NSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO MARANHÃO
CAMPUS AÇAILÂNDIA

Enaile Sininger Fulgencio Vidal
Eduarda Cristina Mangueira
David Ângelo S. negreiros

CARVÃO – AÇU: BIOENERGIAA PARTIR DA MOINHA DO ENDOCARPO DO COCO BABAÇU (ATTALEA SPECIOSA) JUNTO A RESERVA EXTRATIVISTA DO CIRIACO / MA – ICMBIO

Açailândia – MA
2022

Trabalho apresentado Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA Campus Açailândia.

Orientador: Ricardo dos Reis Bandeira
Coorientador: Prof.: Me. Roberto Peres da Silva.

Açailândia – MA
2022

RESUMO

Neste trabalho procurou-se desenvolver uma análise prática da utilização integral do babaçu como fonte energética, procurando dá ênfase às potencialidades agregadas ao carvão (Attalea speciosa), junto à comunidade da reserva extrativista do Ciriaco. O carvão de babaçu é um dos produtos da biodiversidade da região tocantina maranhense. Produzido a partir do aproveitamento de resíduos e do coco velho de babaçu, o carvão ecológico é o único produzido sem a necessidade do corte de árvores. O babaçu é uma das maiores riquezas extrativistas do Brasil e uma importante fonte de renda nas regiões Norte e Nordeste. No ciriaco é subutilizado, que tem muitas áreas cobertas por babaçuais. Além de garantir a preservação da natureza, este tipo de carvão pode ser uma opção economicamente mais viável aos consumidores. A planta tem frutos drupáceos com sementes oleaginosas e comestíveis das quais se extrai um óleo empregado na alimentação, em remédios e biocombustíveis. O fruto de babaçu é constituído pelo epicarpo, endocarpo, mesocarpo e amêndoa. O epicarpo é formado de fibras, representa em média 15% do fruto, tem forte poder calorífero. O mesocarpo representa em torno de 20% do fruto e é composto por 60% de amido. As amêndoas representam de 6 a 7% do peso do fruto e possui teor de óleo acima de 60%. O endocarpo responde por 60% do peso do fruto e tem elevado poder calorífero, sendo usado na fabricação de carvão que possui densidade e poder calorífico superior aos carvões de madeira e pode queimar por mais de três horas, o que significa uma utilização até cinco vezes menor do combustível. Este projeto tem como objetivo, desenvolver ações de inovação que possam agregar valor econômico aos derivados do coco babaçu e desenvolver tecnologias mais eficientes na produção do carvão, além de um ganho mais satisfatório em termos poder calorifico e parâmetros físico químicos tais como teor de cinzas, carbono fixo e maior tempo de queima e eficiência energética.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5

2. OBJETIVOS 7

2.1 Geral.....7

2.2 Específicos.....6

3 REVISÃO DE LITERATURA 8

3.1 Uma economia invisível. 8

3.2 A utilização do coco babaçu como nova fonte ecológica e sustentável de Energia. 10

4. METODOLOGIA..... 14

4.1 Análise Imediata 17

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 22

5.3 OUTRAS BIOMASSAS..... 29

6. CONCLUSÃO..... 30

7. REFERÊNCIAS 31

1. INTRODUÇÃO

A busca por novas formas de energia é um tema que vem gerando muita demanda, engajamento e dedicação de vários pesquisadores por todo o mundo. A sociedade já tem a consciência que a dependência da utilização dos combustíveis fósseis vai causar o esgotamento destes combustíveis e também uma maior degradação do meio ambiente.

Desenvolver fontes de energia renováveis que reduzam o impacto ambiental é uma necessidade das organizações produtivas e o babaçu como material para produção de carvão a partir dos resíduos de sua quebra surge como uma oportunidade. O carvão do endocarpo do babaçu é um dos produtos da biodiversidade da região Tocantina Maranhense.

Os combustíveis de biomassa vêm ganhando atenção e se tornando uma fonte potencial e alternativa de energia para diminuir a dependência na utilização de carvão vegetal da madeira, como também poluição ambiental.

O esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, o alto custo de plantio de árvores para produção de carvão aliado às elevadas emissões de gases causadores de efeito estufa, são consideradas as principais razões para o uso dos combustíveis renováveis (SANCHEZ-SILVA et al., 2012). Nesse mesmo contexto, alguns resíduos vegetais vêm sendo considerados uma fonte de energia renovável e potencial, que pode contribuir consideravelmente para a redução do consumo dos combustíveis fósseis, reduzir o desmatamento e, consequentemente, reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa e os malefícios do aquecimento global (SHENG; AZEVEDO, 2005).

A maior vantagem da utilização da biomassa como fonte de energia consiste nas emissões neutras de dióxido de carbono. O CO_2 emitido a partir da queima completa da biomassa é absorvido pelas plantas por meio do processo de fotossíntese (VOIVONTAS; ASSIMACOPOULOS; KONKIOS, 2001).

Apesar de a matriz energética mundial ser dependente praticamente dos combustíveis fósseis e carvão vegetal da madeira, alguns países vêm aproveitando seu potencial agroflorestal para incentivar o aumento do uso da biomassa residual

como fonte alternativa e ecológica de energia. Esse é o caso do Brasil, que tem 44,1% da oferta interna de energia vinda de fontes renováveis, com a participação de 25,4% dos diversos produtos provenientes da biomassa (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012).

Apesar do grande potencial do uso desse material residual para a produção de carvão ecológico ainda há poucos trabalhos de pesquisa na literatura que relatam o uso energético da casca do coco babaçu ao invés do carvão da madeira. Com isso, surge a necessidade de investigar e demonstrar a viabilidade no uso dessa biomassa residual como fonte ecológica de bioenergia.

Segundo Carrazza, Silva e Ávial (2012) o coco pesa entre 90g e 280g, média de 185g por fruto teríamos então um média de 172,05g de resíduo por coco. Segundo o IBGE (2016) foram produzidas no Brasil 61.390t de amêndoa do coco, tendo aproximadamente um montante de 877.000t de resíduo dos demais componentes que poderiam ser utilizados como carvão ecológico. É possível reutilizar essa grande quantidade de resíduos para a produção de briquetes de carvão de biomassa, tornando-se assim uma fonte alternativa e ecológica de produção energética? É possível que a reutilização dessa grande quantidade de resíduos para a produção de briquetes de carvão de biomassa reduza o desperdício da queima indiscriminada do coco e suas amêndoas no processo de fabricação do carvão nativo?

