	35.00	[Biswas <i>et al.</i> , 2017]
Cotton by-products	400	240	44.38	[Chen <i>et al.</i> , 2016]
Pine nut shells	550	20	34.11	[Qin <i>et al.</i> , 2020]
Sawdust	500	50	38.60	[Soni & Karmee, 2020]

The pH values found in the biochar and bio-oil were 6.7 and 3.0, respectively, and the densities were 1.43 and 1.49, respectively. Other data obtained from the pyrolysis of babassu coconuts, such as elemental analysis, calorific value, and functional groups of the biochar surface, were studied in other work, indicating good biochar stability with a neutral pH in nature, and therefore, suitability for use in soil (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020).

The average pore diameter was 0.162 nm, and the total pore volume was 0.1341 cm³/g (Table 3). This was in agreement with the BET surface area (357.2716 m²/g). The pore size distribution confirmed the presence of micropores (0–2 nm). Hence, biochar activation substantially increased the adsorption capacity, and the biochar obtained in this work was found to have a surface area superior to the biochar obtained under N₂ and CO₂ atmosphere from other works (DAS & GOUD, 2020).

Table 3. Surface area of the biochar from babassu mesocarp.

Components	Biochar	
	ABB	CAC
Surface Area BET (m ² g ⁻¹)	357.2716 7.1770	± 597.33
Surface Area Langmuir (m ² g ⁻¹)	475.2720 2.4261	± -
Micropores Volume (cm ³ g ⁻¹)	0.134160	0.22
Microporos Area (nm)	0.162	

Regarding the bio-oil with a 30% yield, the main compounds identified are water, acids, alcohols, aldehydes, esters, ketones, carbohydrates, hydrocarbons, phenols, and other substances derived from lignin and cellulose (Figure 1). Phenol (45.81%) and aldehyde (32.76) values were found in the bio-oil composition, as were lower ketone (11.7%), alkene (5.24%), alcohol (1.88%), acid (1.7%), and hydrocarbon (0.91%) values. Similar results were found by Almeida *et al.* (2013) for coconut, with 55.2% phenols, 14.2% aldehydes, 10.2% ketones, and 4.1% alcohols.

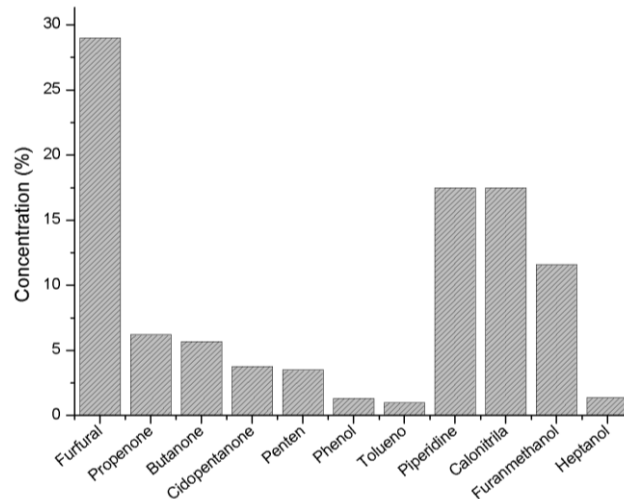


Figure 1. Chemical composition of bio-oil from babassu.

4.3.3 Social and economic analysis

4.3.3.1 Social analysis

In the conversation circle, they discussed how babassu has become a source of income and how extraction is used as an additional source of income. We also investigated other functions performed by women babassu nut breakers to complement their family income. The most frequent words in the conversations were "source of income," "partnership," "struggle," "incentive," and "knowledge" as shown in the word cloud (Figure 3). It was found that the breakers do not live off the fruit alone. These are important and emblematic actions of the National Policy for Food and Nutritional Security, in which the state and federal governments provide thousands of farmers, a fair market, and healthy food to people in food and nutritional vulnerability. The Brazilian Research Network on Food and Nutritional Sovereignty and Security conducted this study in 2020 and revealed that 55.2% of Brazilians have some degree of food insecurity, of which 9% are at a severe level, equivalent to hunger. This picture, aggravated by the COVID-19 pandemic, is associated with the dismantling of public policies to combat hunger and ensure food and nutritional security and is reflected in Brazil's return to a scenario of heightened vulnerability for a large part of its population (REDE PENSSAN, 2021).

When asked about the coconut residues, the mesocarp presented good uses. From its mass comes the input used in the preparation of cakes, puddings, cookies, and others. From the endocarp, they make charcoal for domestic and commercial use.

On the other hand, the negative aspects pointed out by the extractivist women continue to be the lack of incentives coupled with the difficulty of selling the products at low prices since the raw material is difficult to handle. A positive point has been the creation of the Law of Free Babassu, where the collection of coconuts is not hindered by the breakers in the region (Figure 2). According to the MIQCB, the movement's vision for the future is to "be a reference as babassu forest guardians in the valorization of traditional knowledge in the fight for rights of access to land, territory, free babassu, and the practice of agroecology." Thus, the MIQCB plays an important role in preserving the customs and traditions of babassu nutbreaker women since it functions as the main articulator of these women's collective action and raises issues relevant to the daily lives of these communities, such as sustainability and women's leadership (SOUZA *et al.*, 2011).



