

THAYNARA SARMENTO DE SOUZA

POTENCIAL DA CASCA DE COCO PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Energia da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharelado/Licenciatura em
Engenharia de Energia.

Orientador: Profa. Dr. Amanda Santana Peiter.

Coorientador: Prof. Dr. Júlio Inácio Holanda
Tavares Neto.

RIO LARGO, AL

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CURSO ENGENHARIA DE ENERGIA

THAYNARA SARMENTO DE SOUZA

POTENCIAL DA CASCA DE COCO PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE

RIO LARGO, AL

2023

Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S729p Souza, Thaynara Sarmento de
Potencial da casca de coco para produção de briquetes. / Thaynara
Sarmento de Souza - 2023.
48 f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia de Energia (Trabalho de
Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de
Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dra. Amanda Santana Peiter
Coorientação: Dr. Júlio Inácio Holanda Tavares Neto

Inclui bibliografia

1. Biomassa. 2. Aproveitamento energético. 3. Briquetes -
produção. I. Título

CDU: 66.0

Folha de Aprovação

THAYNARA SARMENTO DE SOUZA

Potencial da casca de coco para produção de briquete

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de
Engenheiro de Energia pela
Universidade Federal de Alagoas.
Aprovado em 25 de outubro de
2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br AMANDA SANTANA PEITER
Data: 13/11/2023 16:21:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Amanda Santana Peiter, CECA/UFAL (Orientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIO INACIO HOLANDA TAVARES NETO
Data: 13/11/2023 21:03:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Júlio Inácio Holanda Tavares Neto (Coorientador)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br RICARDO ARAUJO FERREIRA JUNIOR
Data: 13/11/2023 19:09:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Araújo Ferreira Junior, CECA/UFAL (1º Avaliador)

Documento assinado digitalmente
gov.br IGOR CAVALCANTE TORRES
Data: 13/11/2023 20:35:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Igor Cavalcante Torres, CECA/UFAL (2º Avaliador)

Dedico este trabalho aos meus pais Diógenes e Silvana, ao meu irmão Marcus Vinícius e à minha cadela Cruvina, que sempre estiveram ao meu lado e me ajudaram de forma direta e indireta.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dr. Amanda Santana Peiter, pela orientação, apoio, amizade, disponibilidade, atenção, confiança e parceria para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Prof Dr. Júlio Inácio Holanda Tavares Neto, pela orientação, apoio, disponibilidade, contribuição e sugestões para a realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Dr. Anderson Carlos Marafon, pela disponibilidade, sugestões, contribuição e auxílio na preparação das amostras para a realização deste trabalho.

À EMBRAPA, por ceder do espaço e equipamentos essenciais para a preparação das amostras utilizadas neste trabalho.

Ao zelador “Toinho” do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, por toda amizade, apoio e disponibilidade para me ajudar em quaisquer eventualidades na confecção deste trabalho e para além dele.

À Eleph Engenharia, que plantou a semente para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha grande amiga Beatriz, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, auxiliando, contribuindo, orientando, acalmando, comemorando e sonhando junto no decorrer da confecção deste trabalho e para além dele.

Ao meu pai que não medi esforço para me ajudar na locomoção entre casa e laboratório, assim como auxílio para a execução deste trabalho e muitas outras coisas nessa vida.

Ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) por todos as oportunidades, vivências e experiências.

À todos os meus amigos que conquistei durante a graduação por proporcionarem vivências únicas e felizes que se estende para além da vida acadêmica.

Aos meus professores que de certa forma viraram amigos durante o percurso acadêmico.

À todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Lembre-se de olhar para as estrelas e não para os próprios pés. Tente compreender o que você vê e questione o que faz o universo existir. Seja curioso. E por mais que a vida pareça difícil, sempre há algo que você pode e consegue fazer. Nunca desista. Deixe sua imaginação correr solta. Molde o futuro.

Stephen Hawking.

RESUMO

Diante do cenário ambiental e energético em que o mundo se encontra atualmente, reuniões são realizadas para fomentar políticas climáticas internacionais que visem estabelecer maior participação de fontes renováveis em suas matrizes a fim de promover a transição energética. Sendo considerada como a maior fonte renovável de energia no mundo, a biomassa vem ganhando notoriedade para diversificação das matrizes energéticas e elétricas. Com clima e topografia favorável, o Brasil é considerado um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, com grande potencial para produção de briquetes e pellets a partir do aproveitamento do resíduo agroflorestal gerados. Os briquetes, produto resultante da Trituração e compactação, feitos a partir de resíduos lignocelulósicos mostram-se viáveis para uso e um grande aliado do aproveitamento energético total dos resíduos provenientes do manejo agrícola e florestal. O presente estudo objetiva analisar o potencial energético para produção de briquetes a partir da casca de coco verde utilizando variações em porcentagem de mistura, utilização de aglutinantes de amido de milho e água e compactação a temperatura ambiente e pós aplicação de 70°C na amostra. Os fatores analisados foram: umidade, densidade média e compactação. Observou-se que as amostras feitas com adição de aglutinante de amido de milho sem e com a aplicação de temperatura antes da compactação não obteve resultados positivos, independente da porcentagem de mistura utilizada. As amostras que obtiveram melhores resultados em relação a densidade e compactação foram elaboradas com o aglutinante água, o que possibilita uma produção mais simples e barata, validando o objetivo do estudo.

Palavras-chave: Biomassa, bioenergia, umidade, densidade, compactação.

ABSTRACT

Given the environmental and energy scenario in which the world currently finds itself, meetings are held to promote international climate policies that aim to establish greater participation of renewable sources in their matrices to promote the energy transition. Considered the largest renewable source of energy in the world, biomass has been gaining notoriety for the diversification of energy and electrical matrices. With a favorable climate and topography, Brazil is considered one of the largest agricultural and forestry producers in the world, with great potential for the production of briquettes and pellets from the use of agroforestry residue generated. Briquettes, a product resulting from milling and compaction, made from lignocellulosic waste are viable for use and a great ally in the total energy use of waste from agricultural and forestry management. The present study aims to analyze the energy potential for producing briquettes from green coconut shells using variations in mixing percentage, use of corn starch and water binders, and compaction at room temperature and after application of 70°C to the sample. The factors analyzed were: humidity, average density, and compaction. It was observed that the samples made with the addition of corn starch binder without and with the application of temperature before compaction did not obtain positive results, regardless of the percentage of the mixture used. The samples that obtained the best results in terms of density and compaction were prepared with the binder water, which allows for simpler and cheaper production, validating the objective of the study.