Considerando os estudos de Chen et al. (2014) que caracteriza o fruto do babaçu, composto de 4 partes, cujo o peso médio estimado que cada uma das partes representa fica em torno de 12% Epicarpo, 17% Mesocarpo, 64% Endocarpo e 7% Amêndoa pode-se considerar que 93% do peso do coco é descartado gerando uma grande quantidade de resíduos. O babaçu é uma das maiores riquezas extrativistas do Brasil e uma importante fonte de renda nas regiões Norte e Nordeste. Além de garantir a preservação da natureza, este tipo de carvão pode ser uma opção economicamente mais viável aos consumidores. O endocarpo corresponde a 64 % do peso do fruto e possui densidade e poder calorífico superior aos carvões de madeira podendo queimar por mais de três horas, o que significa uma utilização até cinco vezes menor do combustível podendo ser usado na fabricação de carvão. É preciso também levar em consideração que para produção do carvão da munha do coco não é necessária a queima das amêndoas contidas no coco, tornando-se assim um processo sustentável e ecológico.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar parâmetros físico-químicos do endocarpo da biomassa, pois o mesmo possui potencial energético para geração de combustíveis sólidos pela reação de pirólise e também verificar a viabilidade de reutilização dos resíduos provenientes da quebra do coco para a produção de briquetes ecológicos a partir da munha e dos granulados desperdiçados do carvão após sua queima. Para isso, serão pesquisadas, na literatura, outros trabalhos relacionados para comparação dos resultados obtidos.

2.2 Específicos

- Analisar a biomassa do endocarpo do coco babaçu;
- Mensurar a análise imediata;
- Comparar os resultados das análises realizadas com os da literatura;
- Mensurar a viabilidade energética e ecológica dos briquetes obtidos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Uma economia invisível.

A palmeira do babaçu representa uma fonte de riqueza importante para populações extrativistas no Maranhão.

> A palmeira do babaçu apresenta uma diversidade de usos, consistindo em uma fonte de subsistência e recursos para as populações rurais. Historicamente é um dos recursos extrativos de grande significância nos mercados de óleos e gorduras vegetais para fins alimentícios, como também na indústria química, devido à alta concentração de ácido láurico. Porém, com o avanço tecnológico de culturas agrícolas oleaginosas como a soja, entre outras, cultivadas em bases mais competitivas, o mercado de óleos comestíveis foi sendo suprimido, restando à indústria de óleos de babaçu o mercado de óleos láuricos para os segmentos de higiene, limpeza e cosméticos. (GOUVEIA, 2015, p. 1)

O babaçu é um tipo de palmeira da família botânica Arecaceae, e pode ser encontrado em diversos países da América Latina. No Brasil, o uso é bastante difundido na Amazônia, no Cerrado, na Mata Atlântica e na Caatinga, onde ocorre em vários estados de maneira espontânea. As populações tradicionais brasileiras conhecem o babaçu por vários nomes e pode ser chamado também de coco-palmeira, coco-pindoba, uauaçu, catolé, andaiá, coco-de-macaco, andajá, indaia, pindoba, baguaçu, pindobassu ou ainda vários outros nomes, dependendo da região (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012).

Existem muitas espécies de babaçu, sendo as mais conhecidas e com uso mais difundido as espécies Attalea phalerata e Attalea speciosa.

Uma das mais representativas cadeias de produção do extrativismo vegetal no Brasil é a do babaçu, levando em consideração o tamanho da área de abrangência da palmeira (13 a 18 milhões de hectares em 279 municípios, situados em 11 Estados), como também das incontáveis potencialidades e diversidade de atividades econômicas que podem ser desenvolvidas a partir dela, de sua importância para as famílias que sobrevivem da agricultura extrativista associada à sua exploração, e da forte mobilização política e social em prol do livre acesso aos babaçuais (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012).

A ocorrência abrangente do babaçu em vários estados brasileiros se justifica pela capacidade da palmeira de tolerar climas de temperaturas super elevadas e muitas chuvas, que às vezes chegam acima de 1.000 mm anuais (MACHADO, 2015). Nesse contexto, o autor afirma que as muitas faces da economia solidária

estão no papel dos pequenos agricultores, devido sua importância para o exercício de uma economia sustentável.

> As palmeiras de babaçu têm uma importância fundamental na reprodução física, social e cultural das quebradeiras, invertendo a noção dogmática da propriedade privada, que trata a árvore como “bem secundário”, mero acessório do solo. Em outras palavras, as palmeiras de coco babaçu representam a vida, pois é daí que as quebradeiras retiram todo o seu sustento, independentemente de onde elas estejam. Assim, as palmeiras de babaçu constituem-se num recurso vital para a reprodução das quebradeiras de coco. A evidência da sua importância tem se materializado na principal reivindicação do movimento pelo “babaçu livre”. O “babaçu livre” consiste no direito ao livre acesso e uso comum das palmeiras, e que se traduz na forma como as mulheres tradicionalmente se apropriam do recurso natural, tido como de uso livre e comum.(MACHADO, 2015, p. 10, 11).

A cadeia de produção do babaçu é reconhecida pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário como uma fonte de ocupação e renda importantíssima para a população do meio rural e da região central do Estado do Maranhão, pois além das fábricas de refino do azeite tidas como núcleo principal da cadeia produtiva há também outros segmentos industriais como indústrias de velas, produção de carvão vegetal, produção da farinha e produtos de higiene (MACHADO, 2015).

Conforme Gouveia (2015), para a continuidade da produção extrativista a organização social das quebradeiras de coco passou a constituir um fator diferencial. Da mesma forma, também é possível notar a necessidade de estudos científicos sobre a variedade que compõe a cadeia produtiva, como as indústrias instaladas no Maranhão e em outros estados onde o extrativismo do babaçu e utilização do óleo pelas indústrias de produtos alimentícios, cosméticos e de limpeza e a comercialização desses produtos são praticados. Portanto, é necessário fazer uma reflexão mais detalhada sobre as particularidades do extrativismo do babaçu em uma configuração de mercado mais recente.