Figure 2. Cloud of words elaborated from the content of the dialogues carried out with the members of the Interstate Movement of the Quebradeiras of Coco Babaçu (MIQCB)

4.3.3.2 Production estimate

The estimation of production costs of bioproducts from babassu was performed in two processes (Figure 3). Considering that the equipment capacity for breaking the babassu coconut is 500 kg/h, 45 kg/h of almonds and 455 kg/h of residue are obtained with a daily production of approximately 4,000 kg/day, with 360 kg/day of almonds and 3,674 kg/day of residue. In terms of annual production, it is estimated that over 1,000 tons of babassu coconut will be processed.

In the second step, we estimated the cost of babassu oil extraction by cold pressing, considering the equipment capacity of 100 kg/h of the kernel, 66% of which is extractable oil and 34 kg of fiber (cake). From the cake, 55.70% oil (18.938 kg/h) and 15.06 kg/h of cake can

be obtained. By converting this process using the oil density, we have a volume of approximately 121,862.40 L/year.

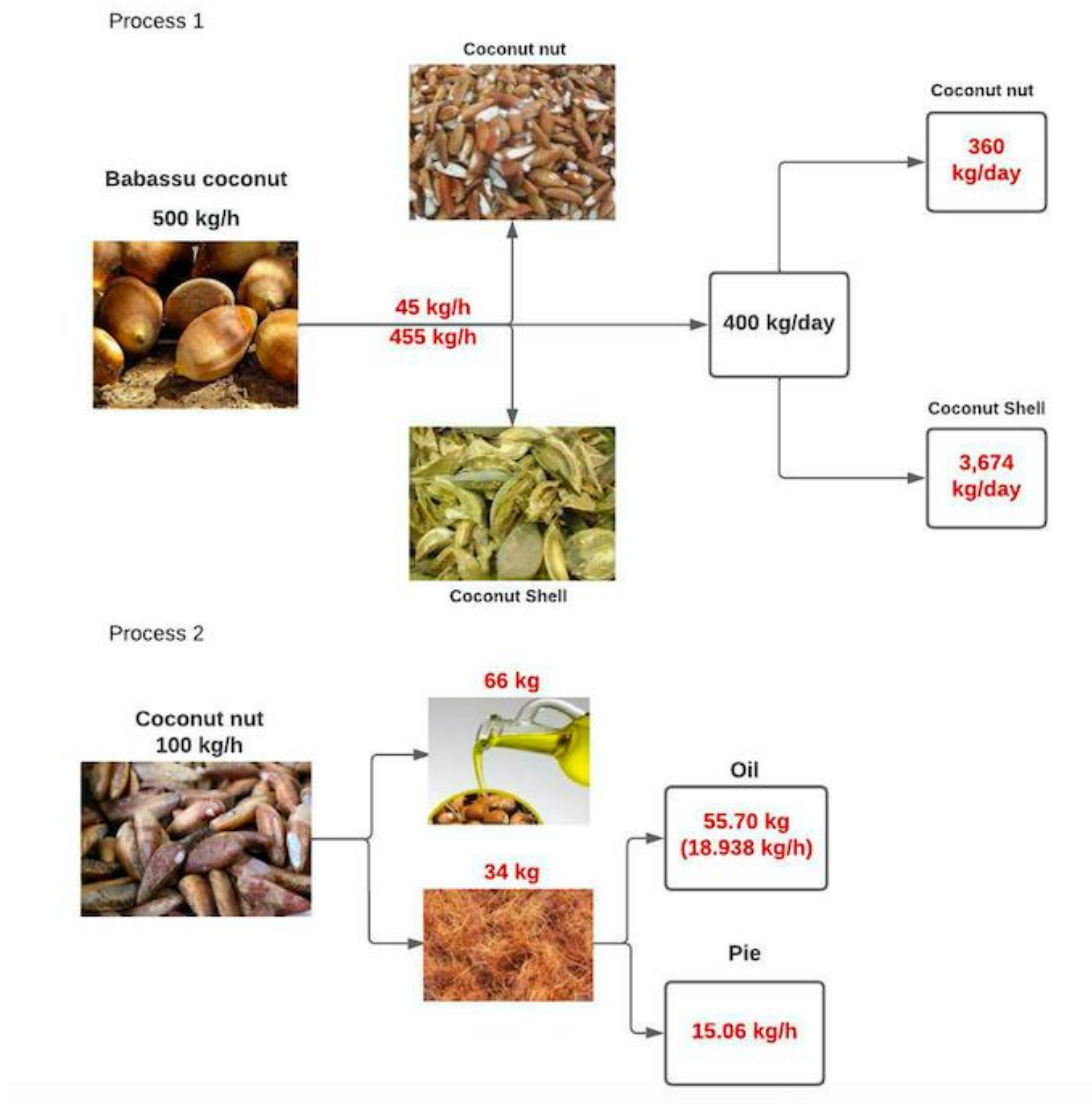


Figure 3. Production estimate

4.3.3.3 Economic analysis

4.3.3.3.1 Babassu coconut processing costs

Four products resulting from babassu coconut processing were considered, including coconut oil, coconut cake, bio-oil, and biochar. Assuming the market values from Sigma Chemical Company (SIGMA-ALDRICH, 2022) (Figure 4), the costs for obtaining the biomass, and the reagents used (dichloromethane and zinc chloride), it was possible to obtain a total balance of US \$422,416.10 with the processing of one ton of biomass. The chemical compounds

found can be separated and purified to be used in different applications in the chemical industry (SONI & KARMEE, 2020).