Keywords: biomass, bioenergy, humidity, density, compaction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Constituição física do fruto do coqueiro	20
Figura 2: Cavacos de casca de coco verde in natura	26
Figura 3: Estufa Marconi MA035 com circulação e renovação de ar.	27
Figura 4: Amostras secas.	27
Figura 5: Forrageira comum para Trituração de capim	28
Figura 6: Resultado da Trituração da casca verde úmida	29
Figura 7: Resultado da Trituração das cascas parcialmente secas	29
Figura 8: Forrageira TRAPP TRF 80	30
Figura 9: Fibra de coco processada apenas 1x com auxílio da peneira de 3mm	31
Figura 10: Fibra de coco processada 2x com auxílio da peneira de 3 mm e 0,8 mm.....	31
Figura 11: Aquecimento da amostra através de um agitador magnético com aquecimento e termômetro digital tipo espeto.....	33
Figura 12: Prensa mecânica	34
Figura 13: Molde para compactação do briquete	35
Figura 14: Amostra confeccionada com aglutinante de milho sob temperatura ambiente	37
Figura 15: Amostra confeccionada com H ₂ O sob temperatura ambiente	37
Figura 16: Amostra confeccionada com aglutinante de amido de milho sob temperatura de 70 °C	38
Figura 17: Amostra confeccionada com H ₂ O sob temperatura de 70 °C	38
Figura 18: Amostra confeccionada com aglutinante de milho sob temperatura ambiente.....	39
Figura 19: Amostra confeccionada com H ₂ O sob temperatura ambiente	39
Figura 20: Amostra confeccionada com aglutinante de amido de milho sob temperatura de 70 °C	40
Figura 21: Confeccionada com H ₂ O sob temperatura de 70 °C.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Produção de coco no Brasil ao longo de 13 anos.....22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físico-químicas da casca de coco verde.....	21
Tabela 2: Maiores produtores de coco no Brasil ao longo de 5 anos	22
Tabela 3: Maiores produtores de coco de Alagoas.	23
Tabela 4: Característica de preparação das amostras.....	32
Tabela 5: Teor de umidade das amostras	41
Tabela 6: Relação entre temperatura aplicada e compactação	42
Tabela 7: Densidade média das amostras	43

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	15
2.	Justificativa.....	16
3.	Objetivos	17
3.1.	Objetivo geral	17
3.2.	Objetivo específico.....	17
4.	Revisão de literatura	18
4.1.	Uso da biomassa para fins energéticos	18
4.1.1.	Resíduos lignocelulósicos para produção de energia.....	19
4.2.	O coqueiro e o fruto	19
4.3.	Produção de coco no Brasil.....	21
4.4.	Produção de coco em Alagoas.....	22
4.5.	Briquetes	23
4.5.1.	Conceito.....	23
4.5.2.	Características dos briquetes	24
4.5.3.	Briquetes a partir da casca de coco.....	24
4.6.	Teor de umidade	25
4.7.	Densidade média.....	25
5.	Material e métodos	26
5.1.	Coleta e preparo	26
5.2.	Secagem	27
5.3.	Trituração	28
5.4.	Confecção dos briquetes	31
5.4.1.	Preparação das amostras	33
5.4.2.	Compactação.....	34
5.4.3.	Teor de umidade	35
5.4.4.	Densidade média.....	35
6.	Resultados e discussões	36
6.1.	Briquetes	36
6.1.1.	Amostras com porcentagem de mistura em 10%	36
6.1.2.	Amostra com porcentagem de mistura em 20%	38
6.2.	Teor de umidade	41
6.3.	Compactação	42

6.4. Densidade média.....	43
7. Conclusão.....	45
REFERÊNCIAS	46

1. Introdução

O consumo de energia está diretamente ligado ao grau de desenvolvimento de uma determinada região, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) esse consumo é denominado como consumo de energia per capita. Segundo o anuário estatístico de energia elétrica disponibilizado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), em 2022 a média de consumo de energia per capita no Brasil foi de 2.363 kWh/habitante, representando um crescimento de 1,7% em relação a 2021.

Reuniões de âmbito global são realizadas para fomentar políticas climáticas internacionais que visem estabelecer maior participação de fontes renováveis em suas matrizes a fim de promover a transição energética e garantir um ambiente sustentável às próximas gerações. O Brasil, por sua vez, se destaca pelo alto percentual de fontes renováveis em sua matriz. Em 2022 o país obteve 47,4% de participação energética proveniente de fontes limpas de energia, desses, 31,4% são provenientes da biomassa (BEN, 2023).

O Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, relacionado à soma de todos os bens e serviços finais produzidos no país, conta com uma participação muito importante do agronegócio, que engloba a agricultura e a pecuária, com diferentes tipos de culturas e animais. Em resultado ao manejo dos produtos finais dos setores, são gerados resíduos agrícolas em grande quantidade, onde são descartadas com seu potencial energético subaproveitado.

Os briquetes é um tipo de biocombustível proveniente da Trituração e compactação de resíduos vegetais ou florestais. É um substituto direto da lenha e do carvão vegetal e um grande aliado para o aproveitamento do potencial energético dos resíduos orgânicos, resultando em um material de densidade e poder calorífico maior que os resíduos originais, podendo ser utilizado como uma importante fonte de calor, com baixa emissão de gases poluentes.

Diante do exposto, tem-se que a produção de briquetes utilizando resíduos provenientes da agroindústria, é uma oportunidade para diversificar o cenário energético e atenuar o uso de lenha e carvão vegetal, fomentando o uso sustentável e aproveitamento energético de resíduos orgânicos mal aproveitados, como também é um grande aliado para a redução da emissão de gases poluentes, contribuindo para um cenário majoritariamente limpo e renovável.

2. Justificativa

Por se tratar de um Estado litorâneo com clima tropical, o cultivo de coqueiros se destaca no litoral do Estado de Alagoas. Segundo dados do IBGE, em 2022 Alagoas ocupou o 7º lugar no ranking nacional de produção de coco-da-baía, contando com a quantidade de 105.201 milhões de frutos e ocupou o 3º lugar no ranking nacional de área colhida, contando com 22.314 hectares destinado ao plantio.

Em decorrência da grande quantidade de frutos produzidos e colhidos, resíduos são gerados na mesma proporção. Na capital alagoana parte são reaproveitados para fins energéticos e artesanais, outros são descartados sem coleta específica. Esteves et al. (2015), relatam que no município de Maceió/AL os resíduos da casca do coco verde coletados na orla marítima e fábricas produtoras de água de coco são encaminhados para o aterro sanitário e descartados juntos com lixo domiciliar. Marafon et al. (2019a) relatam que, de acordo com a Lei Federal 12.305/2010, o descarte de resíduos como as cascas de coco é proibido por se tratar de um material de difícil decomposição, levando de 8 a 10 anos para total degradação, que ocupa grandes volumes do aterro sanitário. Silveira (2008) expõe que a casca de coco descartada de forma inadequada atua também como vetor de doenças provenientes de animais e insetos consumidores do resíduo, assim como contribui para a produção de metano e, consequentemente, o aumento da emissão de gases do efeito estufa.