Mas, nem sempre foi assim. (MACHADO, 2015), relata que no início do século XX somente os lavradores do interior dos estados produtores conheciam o fruto e depois de vários anos surgiu o interesse pelo produto no mercado internacional. Tem-se conhecimento que a Alemanha, em 1911 demandou as primeiras exportações da amêndoa do coco babaçu, e em seguida outros países da Europa também demonstraram interesse pelas amêndoas. Durante a primeira guerra mundial a escassez de óleos vegetais se acentuou e foi um fator determinante para

acelerar a inserção do fruto no mercado internacional, levando o babaçu ao segundo lugar, tanto em valores quanto em quantidades, como produto de exportação, sendo superado somente pela cera de carnaúba.

Segundo (CORRÊA, 2022), a cadeia produtiva do babaçu apresenta para o Estado do Maranhão, em termos econômicos, uma importante fonte de receitas. Infelizmente, a cadeia produtiva do babaçu não teve investimentos por quase 50 anos, o que fez com que sua economia caísse.

Em 2021, considerando valor de produção, o babaçu estava em quinto lugar no ranking de produto extrativista florestal não madeireiro alcançando naquele ano R$ 67,3 milhões (IBGE, 2021).

3.2 A utilização do coco babaçu como nova fonte ecológica e sustentável de Energia.

O carvão vegetal é resultado do processo da queima parcial da madeira. O homem primitivo utilizava pedaços de madeira em chamas para a produção de luz e calor. Com o tempo, pôde perceber que, ao utilizar a madeira queimada esta não produzia chama e nem muita fumaça, percebeu também que a madeira carbonizada gerava calor de forma muito mais fácil de controlar do que o que era produzido por queima direta de madeira (JUVILLAR, 1980), marcando assim a descoberta do carvão vegetal.

À medida que acontecia a evolução humana, a utilização do carvão vegetal foi se tornando mais intensa e necessária para muitas famílias nos países subdesenvolvidos e ainda é um combustível imprescindível não só nos lares, mas também nas indústrias (GUARDABASSI, 2006).

A humanidade busca aliar crescimento ao desenvolvimento sustentável desde a utilização da energia a vapor no século XVIII, algo que marcou e abriu caminho para a consolidação do uso da energia para a modernidade, buscando e optando pela utilização de fontes como o petróleo e a eletricidade, entre outras. A demanda pelo crescimento, cuidando do meio ambiente, tem levado cada vez mais à necessidade da utilização de energias alternativas e renováveis.

O MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, do Protocolo de Kyoto) tem o objetivo de incentivar a busca por fontes de energia ecologicamente correta, produzida de maneira sustentável e ecológica, demandando a utilização de fontes

renováveis. Também ao diminuir a emissão de gases que causam o efeito estufa da atmosfera, ocorrerá o abrandamento deste efeito através do sequestro de carbono (BRASIL, 2005).

A preocupação com a sustentabilidade e a viabilidade de obtenção de energia renovável sem deixar de lado a manutenção ambiental vem tomando espaço importante nas decisões individuais, empresariais e governamentais.

Segundo o dicionário Aurélio, sustentável é como sendo algo capaz de se manter quase que constante, ou estável, por um período longo; e tendo em vista o conceito, todo e qualquer empreendimento para ser sustentável necessariamente precisa ser economicamente viável, ecológico, justo e culturalmente aceito (ALMEIDA, 2007).

Então, visando a sustentabilidade, se faz necessária a busca por fontes alternativas de energia e, uma delas é a reutilização dos resíduos provenientes da quebra do coco babaçu para a produção de carvão ecológico.

Babaçu é como são conhecidas as palmeiras oleaginosas de grande porte (até 30 m), de tronco cilíndrico e copa em formato de taça, referentes à família Palmae e complementares dos gêneros Orbignya e Attalea. O babaçu está entre as palmeiras que se encontram em território nacional nos Estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, áreas de matas onde predominam os babaçus. O Estado do Maranhão possui aproximadamente um terço da área total dos babaçuais do território brasileiro, e constitui uma das principais fontes de riqueza vegetais deste Estado. No entanto, a sua utilização industrial é mais voltada às amêndoas oleíferas (SOUZA et al, 2007).

Figura 1. Babaçu

Fonte: CARRAZZA; ÁVILA; SILVA (2012).

Os frutos têm formato elipsoidal, quase cilíndricos, com peso médio entre 90 e 280 g. Os frutos apresentam: epicarpo ou casca (camada mais externa e bastante rígida), mesocarpo (com 0,5 a 1,0 cm de espessura e rico em amido), endocarpo (rígido, de 2 a 3 cm de espessura) e amêndoas (de 3 a 4 por fruto, com 2,5 a 6 cm de comprimento e 1 a 2cm de largura). A safra inicia em setembro e vai até março (VIVACQUA FILHO, 1968).

Figura 2. Coco babaçu

Fonte: CARRAZZA; ÁVILA; SILVA (2012).

Atualmente, o coco babaçu é explorado para utilizar o óleo contido nas amêndoas para fins cosméticos e culinários. Ao considerar o Babaçu como uma alternativa viável para um sistema energético relacionado a biomassa é necessário entender que, no atual sistema, o fruto é quebrado manualmente, sendo a casca um resíduo do processo de quebra, que tem grande potencial energético, que ao serem aproveitados cessarão o desperdício de todo o fruto na produção de carvão (EMMERICH; LUENGO, 1996).

Figura 3. Quebradeiras Comunidade extrativista do Ciriaco /MA - ICMBIO

Fonte: Próprio Autor

Em relação à produção de carvão em escala comercial, o coco-babaçu surgiu como alternativa após a redução da oferta de madeira nativa como fonte de energia para o Projeto Grande Carajás. Porém, surgiram restrições visando a não utilização do coco inteiro, antes da extração da amêndoa (GOUVEIA, 2015).

