



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA BIOMASSA DO CAMPUS NATAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN**

Alikson Douglas do Nascimento Cordeiro

Natal, novembro

2018

Alikson Douglas do Nascimento Cordeiro

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA BIOMASSA DO CAMPUS NATAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como
parte dos requisitos para obtenção do grau em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marciano Furukava.

Natal, novembro
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Aproveitamento energético da biomassa do campus Natal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Alikson Douglas do Nascimento Cordeiro

e aprovada por todos os membros da Banca examinadora foi aceita pelo Curso de Engenharia Ambiental e homologada pelos membros da banca, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Natal, _____ de _____ 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marciano Furukava (Orientador)
Departamento de Engenharia de Materiais – UFRN

Prof. MSc. Marcio Furukava
Departamento de Engenharia e Tecnologia - UFERSA

Prof. MSc. Kleber Cavalcante de Souza
PROPESQ – UFRN

DEDICATÓRIAS

Aos meus pais Sr. Armando Inácio Cordeiro e Marta
Maria do Nascimento Cordeiro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, aos meus pais Sr. Armando Inácio Cordeiro e Marta Maria do Nascimento Cordeiro, meus irmãos Anderson Thiago do Nascimento Cordeiro e Adson Thassio do Nascimento Cordeiro ao meu Orientador Prof. Dr. Marciano Furukava.

“Tudo posso naquele que me fortalece”
(Filipenses 4;13).

RESUMO

Buscou-se realizar o aproveitamento energético da biomassa utilizando a briquete do coco do campus Natal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. O uso do briquete de coco se justifica pelo seu poder calorífico, através da adoção de medidas ambientalmente corretas e de acordo com as normas e legislações que abordam a temática aqui defendida. O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN (campus), onde se encontra uma plantação de aproximadamente 700 coqueiros. Foi realizado uma visita *in loco* para observar e adquirir informações sobre algumas características da temática. O resultado da pesquisa mostrou que o poder calorífico da casca do coco é superior ao do bagaço da cana de açúcar comumente utilizado. O fluxo dos resíduos na UFRN apresentam da seguinte forma: os resíduos de poda que podem ser triturados são levados para compostagem, após a trituração, os maiores são usados em ornamentações das trilhas para delimitar o espaço que pode ser pisoteado, o coco, por sua vez, não tem destinação adequada, nem específica.

Palavras-chave: Aproveitamento Energético. Biomassa. UFRN. Briquete.

ABSTRACT

The biomass energy utilization was investigated using coconut briquets from the Natal campus of the Federal University of Rio Grande do Norte - UFRN. The use of coconut briquets is justified by its calorific value, through the adoption of environmentally correct measures and in accordance with the norms and laws that approach the theme defended here. The study was developed at the Federal University of Rio Grande do Norte - UFRN (Campus), where there is a plantation of approximately 700 coconut trees. An on-site visit was carried out to observe and acquire information on some characteristics of the theme. The results of the research showed that the calorific value of the coconut shell is superior to that of the sugarcane bagasse commonly used. The waste stream in the UFRN has the following form: the pruning residues that can be crushed are taken to composting, after grinding, the larger ones are used in ornaments of the tracks to delimit the space that can be trampled, the coconut, by its time, it has neither adequate nor specific destination.

Keywords: Energy Utilization. Biomass. UFRN. Briquette.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Poder calorífico do bagaço da cana e da casca do coco.....	29
Tabela 02	Quantidade, em peso, de cascas de coco geradas anualmente pelo Campus Central da UFRN.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Coqueiro gigante.....	21
Figura 02	Coqueiro anão.....	22
Figura 03	Pesagem do coco.....	23
Figura 04	Coqueiro da ETE (Campus UFRN).....	24
Figura 05	Coqueiro do local da pesquisa.....	25
Figura 06	Briquete.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Geral.....	13
1.1.2	Específicos.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	ENERGIA.....	14
2.2	BIOMASSA.....	17
2.3	CARVÃO.....	19
2.4	O COQUEIRO.....	20
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	TIPO DA PESQUISA.....	27
3.2	POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	27
3.3	COLETA DE DADOS.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da civilização está ligado ao consumo de energia pelo homem. Desde o princípio da civilização, quando o homem descobriu o fogo e começou a utilizar sua energia para seu desenvolvimento, a energia tem sido obtida da natureza, utilizando os recursos naturais disponíveis. Apenas recentemente nos últimos séculos que a biomassa começou a perder cada vez mais sua liderança histórica para a energia do carvão, e posteriormente, com o surgimento do consumo crescente do petróleo e do gás natural, a utilização da biomassa foi reduzida para regiões rurais e seu uso em escala industrial foi reduzindo.