Literature searches pointed out that the main costs arising from this production are, firstly, the value of the equipment and the associated costs of keeping it running, which include fuel and basic services such as electricity, water, rent, and labor. Including installation, repair, and maintenance costs, it is observed that the useful life of a pyrolysis machine is estimated between five and eight years (COHEN & OLIVEIRA, 2022).

Considering the direct costs of transportation and energy needed for processing the babassu coconut, where 55 L will be used per week, multiplied by \$1.33 (the liter) times 4 weeks times 12 months equals \$3,511.2/year. In the processing, two pieces of equipment will be used: a 5 HP shredder and a 10 HP mini press. Calculating the consumption of electrical energy required (1 HP = 0.98 HP = 735 W), the cost is US \$776.16/year for the peeler and US \$1,552.32/year for the mini-press, resulting in a total cost of US \$2,328.48 for electrical energy.

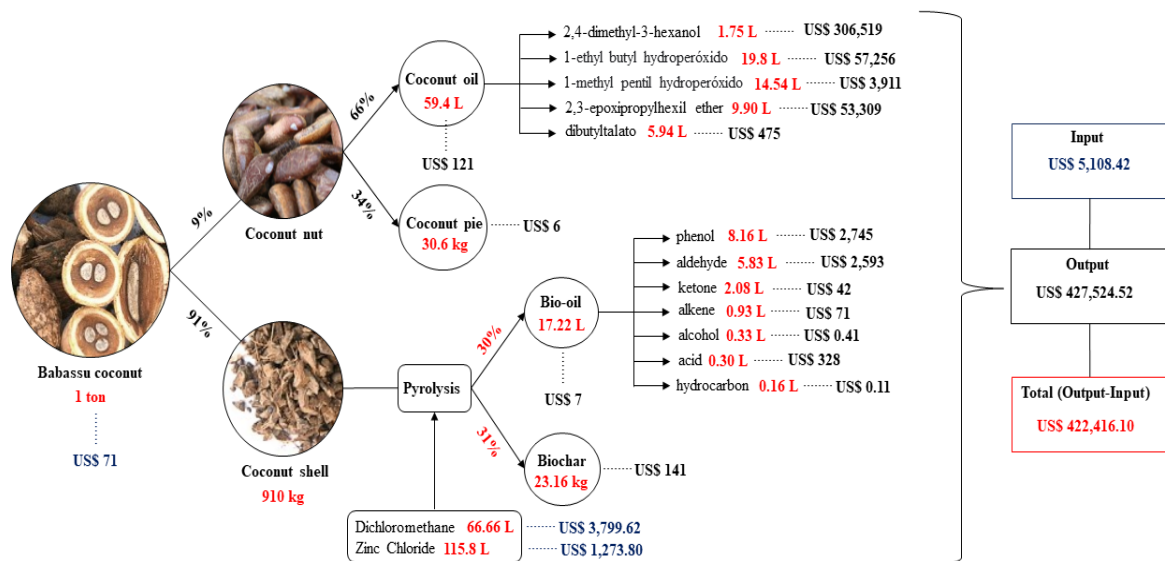


Figure 4. Product yield and theoretical energy potential obtained from babassu coconut processing

The raw material was calculated considering the annual babassu quantity needed of 1,056tons per year, i.e., 1,056,000 kg x US \$0.07 (value paid per kilo), totaling US \$73,920.00. According to annual production data (Table 4), the total cost would be US \$79,810.04.

Table 4 - Direct Cost of Annual Babassu Coconut Processing

Direct Production Cost - Annual	Value US\$
Fuel	3,509.20
Electrical energy of peeling machine	793.61
Electrical energy of mini press machine	1,587.23
Raw material (kg/year - babassu coconut)	73,920.00
Total	79,810.04

Reference month: May/2022

Given the costs described in Figure 4 and Table 4, obtaining bioproducts from babassu shell is considered economically advantageous because a total income of up to US \$344,571.20 can be obtained. In a similar situation, Romão *et al.* (2022), using green coconut biomass and discarding transportation and energy costs, obtained an income of US \$81,017.48. The feasibility of biochar co-production and Santana Junior *et al.* (2020) discovered a profit of US \$12,131.73 under similar conditions, ignoring energy and transportation costs. It should be noted that the products obtained are without emulsion and that, to reach these values, they need separation and purification steps, changing the cost of the process. Therefore, the value presented here is only an estimate.

4.4 Conclusions

The yields of biochar (31%) and bio-oil (30%) obtained via pyrolysis were satisfactory, proving to be a good treatment method for babassu coconut shells. The chemical compounds from coconut oil can be very profitable if isolated and commercialized. The study suggests that the whole babassu coconut processing, from the fruit to the cake and oil by cold pressing, is efficient when combined with the products obtained from the residue via pyrolysis. These activities can positively impact the families involved in coconut agro-extractivism, starting with the valorization of their work, the insertion of more people from the community with the generation of more jobs, and improving their sources of income according to the profitability reached in this study.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel for the scholarship granted (CAPES), the Pos-Graduate Program of Environmental Sciences (PPGCiamb) for all financial support, the Federal University of Tocantins for financial support, and the Federal Institute of Science and Technology of Tocantins (IFTO) by the Research Support Program/Productivity in Research and Innovation (PAP/PQ) and the FAPT for the scholarship.