Diante do exposto, o estudo do potencial energético de briquetes a partir da casca de coco considera a realização de uma recuperação energética a partir da grande quantidade de resíduos que são gerados anualmente e não são aproveitados de forma eficiente. Acredita-se que, ao realizar a pesquisa na área, irá fomentar outros estudos e um maior interesse, tanto na parte acadêmica, quanto na parte comercial, para o crescimento da implementação de briquetes a partir da casca de coco em Alagoas, diversificando a atuação energética do Estado de Alagoas e fazendo com que o produto possa atuar como um bem substituto do carvão mineral e da lenha, proporcionando uma economia circular, unindo a geração de renda e sustentabilidade para o Estado de Alagoas.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Analisar as propriedades físicas de briquetes feitos a partir da casca de coco verde.

3.2. Objetivo específico

- Produzir briquetes feitos a partir da casca de coco verde;
- Determinar o teor de umidade dos briquetes após compactação;
- Avaliar o efeito das porcentagens de mistura, aglutinantes utilizados e temperatura aplicados nos briquetes;
- Avaliar a densidade média dos briquetes

4. Revisão de literatura

4.1. Uso da biomassa para fins energéticos

Utilizada para fins energéticos desde os primórdios da humanidade, a biomassa continua tendo grande participação no cenário energético atual. Sendo caracterizada como qualquer resíduo de origem animal, vegetal e florestal, é classificada de acordo com o seu uso. Segundo Borges (2016), a biomassa “tradicional” são aquelas utilizadas principalmente para alimentação e aquecimento e a biomassa “moderna” são aquelas utilizadas sob métodos tecnológicos avançados e eficientes, como produção de biocombustíveis, por exemplo.

Em cenário mundial, a International Energy Agency (IEA) informa que a biomassa é a maior fonte de energia renovável, representando mais de 50% de energia renovável e mais de 6% de fornecimento global de energia. Em cenário nacional, o Balanço Energético Nacional (BEN), disponibilizado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), verificou que em 2022 o Brasil apresentou 31,4% da matriz energética proveniente da biomassa, sendo 15,4% biomassa da cana-de-açúcar, 9% sendo lenha e carvão vegetal e 7% sendo lixívia e outras renováveis, como biodiesel, biogás, gás industrial de carvão vegetal e outras biomassas.

O incentivo para participação da biomassa no cenário energético no Brasil iniciou em 1975 com o programa Pro-álcool e foi considerado um grande marco no país para a inserção de biocombustíveis no setor. Até o presente momento o campo de biocombustíveis no Brasil é composto por etanol, biodiesel e biometano, sendo os dois primeiros os principais utilizados e com destaque para a produção de Etanol no país correspondendo ao segundo lugar em nível mundial (ANP, 2023).

No quesito eletricidade, o Sistema de Informações Energéticas do Brasil (sieBRASIL) pertencente ao Ministério de Minas e Energia (MME), registrou mais de 54 GWh de eletricidade em 2022 proveniente da biomassa, sendo elas as fontes: bagaço de cana, lixívia, biogás e biodiesel. A bioeletricidade, resultante majoritariamente do bagaço de cana-de-açúcar e lixívia, teve uma participação de 8,2% na geração de eletricidade no Brasil (BEN, 2023).

O potencial nacional para o uso da biomassa como fonte de energia é promissor. Nogueira (2021) considera o Brasil climaticamente e topograficamente favorável para matérias-primas que seja proveniente do uso do solo para a produção de bioenergia. O aproveitamento da biomassa residual proveniente da produção agrícola, florestal e

silvicultura mostra-se oportuna para a diversificação energética brasileira. Dias et al. (2012a) relatam que o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, tendo os resíduos subutilizados, podendo serem mais bem aproveitados na forma de péletes e briquetes. Um exemplo a ser citado como um aproveitamento promissor são os resíduos provenientes da casca de coco verde, que, segundo Marafon et al. (2019b), para finalidades energéticas torna-se atraente devido seu elevado poder calorífico proveniente pelos altos teores de lignina e fibras.

4.1.1. Resíduos lignocelulósicos para produção de energia

Eriksson E Prior (1990), de acordo com Chrisostomo (2011a), os resíduos lignocelulósicos podem ser divididos em:

- Resíduos agrícolas, gerados em processo de colheita;
- Resíduos florestais, gerados em exploração florestal;
- Resíduos agroindustriais, gerados em beneficiamentos de grãos.

Os componentes principais contidos em resíduos lignocelulosicos são a lignina, celulose e hemicelulose. De acordo com Andrade (2015), as características fundamentais que determinam uma biomassa lignocelulosa como um bom combustível são alto poder calorífico, baixa temperatura de ignição, elevado teor de voláteis, baixa energia de ignição e baixo teor de cinzas, influenciadas não só pela composição da biomassa, como também pelos fatores operacionais durante conversão termoquímica. A forma mais simples para a utilização do poder caloríficos destes materiais é pela combustão (CHRISOSTOMO, 2011b).

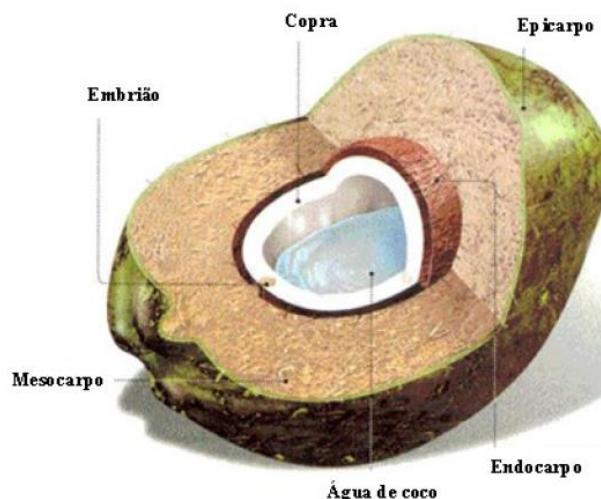
4.2. O coqueiro e o fruto

O coqueiro é originário das ilhas de clima tropical e subtropical do Oceano Pacífico, tendo o sudeste Asiático como sua principal referência de centro de origem e diversidade, seu cultivo se estendeu também a América Latina, Caribe e África Tropical (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011a). Introduzido no nordeste brasileiro no século 16 através da vinda dos portugueses ao Brasil, o coqueiro é distribuído por todo o território nacional, exceto nos Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina em decorrência das limitações climáticas que a espécie exige (FONTES et al., 2006a).

O coqueiro possui três variações, sendo elas o gigante, atingindo até 35 metros de altura, o anão, atingindo até 20 metros de altura e o híbrido, resultado do cruzamento das espécies gigante e anão, atingindo de 8 a 10 metros de altura (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011b). De acordo com Fontes et al. (2006b), o coqueiro necessita de um clima quente com temperatura média em 27 °C, umidade abaixo de 80%, precipitação anual de 1500 mm, insolação anual de 2 mil horas e um solo arenoso, profundo e bem drenado.