Segundo Emmerich e Luengo (1996), o carvão vegetal do coco babaçu tem grande possibilidade ser utilizado na siderurgia como substituto principal do coque metalúrgico, pois resolve dois fatores em comparação com o carvão de madeira: baixa densidade e baixa resistência à compressão. Além dessas vantagens deve-se lembrar que para a produção do carvão vegetal do coco babaçu não há necessidade de derrubar as palmeiras, beneficiando ainda mais o balanço de carbono do ecossistema e mantendo as florestas nativas, pois, diminuirá o desmatamento.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho visa apresentar uma abordagem quantitativa, segundo Fonseca (2002, p. 20) “os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados, a pesquisa quantitativa se centra na objetividade”. O estudo será

realizado com a finalidade de identificar a viabilidade de reutilização dos resíduos provenientes da quebra do coco babaçu para a produção de briquetes de carvão ecológico a partir da munha e dos granulados desperdiçados do carvão do coco.

Os resíduos de carvão do endocarpo do coco babaçu utilizados nesse trabalho foram cedidos pelo professor e orientador Me. Roberto Peres da Silva, do IFMA campus Açailândia. Todo o preparo e análises foram realizadas no laboratório de química do IFMA campus Açailândia. Para as análises imediatas, triturou-se os resíduos utilizando o pilão e mão de pilão para em seguida peneirá-los com granulometria 35 mesh utilizando a peneira industrial. Repetiu-se o processo até que houvesse uma quantidade de amostra de resíduos suficiente para separar em três partes. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os materiais e resíduos utilizados são apresentados nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Figura 4. Resíduos do endocarpo do carvão do coco babaçu.

Fonte: Autor (2022).

Figura 5. Peneira 35 mesh.

Fonte: Autor (2022).

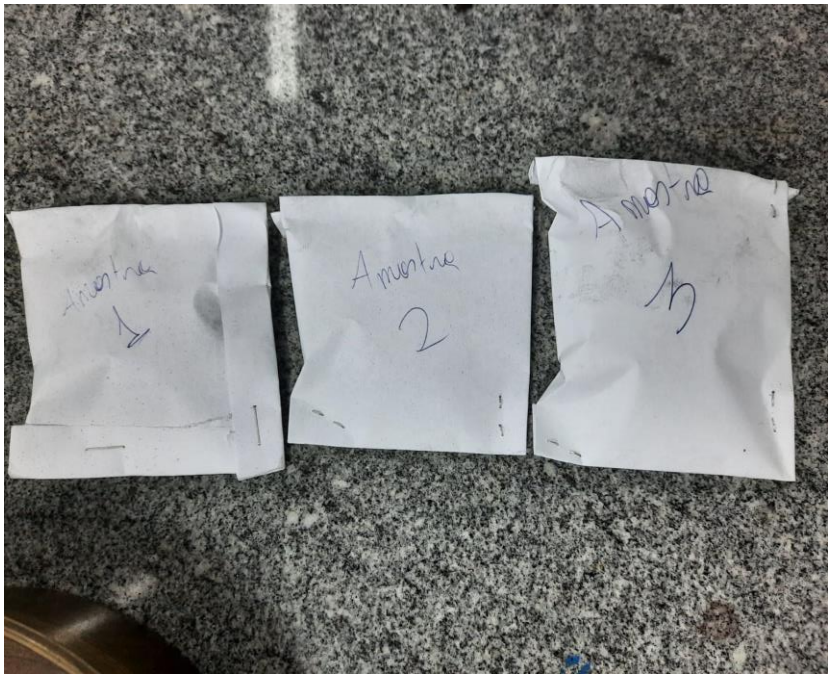
Figura 6. Pilão e mão de pilão.

Fonte: Autor (2022).

Figura 7. Amostras trituradas prestes a peneirar.

Fonte: Autor (2022).

Figura 8. Amostras trituradas e peneiradas.



Fonte: Autor (2022).

4.1 Análise Imediata

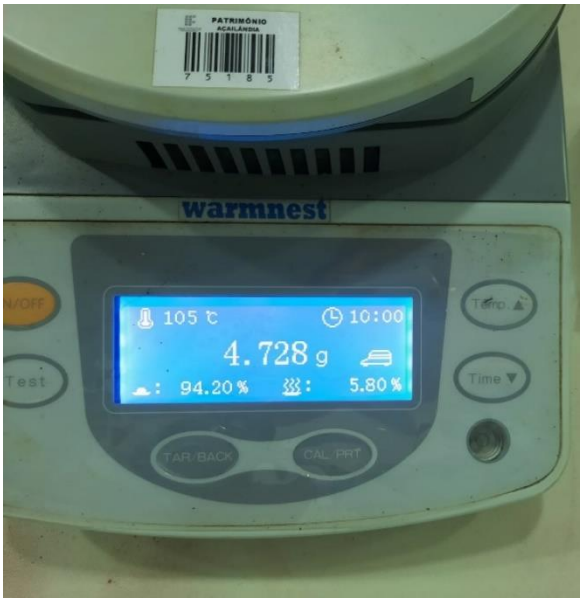
A análise imediata tem como objetivo determinar o teor de umidade, carbono fixo, voláteis e cinzas. Para teor de umidade, utilizou-se o equipamento Analisador de umidade.

UMIDADE

O teor de umidade é como a massa de água contida na amostra pode ser mensurada e expressa tanto na base seca quanto na base úmida, e pode ser avaliada pela diferença entre os pesos da amostra antes e logo após a secagem (ROCHA, 2018).

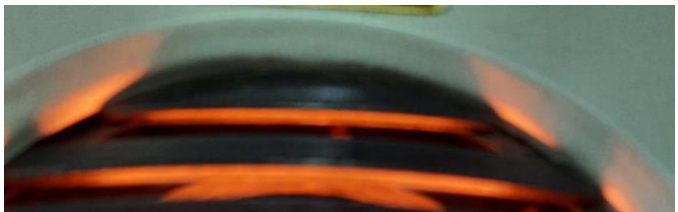
Em seguida, pesou-se uma média de 6 gramas de cada amostra separada para mensurar o teor de umidade. Para realizar a análise, utilizou-se um equipamento chamado analisador de umidade. O aparelho possui uma balança e uma lâmpada que aquece até 105°C durante 10 minutos. Após o tempo necessário para a realização da análise, colocou-se as amostras em cadinhos de porcelana com massa desconhecida com a finalidade de guardá-las em um dessecador, para que sequem evitando que a amostra absorva umidade do ar. O aparelho é apresentado nas figuras 9 e 10.