References

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): *Carvão Mineral: Determinação de umidade*, NBR 8293 (MB1893), 1983, available at <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3349/abnt-nbr8293-carvao-mineral-determinacao-de-umidade>, accessed in november 2021.

Almeida, T.; Bispo, M. D.; Cardoso, A. R. T.; Migliorini, M. V.; Schena, T.; Campos, M. C. V.; Machado, M. E.; López, J. A.; Krause, L. C.; & Caramão, E. B. (2013). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 6812. <https://doi.org/10.1021/jf401379s>

Araruna, F. B., Araruna, F. O. S., Pereira, L. P. L. A., Quelemes, M. C. A. B., Quelemes, P. V., Araújo-Nobre, A. R., Oliveira, T. M., Silva, D. A., Leite, J. R. S. A., Coutinho, D. F., Borges, M. O. R., & Borges, A. C. R. (2020). Green syntheses of silver nanoparticles using babassu mesocarp starch (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) and their antimicrobial applications. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 13, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100281>

ASTM D 3172 – 89: *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, West Conshohocken, 1996, available at <https://civilengineersstandard.com/wp-content/uploads/2018/12/D-3172.pdf>, accessed in July 2022.

ASTM D 3174-04: *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, West Conshohocken, 2004, available at <https://civilengineersstandard.com/wp-content/uploads/2018/12/D-3174.pdf>, accessed in July 2022.

ASTM D 3175-07: *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, West Conshohocken, 2007, available at <https://toaz.info/doc-view>, accessed in July 2022.

ASTM D-4052: *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, West Conshohocken, 1996, available at <https://toaz.info/doc-view>, accessed in July 2022.

Bardalai, M., & Mahanta, D. K. (2018). Characterisation of Biochar Produced by Pyrolysis from Areca Catechu Dust. *Materials Today. Proceedings*, 5, 208. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.205>

Bauer, L. C., Santos, L. S., Sampaio, K. A., Ferrão, S. P. B., Fontan, R. D. C. I., Minim, L. A., Veloso, C. M., & Bonomo, R. C. F. (2020). Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. *Food Research International*, 137, 109474. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109474>

Biswas, B., Pandey, N., Bisht, Y., Singh, R., Kumar, J., Bhaskar, T. (2017) Pyrolysis of agricultural biomass residues: Comparative study of corn cob, wheat straw, rice straw and rice husk. *Bioresource Technology*, 237, 57. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.046>

Bourdieu, P. (1998) *O poder simbólico*, available at 159. Retrieved from: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/988/o/BOURDIEU__Pierre._O_Poder_Simb%C3%B3lico_\(2\).pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/988/o/BOURDIEU__Pierre._O_Poder_Simb%C3%B3lico_(2).pdf), accessed in July 2022.

Brito, M. R., Santana Junior, C. C., Rambo, M. K. D., Scapin, E., Predroza, M. M., Rambo, M., Barboa, L. (2020). Utilization of pequi Residual Biomass from the Brazilian Cerrado for obtaining raw and activated biochars and biooil. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7. 251-259. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.79.29>

Bueno C. C. (2017). *Biochar: Caracterização estrutural e interações com nutrientes e microorganismos pedológicos* (Tese de doutorado), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, Brazil, available at <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152052>, accessed in July 2022.

Caballero, J. A., Front, R., Marcilla, A., Conesa, J. A. (1997). Characterization of sewage sludge by primary and secondary pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 40-41, 433-450. [https://doi.org/10.1016/s0165-2370\(97\)00045-4](https://doi.org/10.1016/s0165-2370(97)00045-4)

Cohen, C.; Oliveira, C. E. L. *Reflexões acerca do aproveitamento Energético de Resíduos de Biomassa por Pirólise e Gaseificação. Ensaio Energético*, 13 de junho, 2022. Retrieved from: <https://ensaioenergetico.com.br/reflexoes-acerca-do-aproveitamento-energetico-de-residuos-de-biomassa-por-pirolise-e-gaseificacao/>. Acesso em: 20/11/2022.

Das, S., Goud, V. V. (2020). Characterization of a low-cost adsorbent derived from agro-waste for ranitidine removal. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 879-888. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.10.009>

Detchusananard T., Natnapong W., Phantisa L., Phuet P., François M., Amornchai A. (2022) Pyrolysis and gasification integrated process of empty fruit bunch for multi-biofuels production: Technical and economic analyses. *Energy Conversion and Management* (258) 2022, 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115465>.

Gollakota, A.R.K.; Reddy, M.; Subramanyam, M.D.; Kishore, N. A review on the upgradation techniques of pyrolysis oil. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2016, 58, 1543–1568. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.044>

Hiura, A. L., Rocha, A. E. S. (2018). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Arecaceae. *Rodriguésia*, 69, 41. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869104>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021). *Contas econômicas ambientais de energia: produtos da biomassa: Brasil: 2015-2018*, Retrieved from: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101894>, accessed in July 2022.

Johari K., Saman N., Song S. T., Cheu S. C., Kong H., Mat H. (2016). Development of coconut pith chars towards high elemental mercury adsorption performance - effect of pyrolysis temperatures. *Chemosphere* 2016, 156, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.114>.

Khairul I., M., Wang, H., Rehman, S., Dong, C., Hsu, H.-Y., Sze Ki Lin, C., Yuan Leu, S. (2019). Sustainability metrics of pretreatment processes in a waste derived lignocellulosic biomass biorefinery. *Bioresource Technology*, 122558. DOI:10.1016/j.biortech.2019.12255.