O coco, com a espécie de nome científico *Cocos Nucifera L.*, popularmente conhecido nos litorais brasileiros, produz a água de coco, cientificamente denominado albúmen líquido. De acordo com Marafon et al. (2019c), o coco é separado pela parte interna e externa, sendo constituído na parte interna pelo albúmen líquido, albúmen sólido e endocarpo, e na parte externa pelo mesocarpo e epicarpo, sendo esses responsáveis por, aproximadamente, 80% da massa bruta do fruto. A representação visual está contida abaixo na Figura 1.

Figura 1: Constituição física do fruto do coqueiro



Fonte: Mattos et al (2011), citado por Marafon et al. (2019)

Por conter grande quantidade de fibra em sua composição, a casca do fruto apresenta diversos componentes químicos, tendo destaque para lignina, celulose e hemicelulose. A lignina presente na fibra do coco fornece resistência que influencia na sua estrutura e nas suas propriedades (SILVA, 2021). De acordo com a Tabela 1, as características físico-químicas da casca do coco verde mostram-se favoráveis para sua utilização com objetivos e fins energéticos.

Tabela 1: Características físico-químicas da casca de coco verde

CARACTERÍSTICA	CASCA DE COCO VERDE
CARBONO (%)	43,30
HIDROGÊNIO (%)	5,35
NITROGÊNIO (%)	0,46
RELAÇÃO C/N	94,30
CELULOSE (%)	35,52
HEMICELULOSE (%)	33,41
LIGNINA (%)	22,28
CINZAS (%)	7,70
PCS (kcal kg-1)	4.358
PCI (kcal kg-1)	4.059
DENSIDADE BÁSICA (g.cm-3)	0,186
DENSIDADE ENERGÉTICA (Mcal.m-3)	811

Fonte: Autora, adaptado de Marafon et al. (2019)

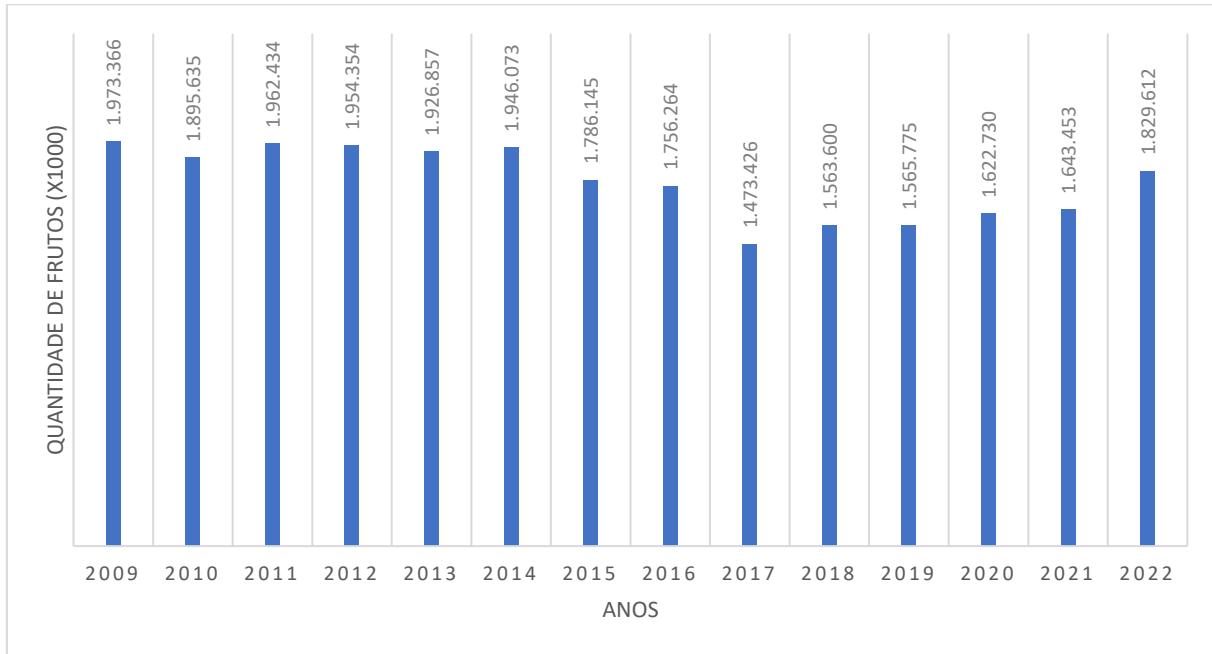
Silva (2020a) obteve a composição elementar do coco com as seguintes porcentagens: 44,66% de Carbono, 5,83% de Hidrogênio, 1,22 de Nitrogênio, 48,29 e Oxigênio, 7,66% de relação Carbono/Hidrogênio e 36,61 de relação Carbono/Nitrogênio.

4.3. Produção de coco no Brasil

A distribuição da espécie por quase todo o território brasileiro se deve ao clima tropical em que o país se encontra posicionado: no hemisfério sul entre os trópicos de câncer e de capricórnio. Tal posicionamento global resulta em um cenário favorável para incidência solar e o cultivo dos coqueiros.

No ano de 2022 foi registrado mais de 1,8 bilhão de cocos produzidos no Brasil, com mais de 70% da produção total concentrada na região do nordeste, onde 7 estados nordestinos, do total de 9, estão entre os 10 maiores produtores de coco (IBGE, 2022). A Tabela 2 mostra os líderes de produção, nos quais, em 2022, o Estado do Ceará ocupou o 1º lugar com a produção total de mais de 570 bilhões de frutos. Embora em 2017 a produção total do fruto apresentou queda de 16%, o histórico de 2018 a 2022, evidenciou um crescimento de 19,07%. Nos dados disponibilizados pelo IBGE, 4 unidades federativas brasileiras não apresentam dados relacionados a produção de coco-baía, sendo eles os Estados do Amapá, Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Gráfico 1: Produção de coco no Brasil ao longo de 13 anos



Fonte: Autora, adaptado de IBGE (2022).

Tabela 2: Maiores produtores de coco no Brasil ao longo de 5 anos

RANKING	2018	PRODUÇÃO (UNID)	2019	PRODUÇÃO (UNID)	2020	PRODUÇÃO (UNID)	2021	PRODUÇÃO (UNID)	2022	PRODUÇÃO (UNID)
1º	BA	344782	BA	333734	CE	405019	CE	386112	CE	572328
2º	CE	254161	CE	302748	BA	288192	BA	330445	BA	340941
3º	PA	191825	PA	175215	PA	189611	PA	167646	PA	175022
4º	ES	150089	SE	163188	SE	161113	SE	164981	PE	142875
5º	SE	147364	ES	146019	ES	147077	ES	144258	SE	140245
6º	PE	139516	PE	145107	PE	122012	PE	134734	ES	123954
7º	AL	77498	AL	92935	AL	97994	AL	99612	AL	105201
8º	RN	70347	RN	63314	RN	66246	RN	67697	RN	74507
9º	RJ	38405	PB	33896	PB	35323	PB	39216	PB	53613
10º	PB	34594	RJ	31333	RJ	32726	RJ	29662	RJ	27461

Fonte: Autora, adaptado de IBGE (2022).