Figura 9. Analisador de umidade.



Fonte: Autor (2022)

Figura 10. Amostra sendo analisada pelo Analisador de umidade.



Fonte: Autor (2022).

TEOR DE VOLÁTEIS

O teor de voláteis é a parte da biomassa que ao ser aquecida evapora como um gás. Quanto maior o teor de voláteis mais rápido o consumo da biomassa nos processos de transformação (ROCHA, 2018).

Para determinar o teor de voláteis pesou-se 1 grama da amostra seca e colocou-se em cadinhos, sem tampa, de massa conhecida, previamente calcinados. As amostras foram colocadas próximo a porta da mufla que já estava aquecida em torno de 900°C. As amostras permaneceram por 3 minutos dentro da mufla com os cadinhos destampados e a porta da mufla um pouco aberta para favorecer a entrada do oxigênio como mostra a figura 11. Após 3 minutos, os cadinhos foram tampados e a porta da mufla fechada para permanecerem ali por mais 7 minutos. Após o término do tempo, as amostras foram colocadas em um dessecador para resfriar e após resfriadas, suas respectivas massas foram anotadas para serem utilizadas no cálculo abaixo:

$$MV = \frac{m2 - m3}{m} \; x \; 100$$

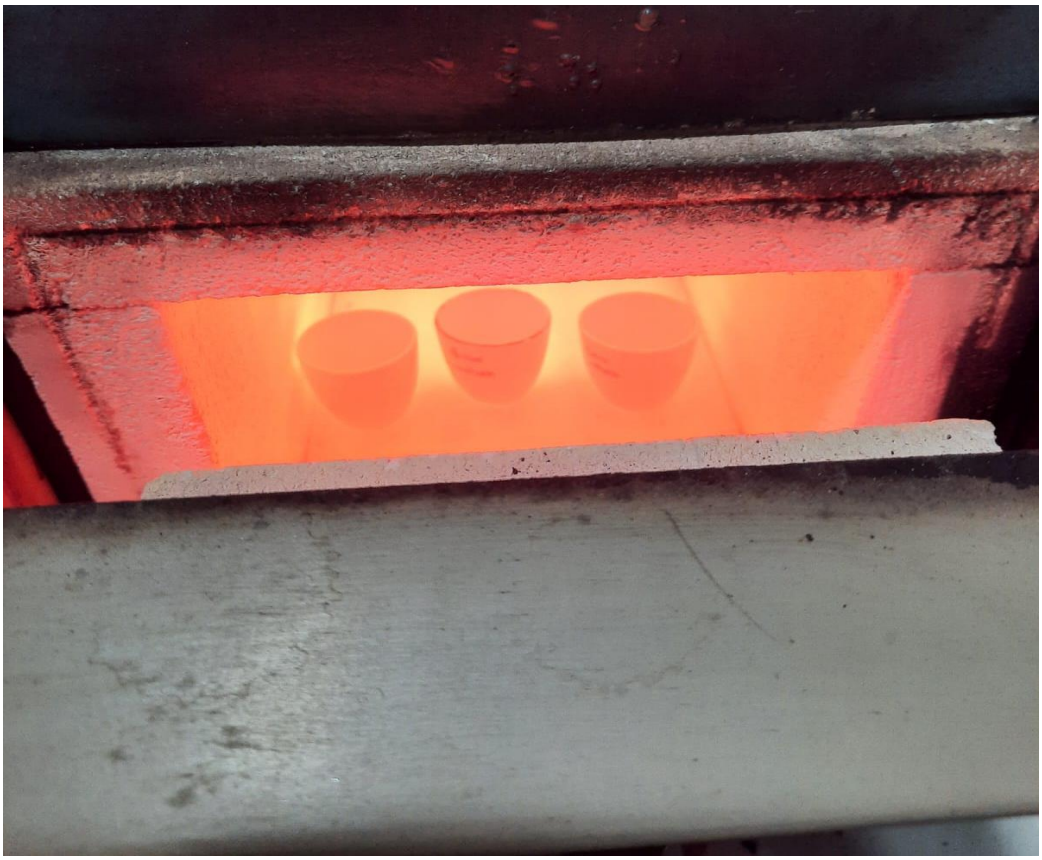
MV é teor de voláteis (%)

M2 é a massa inicial do cadinho + amostra (g)

M3 é massa final do cadinho + amostra residual (g)

M é a massa da amostra (g)

Figura 11. Cadinhos com amostra para a retirada de voláteis



Fonte: Autor (2022).

TEOR DE CINZAS

Para mensurar o teor de cinzas pesou-se 1grama da amostra seca. As amostras foram colocadas em cadinhos de porcelana, sem tampa, de massa conhecida, previamente calcinados e colocados em uma mufla já aquecida em torno de 700ºC. O processo todo durou em média 5 horas e os cadinhos permaneceram dentro da mufla até a queima total do material, restando apenas as cinzas por um período de 5 horas. Ao término do tempo, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados dentro de um dessecador para resfriar como mostra a figura 12. Após

resfriados suas massas foram anotadas para realização do cálculo do teor de cinzas utilizando o cálculo abaixo:

$$CZ = \frac{m1 - m0}{m} \; x \; 100$$

CZ é teor de cinzas (%)

M0 é a massa inicial do cadinho (g)

M1 é massa do cadinho + amostra residual (g)

M é a massa da amostra (g)

Figura 12. Amostra de cinzas resfriando no dessecador

Fonte: Autor (2022).