Khan, A. S., Man, Z., Nasrullah, A., Ullah, Z., Muhammad, N., Rahim, A., Bustam A., Idris A., Uroos, M. (2020). Conversion of biomass to chemicals using ionic liquids. *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science*, 1–30. doi:10.1016/b978-0-12-817386-2.00001-9.

Khosravanipour M., A., Solomatnikova, O., Drogui, P., Tyagi, R. D. (2018). A review of recent research and developments in fast pyrolysis and bio-oil upgrading. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 8(3), 739–773. doi:10.1007/s13399-018-0320-z

Madanayake, B. N., Gan, S., Eastwick, C., Ng, H. K. (2017). Biomass as an energy source in coal co-firing and its feasibility enhancement via pre-treatment techniques. *Fuel Processing Technology*, 159, 287–305. doi:10.1016/j.fuproc.2017.01.029

Malu, T.J.; Manikandan, K.; Cheralathan, K.K. Levulinic acid—a potential keto acid for producing biofuels and chemicals. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, p. 171–197, 2020. DOI: 10.1016/b978-0-444-64307-0.00006-8.

Marasca, N., Brito, M. R., Rambo, M. C. D., Pedrazzi, C., Scapin, E., Rambo, M. K. D (2022) Analysis of the potential of cupuaçu husks (*Theobroma grandiflorum*) as raw material for the synthesis of bioproducts and energy generation. *Food Science and Technology*, p. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.48421>

Marques de Oliveira, N. *Desenvolvimento regional e territorial do Tocantins*. Ed. EDUFT, Palmas-TO, 2019. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/11612/1295>. Accessed in October 2022.

MIQCB. *Quem somos nós?* São Luís, 2019. Retrieved from: <https://www.miqcb.org/sobre-nos>. Accessed in October 2022.

Mohammad, M., Hari, T. K., Yaakob, Z., Sharma, Y. C., Sopian, K. (2013). Overview on the production of paraffin based-biofuels via catalytic hydrodeoxygenation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.026>

Pedroza, M. M., Gomes, M. C. F. De A., Paz, E. C. Da S., & Pedrosa, A. L. (2017). Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos em processos de pirólise. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 6, 184. <https://doi.org/10.5380/rber.v6i2.46577>

Pourhashem, G., Rasool, Q. Z.; Zhang, R., Medlock, K. B., Cohan, D. S., & Masiello, C. A. (2019). Valuing the Air Quality Effects of Biochar Reductions on Soil NO Emissions. *Journal of Environmental Science and Technology*, 51, 9856-9863. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00748>

Qin, L.; Wu, Y.; Hou, Z.; Jiang, E. (2020). Influence of biomass components, temperature and pressure on the pyrolysis behavior and biochar properties of pine nut shells. *Bioresource Technology*, 313, 123682. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123682>

Rambo M. K. D., Alexandre, G. P., Rambo, M. C. D., Alves, A. R., Garcia, W. T., Baruque, E. (2015a). Characterization of biomasses from the north and northeast regions of Brazil for processes in biorefineries. *Food Science and Technology*, v. 35, p. 1, 2015. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6704>

Rambo, M. K. D., Schmidt, F.L., & Ferreira, M.M.C. (2015b). Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. *Talanta*, 144, 696. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.06.045>

Rambo, M. K. D., Almeida, K. J. C. R., Rambo, M; C. D, Baruque, E. A. (2016). The Response Surface Methodology as a tool to optimize the extraction and acid hydrolysis processes applied to babassu residues. *RBPG - Revista Brasileira da Pós-Graduação*, v. 13, p. 807, 2017.

Rambo, M. K. D., Nemet, Y. K. S., Santana Junior, C. C.; Pedroza, M. M.; Rambo, M. C. D. (2020). Comparative study of the products from the pyrolysis of raw and hydrolyzed baru wastes. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11, 1943–1953. <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00585-0>.

Rede Penssan. *Insegurança alimentar e Covid-19 no Brasil: VIGISAN, Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil*. 2021. Retrieved from: <http://olheparaafome.com.br/VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf>. Accessed in nov 2022.

Rocha, M. R. T. da. A rede sociotécnica do babaçu no Bico do Papagaio (TO): dinâmicas da relação sociedade-natureza e estratégias de reprodução social agroextrativista. 252p. 2011. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) – *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de PósGraduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2011.

Romão, D. C. F., Santana Jr., C. C., Brito, M.R., Scapin, E., Pedroza, M., Rambo, M. C. D., & Rambo, M. K. D. (2022). Assessment of the Economic and Energetic Potential of Residues from the Green Coconut Industry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 8, 938. <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20220042>

Santana Junior, C. C.; Brito, M. R., Barbosa, L. N., Jaconi, A., Rambo, M. K. D., & Rambo, M. C. (2020). Environmental-economic assessment of lignocellulosic residual from the Legal Amazon for conversion in biochars and bioproducts for biorefineries. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7, 324. <http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.78.36>.