De acordo com Martins e Jesus Junior (2014), em cenário mundial, aproximadamente 70% de área plantada destinada ao cultivo de coco situa-se no continente asiático, entretanto, no quesito rendimento, o Brasil destaca-se liderando o ranking em decorrência do incremento tecnológico e manejo adequado dos coqueirais. O território nacional destinado ao plantio da espécie em 2022 foi de 190.954 hectares, tendo um aumento de 1,31% em relação a 2019 (IBGE,2022).

4.4. Produção de coco em Alagoas

A cultura do coco no Estado de Alagoas representa 5,75% em relação a produção total de coco no Brasil. Segundo o IBGE (2022), o Estado vem mantendo há 5 anos a 7ª posição no ranking nacional, produzindo, em média, mais de 96 milhões de frutos por ano e dentre

os 102 municípios pertencentes ao Estados de Alagoas, mais de 50% da produção provém de 5 municípios sendo eles Coruripe, Jequiá da Praia, Maragogi, Piaçabuçu e Porto de Pedras, já a capital alagoana representa, em média, 1,74% da produção total do Estado alagoano.

Tabela 3: Maiores produtores de coco de Alagoas.

MUNICÍPIO	2018		2019		2020		2021		2022	
	FRUTOS COLHIDOS x(1000)	% TOTAL								
CORURIPE	14050	18,13%	23177	24,94%	18761	19,15%	18065	18,14%	13600	12,93%
JEQUIÁ DA PRAIA	5250	6,77%	6707	7,22%	7052	7,20%	7129	7,16%	6293	5,98%
MARAGOGI	8500	10,97%	10680	11,49%	14500	14,80%	15900	15,96%	14100	13,40%
PIACABUCU	7500	9,68%	8067	8,68%	9986	10,19%	10999	11,04%	9449	8,98%
PORTO DE PEDRAS	6100	7,87%	5200	5,60%	6260	6,39%	9800	9,84%	16868	16,03%
MACEIÓ	1500	1,94%	1500	1,61%	1500	1,53%	1900	1,91%	1790	1,70%
TOTAL	42900	55,36%	55331	59,54%	58059	59,25%	63793	64,04%	62100	59,03%

Fonte: Autora, adaptado de IBGE (2022).

A área destinada a produção de coco no Estado de Alagoas em 2022, que conta com uma área territorial total de 27.830,661 km², equivalente a 2.783.066,1 hectares, foi um total de 23.629 hectares garantindo a ocupação do 3º lugar no ranking nacional, ficando atrás dos estados de Ceará, com 42.520 hectares de área plantada, e Bahia, com 36.706 hectares de área plantada, onde possuem área territorial total de, respectivamente, 14.889.444,7 e 56.476.042,9 hectares (IBGE, 2022). Mesmo tendo a menor área territorial, Alagoas apresenta maior disponibilização de área para plantio de coco em relação ao território total, contando com 0,85%, ficando na frente de Ceará, com 0,31% e Bahia, com 0,06%. Já o rendimento em relação a produção de coco por hectare, Alagoas ocupa o 20º lugar, com rendimento médio de 4580 frutos/hectare, sendo Pernambuco o líder nacional que conta com 19.980 frutos/hectare (IBGE, 2022).

4.5. Briquetes

4.5.1. Conceito

Briquetes são produtos provenientes da compactação e densificação de resíduos sólidos de origem florestal ou agroindustrial com característica lignocelulósica. A aglomeração e plastificação do briquete pode ser obtido através de alta pressão e/ou alta temperatura, com adição ou não de misturas aglutinantes em seu processo de compactação. Dias et al. (2012b) alegam que o processo de briquetagem acarreta na obtenção de produtos com maior

densidade (em kg/m³) e densidade energética (em kcal/m³) em relação aos resíduos de origem.

4.5.2. Características dos briquetes

As características físicas de um briquete variam de acordo com a quantidade de biomassa e a fôrma utilizada para confecção, tendo como fator característico mais importante a alta resistência do produto. De acordo com Dias et al. (2012c), as características de um briquete deve conter:

- Alta compactação, com redução do volume do material de origem;
- Teor de umidade entre 15-20%;
- Densidade aparente variando entre 500-1200 kg/m³;
- Poder calorífico inferior entre 15,4-16,5 MJ/kg (3670 – 3940 kcal/kg);
- Resistência à umidade;
- Boa durabilidade;
- Baixo teor de cinzas.

Em relação ao teor de umidade, Marafon et al. (2020a) sugerem que a biomassa esteja entre 8-12%. Tal percentagem é a mais utilizada em literaturas.

A resistência à umidade e boa durabilidade do material tem ligação a adição ou não de aglutinante no processo de compactação do produto. De acordo com Moro (1987), segundo Bezerra (2016a), alguns resíduos sob a ação de alta pressão e temperatura se aglutanam naturalmente devido a plastificação da lignina. Outros, se apresentarem baixo teor de lignina e umidade em sua composição, necessitam da adição de aglutinantes que não modifiquem a característica química do briquete. Fontes; Quirino e Okino (1989), segundo Miola (2020a), relatam que o aglutinante mais utilizado no Brasil é o amido de milho, tendo participação de 5-12% em massa.

4.5.3. Briquetes a partir da casca de coco

Composto majoritariamente por fibras, a casca de coco apresenta quantidade significativa de lignina, celulose e hemicelulose o que favorece resistência em sua compactação. Nones et al. (2017), constataram que os briquetes feitos a partir de casca de

coco verde é tecnicamente viável, apresentando baixo teor de cinzas e valor elevado do poder calorífico superior, além de maior resistência à tração.

O poder calorífico de briquetes provenientes da casca de coco verde indicam grande viabilidade energética. Silva (2020b), obteve em seus estudos o valor de 4.307,9 kcal/kg, Bezerra (2016b) obteve 3.939,76 kcal/kg, Padilha et al. (2016) obteve 4.466,42 kcal/kg, dentre outros estudos que apontam poder calorífico propício para energia térmica.

4.6. Teor de umidade

Sendo caracterizado pela diferença em percentual das massas úmida e seca, a determinação do teor de umidade de amostras de biomassa é realizada pelo método contido na NBR 8112 (1982), de acordo com a Equação 2:

$$T.U = \left(\frac{m_0 - m_1}{m_0} \right) * 100 \quad (2)$$

Em que,

T.U = Teor de umidade em %

m0 = massa inicial da amostra;

m1 = massa final da amostra;

O fator umidade de resíduos sólidos para a produção de briquetes é um fator determinante para qualificação de combustível diante da sua combustão. Nakashima (2017) relata que um alto teor de umidade se torna prejudicial ao material combustível, ocasionando perda de energia. Ainda segundo o autor, aconselha-se que o teor de umidade de determinada biomassa esteja entre 10 e 15%. Chrisostomo (2011c) relata que em materiais agroflorestais que apresentam elevado teor de umidade, o processo de combustão apresenta entre 18 e 20% do calor gerado apenas para secagem da amostra. Segundo Quirino (1991), resíduos muito secos e ou acima da umidade indicada prejudicam o empacotamento, ou produzem um briquete que não tem estabilidade.