CARBONO FIXO

Mensurar o teor de carbono fixo é importante para verificar a estabilidade da queima da amostra e é a fração mássica que se mantém após a liberação dos voláteis, mensurar o teor de umidade e retirar a cinza. Esse teor depende muito do teor de material volátil, então, amostras com altos teores de materiais voláteis possuem baixos teores de carbono fixo (ROCHA, 2018).

$$CF = 100 - (MV + CZ)$$

CF é teor de carbono fixo (%)
MV é o teor de matérias voláteis (%)
CZ é teor de cinzas (%)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESAFIO ENERGÉTICO

De acordo com NÓBREGA (2022), ainda que o coco babaçu tenha um grande potencial energético, há grandes barreiras que o impedem de ser introduzido como fonte energética competitiva a nível nacional. O fruto possui um baixo valor de produção, quando comparado com outras culturas como a soja. A cadeia produtiva ainda é arcaica, quase que toda artesanal e por ser ainda uma cultura extrativista não há industrialização (figura 13).

Figura 13. Cocos amontoados

Fonte: (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012)

O coco babaçu ainda é tratado como cultura de subsistência mesmo tendo um grupo significativo de mão de obra, e esse tratamento dificulta a evolução econômica pois declinou ao longo dos anos. A extração dos subprodutos do coco babaçu ainda possui produtividade baixa devido a não industrialização e ainda estar sendo produzido com técnicas rudimentares e o processo ser majoritariamente manual como mostra a figura 14 (NÓBREGA, 2022).

Figura 14. Modo tradicional de quebra

Fonte: (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012)

Baseando-se nessas informações é possível afirmar que a não utilização do coco babaçu como fonte energética nacional está relacionada diretamente com a capacidade produtiva, pois, ainda que haja uma extensa área de babaçuais no Brasil, não há investimento que mecanizem a quebra para aumentar a produtividade.

Além de acelerar a produção gera também ganhos econômicos, pois, após o processo da quebra e separação do epicarpo e mesocarpo sobram os resíduos e esses podem ser utilizados em torno de 90% para a produção de carvão vegetal (PROTÁSIO et al., 2017).

De acordo com Campos e Assis (2022), a utilização de carvão vegetal na indústria siderúrgica pode representar uma economia de 30 dólares por tonelada de aço bruto ao considerar como produção média anual de uma siderurgia em 1 milhão de toneladas de aço, a economia pode chegar a 30 milhões de dólares.

O carvão mineral custa em média 230 dólares a tonelada, mas o carvão da biomassa, pronto para uso na indústria siderúrgica custa em média 140 dólares; e sabe-se que o carvão do endocarpo do babaçu tem grande potencial para substituir o coque metalúrgico (NÓBREGA, 2022).

5.2 ANÁLISE IMEDIATA

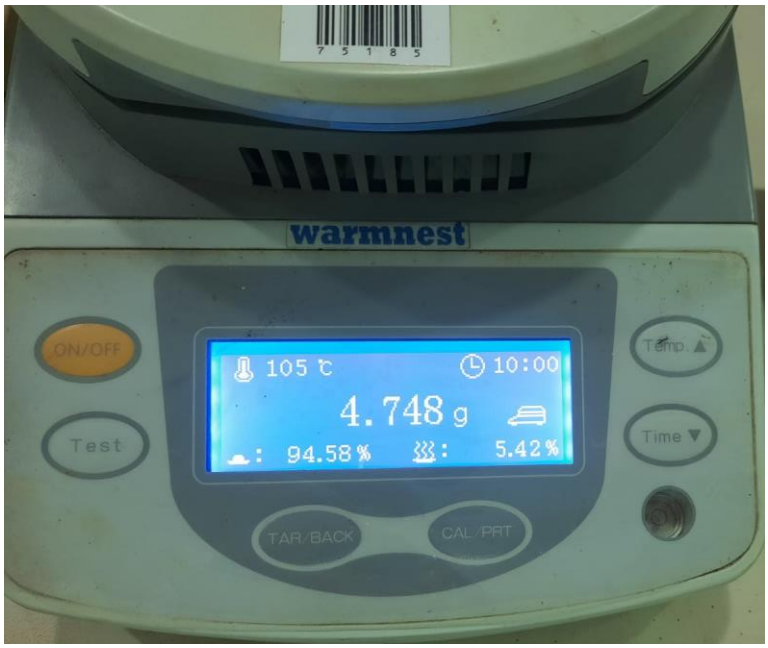
TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade, serve para mensurar a quantidade de água existente na amostra. A tabela 1 mostra o resultado obtido para a umidade neste trabalho e em outros trabalhos recentes encontrados na literatura. A figura 15 mostra uma das análises no aparelho.

Tabela 1. Teor de umidade endocarpo do coco babaçu

ENDOCARPO DO COCO BABAÇU	UMIDADE (%)
NESTE TRABALHO	5.54
(ROCHA, 2018)	7,95
(REIS et al., 2015)	6,18

Figura 15. Analisador de umidade



Fonte: Autor (2022)

O teor de umidade da amostra mostra-se um pouco inferior à encontrada na literatura. Isso é bom, pois, teores baixos de umidade resultam em maior poder

calorífico, sem contar também que melhora a ignição e a combustão (ROCHA, 2018).

TEOR DE VOLÁTEIS

Baixos índices de teor de materiais voláteis resulta em um carvão que pode ser utilizado para a cocção de alimentos, pois é menos trincado e menos poroso. A tabela 2 mostra os resultados obtidos para teor de voláteis neste trabalho e em outros trabalhos recentes encontrados na literatura e a figura 16 mostra parte do processo. Caso essas características estejam elevadas significa que há uma maior expansão gasosa no carvão, o que pode comprometer a qualidade e o rendimento do produto final (REIS et al., 2015).

Tabela 2. Teor de voláteis endocarpo do coco babaçu

ENDOCARPO DO COCO BABAÇU	MV (%)
NESTE TRABALHO	15
(REIS et al., 2015)	11

Figura 16. Processo de queima de voláteis

Fonte: Autor (2022)

O teor de voláteis da amostra mostra-se aproximado do encontrado na literatura. Lembrando que quanto maior o teor de voláteis maior será a velocidade de queima (ROCHA, 2018).