Santos, D. S., Silva, I. G. da, Araújo, B. Q., Lopes Júnior, C. A., Monção, N. B. N., Citó, A. M. das G. L., Souza, M. H. S. L., Nascimento, M. D. S. B., Costa, M. C. P. (2013). Extraction and Evaluation of Fatty Acid Composition of *Orbignya phalerata* Martius Oils (Arecaceae) from Maranhão State, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 24(2), 355–362. doi:10.5935/0103-5053.20130045

Santos, M. F. G., Alves, R. E.A., Brito, E. S., Silva, S. de M. S., & Silveira, M. R. S. da (2017) Quality Characteristics Of Fruits And Oils Of Palms Native To The Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39, 1. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017305>

Santos, W. F. dos., Cruz, G. R. B., Costa, R. G., Ribeiro, N. L., Beltrão Filho, E. M., Souza, S., Justino, E. S., Santos, D. G. (2022). Production and quality of cheese and milk of goats fed with guava agroindustrial waste (*Psidium guajava* L.). *Food Science and Technology* [online]. 2022, v. 42. doi: <https://doi.org/10.1590/fst.00521>

Scheufele, F. B., da Silva, E. S., Cazula, B. B., Marins, D. S., Sequinel, R., Borba, C. E., Patuzzo, G. S., Lopez, T. F. M., Alves, H. J. (2021). Mathematical modeling of low-pressure H₂S adsorption by babassu biochar in fixed bed column. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 105042. doi:10.1016/j.jece.2021.105042

Siengchum, T., Isenberg, M., Chuang, S. S. C. (2013). Fast pyrolysis of coconut biomass – An FTIR study. *Fuel*, 105, p. 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.09.039>.

Sigma-Aldrich. Retrieved from: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/search/> accessed in Aug 2022.

Soni, B., & Karmee, S. K. (2020). Towards a continuous pilot scale pyrolysis based biorefinery for production of biooil and biochar from sawdust. *Fuel*, 271, 117570. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117570>

Souza, M.H.S.L., Monteiro, C.A., Figueredo, P.M.S., Nascimento, F.R.F., Guerra, R.N.M. (2011) Ethnopharmacological use of babassu (*Orbignya phalerata* Mart) in communities of babassu nut breakers in Maranhão, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.08.056>

Tomczyk, S., Schomerus, G., Stolzenburg, S., Muehlan, H., & Schmidt, S. (2020). Ready, Willing and Able? An Investigation of the Theory of Planned Behaviour in Help-Seeking for a

Community Sample with Current Untreated Depressive Symptoms. *Prevention Science*, 21, 749. <https://doi.org/10.1007/s11121-020-01099-2>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação sobre o potencial uso da casca do babaçu revelou fontes promissoras para o desenvolvimento econômico e social das comunidades extrativistas, em especial das quebradeiras de coco. Por meio do desenvolvimento de tecnologias socialmente e ambientalmente adequadas, convertendo em um caráter extremamente promissor, tornou o uso dessa biomassa mais eficiente e competitivo, com a produção de maior variedade de produtos de forma renovável e sustentável, por meio do aproveitamento de resíduos.

Também foi observado que a conversão termoquímica da biomassa do babaçu com objetivo de produzir biochar é um processo alternativo, viável, de aproveitamento integral das matérias-primas, com geração de insumos de considerável interesse econômico, que podem ser utilizados como combustível sólido, como melhorador de solo e biorremediação. Ademais, o processo contribui para a mitigação do problema ambiental de disposição final desses resíduos.

A inserção do aproveitamento dos resíduos da biomassa estudada, tanto dentro de sua cadeia produtiva convencional como em biorrefinarias, é uma excelente oportunidade de agregar valor a essa biomassa, contribuindo com a conservação dos recursos naturais pela minimização de impactos ambientais adversos gerados por sua disposição no ambiente.

Práticas de agregação de valor às cascas dessa biomassa, com alternativas indicadas no estudo tendem a melhorar a qualidade de vida das quebradeiras, a exemplo de processá-la dentro de um contexto industrial, em que podem ser fabricados produtos como: carvão vegetal, a partir do biochar, com aptidão agrícola e para combustão e compostos químicos finos extraídos do bio-óleo para o uso na produção de fármacos.

Todos esses resultados demonstram saída para corrente queda sistemática da produção de babaçu, que vem ocorrendo nos últimos 10 anos, com uma diminuição de cerca de 69%. Os últimos 6 anos, corresponde ao período em que houve redução no quantitativo produzido da amêndoa em todos os anos em relação ao anterior.

A adoção de uma estrutura industrial, em parceria com as associações e cooperativas já existentes no contexto de movimentos sociais e políticos (MIQCB), possibilita a geração de emprego e renda para as quebradeiras, que se traduz em melhoria na qualidade de vida destas pessoas, proporcionando uma condição digna de sobrevivência.

Soma-se a isto, o fato de que a aquisição de alguns maquinários sugeridos pelo presente estudo pode contribuir na diversificação de produtos de forma positiva impactando às diversas cadeias produtivas envolvidas, repercutindo em benefícios para a sociedade, bem como na

conquista de mercados externos, e sem contar que a utilização desse resíduo minimiza os impactos ao meio ambiente.

ANEXO - I

CAIXA POSTAL 271
13012-970-CAMPINAS-SP

CNPJ: 46.113.742/0001-24
FONE/FAX: (19) 3241-0527
(19) 3241-5793

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Campinas, 26 de Janeiro de 2023

DECLARAÇÃO

Declaramos que está autorizado o uso do artigo: "**SOCIOECONOMIC ANALYSIS OF BIOPRODUCTS ORIGINATED FROM BABASSU COCONUT**" publicado pela Food Science and Technology– Ref. CTA 1003-22 como parte de capítulo de dissertação de tese para a autora: **Patrícia Silva Pires.**

Atenciosamente,

Adriano Gomes da Cruz
Editor chefe- FST

ANEXO - II



Solab Laboratório Indústria e Comércio Ltda.