4.7. Densidade média

Caracterizada de modo geral como a quantidade de massa por um determinado volume, é um dos parâmetros com grande importância na produção de briquetes. Pode ser obtida através da Equação 3.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Em que,

ρ = densidade dada em g/cm^3 ;

m = massa em g;

v = volume em cm^3

5. Material e métodos

5.1. Coleta e preparo

As cascas de coco verde in natura foram coletadas na cidade de Maceió/AL. Ao todo, foram separados e preparados um total de 30 unidades do fruto para realização dos procedimentos. A preparação prévia do material consistiu em cortes realizados com auxílio de um facão na região do mesocarpo e epicarpo em forma de cavacos para que o processo de secagem fosse facilitado.

Figura 2: Cavacos de casca de coco verde in natura



Fonte: Autora, 2023.

5.2. Secagem

A secagem das amostras foi realizada de forma mista, sendo inicialmente secas de forma natural por um período de 48 horas e, posteriormente, colocadas em estufa para secagem completa do material por um período de 5 dias. A estufa utilizada foi a Marconi MA035 com circulação e renovação de ar, controlada a uma temperatura de 60 °C, cedida pela EMBRAPA unidade Rio Largo/AL.

Figura 3: Estufa Marconi MA035 com circulação e renovação de ar.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 4: Amostras secas.



Fonte: Autora, 2023.

5.3. Trituração

Em tentativa inicial, realizou-se a trituração das cascas de coco verde através de uma forrageira comum (Figura 5), disponível no Centro de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), utilizada para moer capim. O procedimento inicial foi realizado com amostras úmidas e parcialmente secas, obtendo resultado negativo com fibras de tamanho inviáveis para utilização podendo ser visualizadas nas Figuras 6 e 7.

Figura 5: Forrageira comum para trituração de capim



Fonte: Autora, 2023.

Figura 6: Resultado da Trituração da casca verde úmida



Fonte: Autora, 2023.

Figura 7: Resultado da Trituração das cascas parcialmente secas



Fonte: Autora, 2023.

A segunda tentativa foi realizada com as amostras totalmente secas com Trituração feita através de um triturador forrageiro TRAPP TRF 80 (Figura 8) específico para Trituração de materiais orgânicos, galhos, cascas de sementes, dentre outros. As amostras passaram por duas Triturações para diminuição da granulometria da fibra com auxílio de peneiras, foi utilizada primeiramente a peneira de 3mm e, por último, a peneira de 0,8mm, obtendo as amostras das figuras 9 e 10 respectivamente, aptas para utilização.

Figura 8: Forrageira TRAPP TRF 80



Fonte: Autora, 2023.

Figura 9: Fibra de coco processada apenas 1x com auxílio da peneira de 3mm



Fonte: Autora, 2023.

Figura 10: Fibra de coco processada 2x com auxílio da peneira de 3 mm e 0,8 mm



Fonte: Autora, 2023.

5.4. Confecção dos briquetes

Ao todo foram confeccionadas 8 amostras de briquetes com massa pré-definida de 10 g de biomassa cada, levando em consideração os seguintes fatores variantes:

- Temperatura: ambiente e 70 °C;
- Mistura aglutinante: com amido de milho e sem amido de milho;
- Porcentagem de mistura: 10% e 20%.

Ao todo, foi obtido briquetes com as seguintes características:

Tabela 4: Característica de preparação das amostras

AMOSTRA	% DE MISTURA	AGLUTINANTE	ADIÇÃO DE H ₂ O	TEMPERATURA
01	10%	SIM	1:4	AMBIENTE
02	10%	NÃO	10%	AMBIENTE
03	10%	SIM	1:4	70 °C
04	10%	NÃO	10%	70 °C
05	20%	SIM	1:4	AMBIENTE
06	20%	NÃO	20%	AMBIENTE
07	20%	SIM	1:4	70 °C
08	20%	NÃO	20%	70 °C

Fonte: Autora, 2023.

A separação de massa de amido de milho como fator aglutinante para a preparação das amostras 01, 03, 05 e 07 foi realizada de acordo com a massa pré-definida da biomassa e a porcentagem de mistura, com relação de diluição em água de 1:4 em relação a massa de amido de milho. As massas de amido e o volume de água são definidas de acordo com as equações abaixo:

$$MAM = \%M * MB \quad (4)$$

$$VH_2O = 4 * MAM \quad (5)$$

Em que,

MAM = massa de amido de milho;

%M = Porcentagem de mistura;

MB = Massa de biomassa;

VH₂O = Volume de água

As amostras 02, 04, 06 e 08 teve sua preparação feita apenas com água, sendo o volume de água utilizada na mistura baseada na porcentagem de mistura de acordo com a massa pré-definida de biomassa. A equação utilizada para determinação dos valores é:

$$VH2O = \%M * MB \quad (6)$$

5.4.1. Preparação das amostras

Para a preparação de cada amostra foi realizado 4 procedimentos diferentes, realizados de acordo com as características contidas na Tabela 4. A preparação da mistura aglutinante foi feita diluindo o amido de milho em água, de acordo com a proporção estipulada, até obter uma mistura homogênea. O aquecimento das amostras foi realizado em um agitador magnético com aquecimento utilizando apenas a função de aquecimento até atingir a temperatura ideal, verificada e controlada por meio de um termômetro digital tipo espeto.

Todas as amostras foram feitas e colocadas de imediato no molde de compactação após sua preparação.

Figura 11: Aquecimento da amostra através de um agitador magnético com aquecimento e termômetro digital tipo espeto.



Fonte: Autora, 2023.

5.4.2. Compactação

Os briquetes foram compactados através de uma prensa mecânica, num molde cilíndrico personalizado e sem a presença de manta térmica. A força aplicada nas amostras foi de 6 toneladas por um tempo de 5 minutos, com tempo de residência em molde sem aplicação de força por 15 minutos para aderência do material.

Figura 12: Prensa mecânica



Fonte: Autora, 2023.

Figura 13: Molde para compactação do briquete



Fonte: Autora, 2023.

5.4.3. Teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade das amostras foi utilizada a Equação 2, explicada no tópico 4.6.