TEOR DE CINZAS

Segundo ROCHA (2018), as cinzas são constituídas de composto de silício (Si), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e ferro (Fe). O teor e sua composição química afetam o comportamento dos processos de conversão energética quando submetidas a altas temperaturas. A tabela 3 mostra os resultados obtidos para teor de cinzas neste trabalho e em outros trabalhos recentes encontrados na literatura. A figura 17 mostra a quantidade de cinzas no cadinho após o processo.

Tabela 3. Teor de cinzas endocarpo do coco babaçu

ENDOCARPO DO COCO BABAÇU	CZ (%)
NESTE TRABALHO	0,97
(ROCHA, 2018)	0,70
(TEIXEIRA; MILANEZ, 2003)	1,71

Figura 17. Cinzas no cadinho

Fonte: Autor (2022)

Segundo REIS et al. (2015), para um carvão ter boa qualidade deve apresentar baixo teor de cinza. O teor de cinzas ideal para uso em siderurgia é de 1% a 2%.

CARBONO FIXO

Os resultados de carbono fixo obtidos neste trabalho foram valores próximos aos encontrados na literatura. A tabela 4 mostra os resultados obtidos para teor de carbono fixo neste trabalho e em outros trabalhos recentes encontrados na literatura.

Tabela 4. Carbono fixo endocarpo do coco babaçu

ENDOCARPO DO COCO BABAÇU	CF (%)
NESTE TRABALHO	15,97
(ROCHA, 2018)	17,33
(TEIXEIRA; MILANEZ, 2003)	15,16

O teor de carbono fixo foi de 15,97% para o carvão do endocarpo do coco babaçu e está dentro dos padrões para carvão para uso doméstico (ROCHA, 2018).

Geralmente, o teor de carbono fixo é diretamente proporcional ao de materiais voláteis, sendo diretamente influenciado pela temperatura. Quanto maior o teor de carbono fixo, mais lento será o consumo de biomassa (ROCHA, 2018).

5.3 OUTRAS BIOMASSAS

Para melhor avaliar a eficiência energética do carvão do endocarpo do coco babaçu há que compará-lo com carvão de outras biomassas presentes na literatura.

BIOMASSAS	AUTOR	TV (%)	CZ (%)	CF (%)
Endocarpo babaçu	(este trabalho)	15	0,97	15,97
Coco-baia	(Ferreira et al. 2016)	19	4,7	24,70
Cana-de-açúcar	(Ponte et al. 2019)	12	15,40	15,40
eucalipto	(Teixeira; Milanez, 2003)	14	0,79	17,82

6. CONCLUSÃO

Dados do IBGE (2021) estimam que no Maranhão exista aproximadamente 18 milhões de hectares de florestas de palmeira de coco babaçu. Desde o início de sua exploração com fins econômicos ainda no século XX até os dias atuais demonstrou ser um produto com potencial gigantesco, chegando a liderar por vários anos o ranking de produto florestal não madeireiro mais exportado, mas, essa produção vem caindo ao longo dos anos.

Observou-se que os resultados estão dentro do esperado, comparado com a literatura.

É notório o grande potencial energético do endocarpo do coco babaçu, como também a importância desse fruto para a economia regional, mas, não há por enquanto nenhuma possibilidade de utilização do endocarpo do coco babaçu como alternativa energética à nível nacional, pois a oferta não supre ainda a demanda. Como na região nordeste se encontra a maior área de babaçuais o babaçu já adquire uma importante relevância no aspecto regional.

Comparado a outras biomassas, o carvão do endocarpo do coco babaçu apresenta maior percentual de cinzas que o eucalipto e semelhante teor de carbono fixo com a cana-de-açúcar. O valor mensurado para teor de umidade assegura a qualidade e junto com as demais características reforçam a tradição de que realmente é um bom material para produzir carvão

Sobre o poder calorífico, não foi possível mensurar neste trabalho pois o IFMA campus Açailândia não dispõe de uma bomba calorimétrica para a realização dos testes. Há sim a possibilidade de fazer o cálculo manual, mas, é necessário ter os dados da composição química da amostra para inserir na equação de poder calorífico, não foi analisado composição química da amostra.

Apesar do grande potencial do uso desse material residual para a produção de carvão ecológico ainda há poucos trabalhos de pesquisa na literatura que relatam o uso energético desse material na mesma intensidade do carvão produzido com eucalipto. Com isso, é necessário seguir investigando para demonstrar ou não a viabilidade no uso dessa biomassa residual como fonte alternativa e ecológica de bioenergia.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade. Rio de Janeiro:** Elsevier, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério de Minas e Energia e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Diretrizes de política de agroenergia 2006-2011.** Brasília, 2005.

CAMPOS, A.M.A.; ASSIS.P.S. Biomassa: alternativa a curto prazo para a produção de aço com baixa emissão de CO2. **Revista Concilium**. v.22, 2022.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. E; SILVA, M. L. DA. **Manual Tecnológico De Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu (Attalea spp.)**. 2. ed. Brasília: 2012, [s.d.].

CHEN, D. et al. Torrefaction of rice husk using TG-FTIR and its effect on the fuel characteristics, carbon, and energy yields. **BioResources**, v. 9, n. 4, p. 6241-6253, 2014.

CORRÊA, B. A. **MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CADIA PRODUTIVA DO BABAÇU (Attalea speciosa) NA REGIÃO DOS COCAIS, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**. UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS—Macaíba: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 9 fev. 2022.

CORTEZ, L. A. B. & LORA, E. S. Coord.. **Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa.** EDUA/FEI: Manaus, Série Sistemas Energéticos vol 2, 1997.

EMMERICH, F. G.; LUENGO, C. A. Babassu charcoal: a sulfurless renewable thermo-reducing feedstock for steelmaking. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.10, n. 1, p. 41-44, 1996.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanço Energético Nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: EPE, 2012. 282p.

FONSECA, J. J. S**. Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

GOUVEIA, V. M. 2015. O mercado de amêndoas de babaçu no estado do Maranhão. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação **PPGEFL.TD-056/2015.** Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 127 p.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento.** 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Energia) -Universidade São Paulo, São Paulo, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAIBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2021**. Rio de Janeiro, v 36, p. 1-8, IBGE, 2021.

JUVILLAR, J. B. **Tecnologias da transformação da madeira em carvão vegetal.** In: PENEDO, W. R. (Comp.). Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte: CETEC, 1980. 158 p. (Série Publicações Técnicas, n. 1).