CNPJ: 18.214.465/0001-00
Rua Luiz Silveira Pedreira, 340
Bairro: Capim Fino Uninorte
Telefone: (19) 3415-3990
www.solabcientifica.com.br

IE: 535.493.578.115
Piracicaba SP
CEP: 13.413-099
Ramal: 206
E-mail: vendas1@solabcientifica.com.br

Piracicaba, 06 de Fevereiro de 2023.

PROPOSTA Nº 148.23

À

Razão social:	FUNDACAO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS	Cliente:	Consumidor
CNPJ:	05.149.726/0001-04	Insc. Estadual:	
Endereço faturamento:	Q 109 NORTE, AV NS 15, ALCNO 14 CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS, S/N - BLOCO IV - REITORIA SALA 08 - PLANO DIRETOR NORTE - CEP: 77.001-090 - Palmas/TO.		
A/C:	Patricia Pires	Setor:	
E-mail:	patricia.pires@mail.uft.edu.br	Fone:	(63) 3232-8068 / (63) 3232-8060
Caso possuir Benefícios Fiscais, informar a Solab para avaliação antes fechamento do Pedido			

Em atenção à sua consulta, apresentamos nossa proposta comercial para o fornecimento do produto abaixo.

Item:	1
Quantidade:	1



Moinho de Bola Câmara Fechada, Modelo: SL-38, Marca: Solab.

- Gabinete construído em aço 1020 com tratamento anticorrosiva e pintura eletrostática em epóxi.
- Câmara de moagem em aço inox AISI 304 e esfera de aço cromada de 1 ¼.
- Câmara com fecho rápido, assim ficando ao usuário mais fácil remanejar.
- Sistema de movimento da câmara no sentido Vertical, construído com materiais resistentes e de alta durabilidade.
- Motor de indução monofásico 1/4 CV 4 polos, 1740 RPM.
- Relê térmico de proteção contra superaquecimento do motor.
- Chave geral de Liga/Desliga, com led.
- 4 pés de borracha de 3/8".

OPCIONAL SOB PEDIDO NORMAS DE SEGURANÇA
"Obrigado por escolher a Solab"



Oferecemos garantia e assistência técnica para todos os equipamentos de nossa fabricação

www.solabcientifica.com.br

T-01



Equipamentos para Laboratórios

Solab Laboratório Indústria e Comércio Ltda.

CNPJ: 18.214.465/0001-00
Rua Lutz Silveira Pedreira, 340
Bairro: Capim Fino Uninorte
Telefone: (19) 3416-3999
www.solabcientifica.com.br

IE: 535.493.578.115
Piracicaba SP
CEP: 13.413-099
Ramal: 206
E-mail: vendas1@solabcientifica.com.br

- Painel adesivo em policarbonato texturizado a prova d'água.
- Cabo de força com dupla isolação e plug com três pinos, duas fases e um terra, de acordo com as normas ABNT NBR 14136.
- Capacidade de moagem até 50 gramas.
- GPM (Golpes por minuto): 580.
- Potência: 200 watts.
- Alimentação 220 volts.
- Dimensão interna da Capsula: Ø 50 x Altura 105 mm.
- Dimensão externa da Capsula: Ø 50 x Altura 120 mm.
- Dimensão externa do equipamento: L=380 x P=300 x A=570 mm.

Acompanha:

- Manual de instrução.

Valor unitário: R\$ 21.120,00

NCM: 8474.20.10 - 0% IPI

OPCIONAL SOB PEDIDO NORMAS DE SEGURANÇA

"Obrigado por escolher a Solab"

Oferecemos garantia e assistência técnica para todos os equipamentos de nossa fabricação!

www.solabcientifica.com.br




Solab Laboratório Indústria e Comércio Ltda.

CNPJ: 18.214.465/0001-00
 Rua Luiz Silveira Pedreira, 340
 Bairro: Capim Fino Uninorte
 Telefone: (19) 3415-3990
www.solabcientifica.com.br

IE: 535.493.578.115
 Piracicaba SP
 CEP: 13.413-099
 Ramal: 206
 E-mail: vendas1@solabcientifica.com.br