Nas amostras que a massa final se mostrou maior que a massa inicial, utilizou-se a equação 7 para obtenção do teor de umidade.

$$T.U = \left[\left(\frac{m_0 - m_1}{m_0} \right) * 100 \right] * (-1) \quad (7)$$

5.4.4. Densidade média

Utilizou-se um paquímetro digital para colher os valores referentes ao diâmetro da amostra, assim como sua expansão longitudinal. Considerou-se o formato cilíndrico para as amostras, desta forma utilizando-se para determinação da área total e volume de cada amostra as equações 8 e 9, respectivamente.

$$A_t = 2\pi r(h + r) \quad (8)$$

$$V_c = \pi r^2 h \quad (9)$$

Em que,

A_t = Área total do cilindo em cm^2 ;

r = Raio da amostra em cm;

h = Altura da expansão longitudinal da amostra em cm;

V_c = Volume do cilindo em cm^3

Achando o volume do cilindro, determinou-se os valores referentes a densidade média de cada amostra através da equação 3.

6. Resultados e discussões

6.1. Briquetes

Após retirada das amostras do molde de compactação os briquetes obtiveram resultados variado de acordo com a preparação específica de cada amostra. Os briquetes obtiveram espessura variando de 2,3 cm a 2,7 cm e área total variando de 27,3 cm^2 a 56,9 cm^2 . As diferenças entre as amostras deve-se ao procedimento de preparação e perda de material no molde de compactação, influenciando diretamente nos resultados.

6.1.1. Amostras com porcentagem de mistura em 10%

Foram confeccionadas 4 amostras com porcentagem de mistura em 10% que tiveram os resultados físicos:

Amostra 01: Feita com aglutinante de milho e compactado sob temperatura ambiente, a amostra obteve espessura de 2,37 cm e uma área total de 46,07 cm^2 , apresentando instabilidade após sua retirada do molde.

Figura 14: Amostra confeccionada com aglutinante de milho sob temperatura ambiente



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 02: Confeccionada com adição de H₂O e compactação realizada sob temperatura ambiente, a amostra obteve uma espessura de 2,58 cm e área total de 32,16 cm² com estabilidade em sua estrutura.

Figura 15: Amostra confeccionada com H₂O sob temperatura ambiente



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 03: Confeccionada com aglutinante de milho e compactado sob temperatura de 70 °C, a amostra obteve uma espessura de 2,58 cm e área total de 45,86 cm², apresentando instabilidade na parte inferior e boa aglomeração na parte superior após sua retirada do molde.

Figura 16: Amostra confeccionada com aglutinante de amido de milho sob temperatura de 70 °C



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 04: Confeccionada com adição de H₂O e compactação realizada sob temperatura de 70 °C, a amostra obteve uma espessura de 2,57 cm e área total de 27,34 cm², apresentando boa estabilidade em toda sua estrutura.

Figura 17: Amostra confeccionada com H₂O sob temperatura de 70 °C



Fonte: Autora, 2023.

6.1.2. Amostra com porcentagem de mistura em 20%

Foram confeccionadas 4 amostras com porcentagem de mistura em 20% que tiveram os seguintes resultados físicos:

Amostra 05: Confeccionada com aglutinante de milho e compactado sob temperatura ambiente, a amostra obteve espessura de 2,67 cm e área total de 56,94 cm², apresentando instabilidade em sua estrutura ao ser retirada do molde, chegando a quebrar na parte superior. A amostra obteve grande concentração de umidade em sua parte inferior.

Figura 18: Amostra confeccionada com aglutinante de milho sob temperatura ambiente.



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 06: Confeccionada com adição de H₂O e compactação realizada sob temperatura ambiente, a amostra obteve uma espessura de 2,61 cm e área total de 36,9 cm², apresentando estabilidade em toda sua estrutura.

Figura 19: Amostra confeccionada com H₂O sob temperatura ambiente.



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 07: Confeccionada com aglutinante de milho e compactado sob temperatura de 70 °C, a amostra obteve uma espessura de 2,7 cm e área total de 48,29 cm², apresentando instabilidade em sua estrutura após retirada do molde, perdendo parte significativa da amostra na estrutura de compactação.

Figura 20: Amostra confeccionada com aglutinante de amido de milho sob temperatura de 70 °C.



Fonte: Autora, 2023.

Amostra 08: Confeccionada com adição de H₂O e compactação realizada sob temperatura de 70 °C, a amostra obteve uma espessura de 2,59 cm e área total de 33,74 cm², apresentando boa estabilidade em toda sua estrutura.

Figura 21: Confeccionada com H₂O sob temperatura de 70 °C.



Fonte: Autora, 2023.

6.2. Teor de umidade

A umidade das amostras foi adicionada na preparação do material de acordo com as porcentagens de misturas e utilização ou não de agente aglutinante em sua composição. Desta forma, apresentou variação de umidade entre 1 e 30%, tendo os seguintes resultados individuais:

Tabela 5: Teor de umidade das amostras

AMOSTRA	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	UMIDADE
01	11,11	13,08	17,72%
02	10,00	10,61	6,10%
03	11,11	12,86	15,74%
04	10	9,63	3,70%
05	12,50	14,77	18,16%
06	10,00	11,16	11,60%
07	12,50	16,33	30,64%
08	10,00	9,9	1,00%

Fonte: Autora, 2023.

As amostras 02, 04, 07 e 08 obtiveram valores de umidade fora da faixa indicada por literatura. A amostra 06 ficou dentro do teor de umidade ideal para um briquete, entre 8-12%, segundo literatura de Marafon (2020). As amostras 01, 03 e 05 ficou com o teor de umidade ideal para briquetes, entre 15-20% segundo a literatura de Dias et al. (2012d).

Miola (2020b) obteve um valor de 35,8% de umidade para briquetes submetidos a temperatura de 70 °C e feitos com a adição de amido de milho como aglutinante, valor semelhante ao resultado obtido na amostra 07. Tal teor de umidade se torna inviável para um briquete, o que prejudica seu poder de combustão e estabilidade para armazenamento e transporte. Uma das justificativas para o alto teor de umidade na amostra mesmo após aplicação de temperatura para a compactação é a gelatinização do aglutinante em grande quantidade em relação a amostra, ficando retido durante a compactação, visto que a amostra 05 realizada nas mesmas proporções, porém feito sob temperatura ambiente, apresentou teor de umidade menor.

6.3. Compactação

A compactação das amostras realizadas em presa mecânica com força de 6 toneladas aplicada por um período de 5 minutos também apresentou variações em cada amostra, apresentado na tabela 7.

Os briquetes com a adição do amido de milho como agente aglutinante apresentaram maiores alturas, com menos compactação em relação aos briquetes feitos apenas com adição de água. A amostra 01 e 05 apresentaram baixa estabilidade após compactação, ocasionando a expansão das fibras pouco tempo depois ao processo de compactação, desfazendo-se ao realizar manuseio.

Em comparativo realizado com as amostras de mesma porcentagem de mistura, observou-se que as que passaram por processo de aquecimento antes de sua compactação apresentaram melhores resultados em relação a aglomeração das fibras, resultando em uma menor expansão longitudinal comparado com as amostras compactadas a frio sob temperatura ambiente.