MACHADO, D. R. DA L. C. C. M. **A LEI DE PROTEÇÃO DO BABAÇU: a proteção da produção das quebradeiras de coco**. Curso de Direito—São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2015.

NÓBREGA, R. DOS S. L. **USO DE BIOMASSAS COMO POSSÍVEIS FONTES RENOVÁVEIS PARA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**. Londrina - PA: [s.n.]

PINHEIRO, P. C. C. et al. **A produção de carvão vegetal: teoria e prática.** Belo Horizonte, 2006

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, jan.-abr. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1981 .81222019000100011.

Protásio, T. de P. **Biomassa residual do coco babaçu : potencial de uso bioenergético nas regiões norte e nordeste do Brasil** / Thiago de Paula Protásio. – Lavras: UFLA, 2014. 172 p.: il.

PROTÁSIO, T. DE P. et al. Combustão da biomassa E do carvão vegetal da casca do coco babaçu. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2017.

Quirino, W. F. & Brito, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal.** Brasília, DF: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1991. (Série técnica, n. 13).Disponível em: < http://mundoflorestal.com.br/arquivos/indice.pdf > Acesso em 19 abril 2022.

REIS, A. R. S. et al. Comparação entre Carvão de Coco Babaçu e Carvão de Resíduos Madeireiros Comercializados em Altamira – PA. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 6, n. 2, p. 100–106, 31 ago. 2015.

ROCHA, P. H. DE Q. **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ENDOCARPOS DE BURITI E BABAÇU PARA FINS ENERGÉTICOS**. Distrito Federal: [s.n.].

SANCHEZ, S. L. et al. Thermogravimetric–mass spectrometric analysis of lignocellulosic and marine biomass pyrolysis. **Bioresource Technology**, Essex, v.109, p.163–172, 2012.

SHENG, C.; AZEVEDO, J. L. T. Estimating the higher heating value of biomassfuels from basic analysis data. **Biomass and Bioenergy**, v. 28, n. 5, p. 499-507, 2005.

SOUZA, C. M. L. de; SILVA, E. G. da; ARAÚJO, F. D. da S.; MOITA NETO, J. M. **Composição do Coco Babaçu Triturado Integralmente.** Química no Brasil, v. 1, p. 21-24, 2007.

TEIXEIRA, M. A.; MILANEZ, L. F. **CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO BABAÇU E ANÁLISE DO POTENCIAL DE COGERAÇÃO**. COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA—Campinas: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 26 fev. 2003.

VIVACQUA F., A. **Babaçu, Aspectos Sócios - Econômicos e Tecnológicos.** Brasília: Universidade de Brasília, 217p, 1968.

VOIVONTAS, D.; ASSIMACOPOULOS, D.; KONKIOS, E.G. Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, n. 2, p. 101-112, 2001.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. E; SILVA, M. L. DA. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu (Attalea spp.)**. 2. ed. Brasília: 2012, [s.d.].

CORRÊA, B. A. **MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CADIA PRODUTIVA DO BABAÇU (Attalea speciosa) NA REGIÃO DOS COCAIS, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**. UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS—Macaíba: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 9 fev. 2022.

GOUVEIA, V. M. **O Mercado de Amêndoas de Babaçu no Estado do Maranhão**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais—brasília: UNB, 26 maio 2015.

MACHADO, D. R. DA L. C. C. M. **A LEI DE PROTEÇÃO DO BABAÇU: a proteção da produção das quebradeiras de coco**. Curso de Direito—São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2015.

NÓBREGA, R. DOS S. L. **USO DE BIOMASSAS COMO POSSÍVEIS FONTES RENOVÁVEIS PARA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**. Londrina - PA: [s.n.].

PROTÁSIO, T. DE P. et al. Combustão da biomassa E do carvão vegetal da casca do coco babaçu. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2017.

REIS, A. R. S. et al. Comparação entre Carvão de Coco Babaçu e Carvão de Resíduos Madeireiros Comercializados em Altamira – PA. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 6, n. 2, p. 100–106, 31 ago. 2015.

ROCHA, P. H. DE Q. **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ENDOCARPOS DE BURITI E BABAÇU PARA FINS ENERGÉTICOS**. Distrito Federal: [s.n.].

TEIXEIRA, M. A.; MILANEZ, L. F. **CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO BABAÇU E ANÁLISE DO POTENCIAL DE COGERAÇÃO**. COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA—Campinas: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 26 fev. 2003.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. E; SILVA, M. L. DA. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu (Attalea spp.)**. 2. ed. Brasília: 2012, [s.d.].

CORRÊA, B. A. **MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CADIA PRODUTIVA DO BABAÇU (Attalea speciosa) NA REGIÃO DOS COCAIS, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**. UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS—Macaíba: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 9 fev. 2022.

GOUVEIA, V. M. **O Mercado de Amêndoas de Babaçu no Estado do Maranhão**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais—brasília: UNB, 26 maio 2015.

MACHADO, D. R. DA L. C. C. M. **A LEI DE PROTEÇÃO DO BABAÇU: a proteção da produção das quebradeiras de coco**. Curso de Direito—São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2015.

NÓBREGA, R. DOS S. L. **USO DE BIOMASSAS COMO POSSÍVEIS FONTES RENOVÁVEIS PARA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**. Londrina - PA: [s.n.].

PROTÁSIO, T. DE P. et al. Combustão da biomassa E do carvão vegetal da casca do coco babaçu. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2017.

REIS, A. R. S. et al. Comparação entre Carvão de Coco Babaçu e Carvão de Resíduos Madeireiros Comercializados em Altamira – PA. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 6, n. 2, p. 100–106, 31 ago. 2015.

ROCHA, P. H. DE Q. **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ENDOCARPOS DE BURITI E BABAÇU PARA FINS ENERGÉTICOS**. Distrito Federal: [s.n.].

TEIXEIRA, M. A.; MILANEZ, L. F. **CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO BABAÇU E ANÁLISE DO POTENCIAL DE COGERAÇÃO**. COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA—Campinas: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 26 fev. 2003.