Condições Gerais de Fornecimento			
Valor total da proposta:	R\$ 21.120,00 (Vinte e um mil, cento e vinte reais).		
Frete:	CIF Remetente.		
Condições pagamento:	<table border="1"> <tr> <td>Depósito ou Boleto</td> <td>A Combinar (Mediante Análise Financeira) Banco do Brasil: AG: 6516-1 / CC: 106878-4 (Solab Laboratórios) Chave PIX CNPJ 18.214.465/0001-00</td> </tr> </table>	Depósito ou Boleto	A Combinar (Mediante Análise Financeira) Banco do Brasil: AG: 6516-1 / CC: 106878-4 (Solab Laboratórios) Chave PIX CNPJ 18.214.465/0001-00
Depósito ou Boleto	A Combinar (Mediante Análise Financeira) Banco do Brasil: AG: 6516-1 / CC: 106878-4 (Solab Laboratórios) Chave PIX CNPJ 18.214.465/0001-00		
Validade da proposta:	<table border="1"> <tr> <td>15 Dias</td> <td>Suporte técnico: Permanente</td> </tr> </table>	15 Dias	Suporte técnico: Permanente
15 Dias	Suporte técnico: Permanente		
Garantia:	<p>O prazo de vigência da garantia é de 12 (doze) meses, contados a partir da data da emissão da nota fiscal de Venda. Divididos da seguinte maneira:</p> <p>a) 3 (três) meses de garantia legal para vidros, peças plásticas (botões, puxadores, tampas etc.) e lâmpadas.</p> <p>b) 12 (Doze) meses de garantia contra defeito de fabricação.</p>		
Regime Tributário Solab:	<p>Lucro Presumido</p> <p>TRIBUTOS: 5,93 % = PIS 0,65% + COFINS 3% + IRPJ 1,20% + CSLL 1.08%</p> <p>IPI: Conforme NCM/tabela TIPI</p> <p>ICMS: Conforme Estado Dest/Convênio</p> <p>ISS: 5%</p>		
Prazo de entrega:	<p>60 Dias – Para despachar da Solab.</p> <p>Antes do fechamento de seu pedido favor consultar a nossa fábrica. Pedidos confirmados reforçamos que não contamos finais de semanas/feriados pois a fábrica é fechada.</p>		

Atenciosamente,

Daiane Correia.
 Comercial
 Telefone: (19) 3415-3990 Ramal: 223 WhatsApp: (19) 9.9692-2664
 E-mail: vendas1@solabcientifica.com.br

OPCIONAL SOB PEDIDO NORMAS DE SEGURANÇA
 "Obrigado por escolher a Solab"



Oferecemos garantia e assistência técnica para todos os equipamentos de nossa fabricação!

www.solabcientifica.com.br

ANEXO – III



CNPJ: 07.784.338/0001-20

Nº Orçamento:

020923

São Carlos, 9 de fevereiro de 2023

A

Patricia Silva Pires
Programa de Pós-graduação em ciências do ambiente - UFT
patricia.pires@mail.uft.edu.br
63 99282 2112

Prezada Patricia

Em atendimento à V. solicitação, apresentamos abaixo propostas para o fornecimento do:
FORNO DE LABORATÓRIO tipo tubular Horizontal de 1 zona, FT-1200/H.

Colocamo-nos a sua disposição para esclarecer qualquer dúvida.

Atenciosamente

Hernán Rompito-Cossio
Responsável





FORNO TUBULAR HORIZONTAL FT-1200/H-1 ZONA



APLICAÇÃO:

Para teste de laboratório com posição horizontal de operação com atmosfera controlada.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS:

- ✚ Fornos tubulares são fabricados totalmente em aço inoxidável anticorrosivo e alumínio para o uso com tubos padrão de quartzo ou cerâmica Aluminosa (mulita) com diâmetro 50 mm, e comprimento de área aquecida de 500 mm, com a capacidade de temperaturas de 1200 °C de uma zona de aquecimento.
- ✚ Elementos são embutidos na fibra pré-moldada e pré-queimada para 1420°C com capacidade específica para atender as necessidades de funcionamento ou em suportes tubulares.
- ✚ Os sistemas de controle do forno são especificados de acordo com a aplicação, automatizados e programáveis, para atender diferentes critérios de uso.
- ✚ Possui controle de segurança para excesso de temperatura e quebra de Termopar.
- ✚ Elementos de Aquecimento: (resistência Kanthal A1) são embutidos na fibra pré-moldada e pré-queimada para 1420°C com capacidade específica para atender as necessidades de funcionamento ou suportes tubulares;
- ✚ Sensor de Temperatura: termopar tipo "K";
- ✚ Duas saídas para termopar, uma no controle do forno e outra monitora a temperatura da amostra;



CNPJ: 07.784.338/0001-20

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- ⚡ Bipartido para posicionamento do tubo;
- ⚡ Totalmente construído em aço inoxidável e Alumínio;
- ⚡ Controlador de Temperatura: controlador micro processado tipo PID, com 20 rampas e 20 patamares, duas saídas para termopar, uma no controle do forno e outra monitora a temperatura da amostra;
- ⚡ 2 Termopares Tipo "K";
- ⚡ Forno com precisão e homogeneidade de temperatura;
- ⚡ Comunicação com o microcomputador e Software de controle com gráfico colorido;
- ⚡ Um tubo reator de aço inoxidável flangeado para atmosfera controlada, Ø 50 X600 mm
- ⚡ Rotâmetro de gás para 15L/min e Válvula de pressão para injeção de gases

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MOD.	Temp. °C MAX	DIM.(mm) INTERNAS	DIM.(mm) EXTERNAS	FORÇA	POTÊNCIA PICO
FT- 1200 /H	1200	Ø120 x 300	600 x 680 x 600	220 V	4.000 W

CONDIÇÕES COMERCIAIS

MODELO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
FT- 1200 /H	1	R\$ 35.800,00	R\$ 35.800,00
Tubo de aço 310 Ø 50 x 46 x 600 mm	1	R\$ 5.900,00	R\$ 5.900,00

VALOR TOTAL R\$ 41.700,00

PRAZO DE ENTREGA: 60 dias

PAGAMENTO: à vista

VALIDADE DA PROPOSTA: 60 dias

FRETE: CIF

TODOS OS IMPOSTOS INCLUSOS