Tabela 6: Relação entre temperatura aplicada e compactação

PORCENTAGEM DE			
AMOSTRAS	MISTURA	TEMPERATURA	DIFERENÇA
01	10%	AMBIENTE	6,35 mm
03		70 °C	

02	10%	AMBIENTE 70 °C	5,92 mm
04			
05	20%	AMBIENTE 70 °C	10,99 mm
07			
06	20%	AMBIENTE 70 °C	3,43 mm
08			

Fonte: Autora, 2023.

Desta forma, a melhor forma de compactação é sobre a aplicação de temperatura antes de aplicar força sobre amostra, assim como informa as literaturas que utilizam de manta térmica para aglomerar as fibras.

As amostras 02 e 06, confeccionadas apenas com adição de água e sem a presença de temperatura, conseguiram apresentar boa compactação e estabilidade em seu manuseio.

A amostra 04 mesmo apresentando baixo teor de umidade, obteve o melhor resultado de compactação e estabilidade.

6.4. Densidade média

Os valores obtidos da densidade média de cada amostra confeccionada são apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Densidade média das amostras

AMOSTRA	MASSA (g)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	VOLUME (cm ³)	DENSIDADE (g/cm ³)
01	13,08	5,003	1,186	22,08	0,5924
02	10,61	2,688	1,288	14,00	0,7577
03	12,86	4,368	1,291	22,84	0,5630
04	9,63	2,096	1,287	10,90	0,8834
05	14,77	5,447	1,337	30,55	0,4835
06	11,16	3,197	1,305	17,10	0,6528
07	16,33	4,348	1,350	24,86	0,6568
08	9,9	2,854	1,295	15,03	0,6587

Fonte: Autora, 2023.

Diante dos resultados, a amostra que mostrou maior densidade média foi a amostra 04, confeccionada com porcentagem de mistura de 10% utilizando apenas água, sobre a presença de temperatura antes de sua compactação. Desta forma, implica-se que, mesmo com o teor de umidade abaixo da faixa aplicada em literatura, a amostra obteve melhor compactação e maior densidade.

A amostra 02, confeccionada com porcentagem de mistura de 10% utilizando apenas água e sem a presença de temperatura antes de sua compactação apresentou o segundo maior valor de densidade entre as amostras.

Em comparação, as amostras 06, 07 e 08, confeccionadas com porcentagem de mistura em 20%, tanto com amido de milho, quanto com água como agentes aglutinantes, assim como aplicação de temperatura ou não, apresentaram valores de densidade bem parecidos.

A amostra 05, confeccionada com porcentagem de mistura em 20%, utilizando amido de milho como agente aglutinante e compactado em temperatura ambiente, apresentou a menor densidade média.

7. Conclusão

Briquetes confeccionados com aglutinante de amido de milho sem aplicação de temperatura antes de sua compactação são inviáveis em decorrência da falta de aderência, estabilidade, densidade e teor de umidade.

Briquetes confeccionados apenas com água como aglutinante mostram-se tecnicamente viáveis e de fácil produção, apresentando melhores características como estabilidade, densidade e teor de umidade.

Briquetes compactados sem aplicação de temperatura e sem adição de agente aglutinante mostraram características físicas viáveis para utilização, com baixo custo e produção facilitada.

É necessário estudos complementares para análise energética dos briquetes.

REFERÊNCIAS

- Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023, ano base 2022. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Disponível em:<<https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario-livro/#Apresenta%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em :07 de julho de 2023.
- Produção Agrícola – Lavoura Permanente. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/15/11863?tipo=ranking&indicador=11932&ano=2021>>. Acesso em: 07 de julho de 2023.
- Panorama. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama>>. Acesso em: 07 de julho de 2023.
- ESTEVES, Mayara Raysa Lima; ABUD, Ana Karla; BARCELLOS, Karla Miranda. **Avaliação do potencial energético das cascas de coco verde para aproveitamento na produção de briquetes.** Scientia plena, v. 11, n. 3, 2015.
- FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras.** Revista Liberato, v. 12, n. 17, p. 07-16, 2011.
- MUNIZ, Rafael Ninno. Educação e biomassa. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural,** 2002.
- Bioenergy. Internation Energy Agency (IEA). Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy>>. Acesso em: 25 de agosto de 2023.
- BORGES, Ane Caroline Pereira et al. ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA. REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 10, n. 2, mar. 2017. ISSN 1982-5528. Disponível em:<<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/239>>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANTOS, Brenda Leal Mota et al. A BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REVISÃO CONTEXTUAL, 2018.
- MARAFON, A. C. et al. **Aproveitamento de cascas de coco para geração de energia térmica: potencialidades e desafios.** 2019.

sieBRASIL. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/visor_reportes_be.aspx?or=520&ss=2&v=1> Acesso em: 12 set. 2023.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; CAPAZ, Rafael Silva; LORA, Electo Silva. Bioenergia no Brasil: onde estamos e quais nossos horizontes. **Revista Brasileira de Energia**, n. 27, p. 2, 2021.

Daniela Letícia Nones et al. USO POTENCIAL DA CASCA DE COCO VERDE PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES. In: ANAIS CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2017, Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/uso-potencial-da-casca-de-coco-verde-para-producao-de-briquetes?lang=pt-br>>. Acesso em: 15 set. 2023.

Etanol. Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol/apresentacao>>. Acessado em: 18 set. 2023;

FONTES, Humberto Rollemburg et al. **A cultura do coco**. 2006.

MARTINS, Carlos Roberto; DE JESUS JÚNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 32p, 2011.

DIAS, JMC de S. et al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. 2012.

CHRISOSTOMO, Walbert. **Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido**. 80 f. 2011. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos. 2011.

MIOLA, Brígida et al. Aproveitamento energético dos resíduos de cascas de coco verde para produção de briquetes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 627-634, 2020.

BEZERRA, João Marcos Martins et al. **Estudo do potencial energético de briquetes produzidos a partir de resíduos da casca de coco verde e bagaço de cana**. 2017.

SILVA, Marcos Vinícius do Prado. **Estudo da aplicação das cinzas provenientes da queima da fibra do coco em concretos**. 100 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologias

Ambientais) - Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas Marechal Deodoro, 2021.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JUNIOR, L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 53p, 2014.

ANDRADE, Laiane Alves de et al. **Aproveitamento do caroço de manga: um estudo de viabilidade da pirólise usando energia solar.** 126 f. 2015. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia. 2015.

SILVA, Renata Guilherme Cândido. **Produção e caracterização de briquetes de biomassas lignocelulósicas em diferentes granulometrias.** 47 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Florestal) – Campus de Engenharias e de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112.** Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1982. 6 p.

NAKASHIMA, G. T. et al. Materiais lignocelulósicos: caracterização e produção de briquetes. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 150-162, 2017.

QUIRINO, Waldir Ferreira; BRITO, J. O. Briquetagem de resíduos lignocelulósicos. **Brasília, DF: LPF/IBAMA**, v. 10, 1991.