Nos dias atuais, os países estão promovendo ações para que as energias alternativas renováveis tenham participação significativa em suas matrizes energéticas. A motivação para essa mudança de postura é a necessidade de redução do uso de derivados do petróleo e, conseqüentemente, a dependência energética desses países em relação aos países exportadores de petróleo. Além disso, a redução no consumo dos derivados do petróleo também diminui a emissão de gases do efeito estufa.

No Brasil, a imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, queima em fornos, cadeiras e outros usos não comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica.

Nas palavras de Silveira (2008, p.21) pontua que “a crescente preocupação com a quantidade de resíduos sólidos produzidos e o aumento do custo da matéria-prima, aliados ao desenvolvimento de tecnologia, viabilizam o aproveitamento e reciclagem cada vez maior dos resíduos, promovendo economia de recursos naturais, diminuição da poluição ambiental, geração de empregos diretos e indiretos e redução do volume de material a ser disposto”.

Portanto, o recurso de maior potencial para geração de energia elétrica no país é o bagaço de cana-de-açúcar. A alta produtividade alcançada pela lavoura canavieira, acrescida de ganhos sucessivos nos processos de transformação da biomassa sucroalcooleira, têm disponibilizado enorme quantidade de matéria orgânica sob a forma de bagaço nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar,

interligadas aos principais sistemas elétricos, que atendem a grandes centros de consumo dos Estados das regiões do Sul e Sudeste. Além disso, o período de colheita da cana-de-açúcar coincide com o de estiagem das principais bacias hidrográficas do parque hidrelétrico brasileiro, tornando a opção ainda mais vantajosa (ANEEL, 2003).

A biomassa tem origem em resíduos sólidos urbanos – animais, vegetais, industriais e florestais – e, voltada para fins energéticos, abrange a utilização desses vários resíduos para a geração de fontes alternativas de energia.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Coco (ASBRACOCO, 2011, p. 23) a produção brasileira é comercializada:

Trinta e cinco por cento (35%) destinam-se às agroindústrias, que produzem, principalmente, coco ralado e leite de coco, para atender a demanda de grandes empresas produtoras de chocolate, biscoito, iogurtes, sorvetes e padarias. Deste percentual, 99% são constituídos de coco seco e o restante é destinado à indústria engarrafadoras de água de coco verde; Trinta e cinco por cento (35%) destinam-se aos mercados Sudeste/Sul para atender às pequenas indústrias, a exemplo de docerias, padarias, sorveterias, e outras, sendo em torno de 90% de frutos verdes e os outros 10% de coco seco; Os trinta por cento (30%) restantes ficam no mercado nordestino, para atender ao consumo “in natura”, tanto de coco seco como de coco verde. Em decorrência da forte tradição do consumo na culinária e o grande número de pequenas indústrias, estima-se que 80% do consumo nordestino sejam de coco seco e 20% de coco verde.

De acordo com Lora (2002) descreve que o aproveitamento do resíduo do coco verde para geração de energia por meio da produção de briquetes constitui no uso sustentável de biomassa como combustível não incrementando o teor de CO₂ na atmosfera, já que este é produzido durante a combustão equilibrando-se com o CO₂ consumido durante a fotossíntese.

O briquete, é um produto obtido pela compactação de serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e cascas de vegetais, de arroz, de coco verde, e que se caracteriza pelo seu alto valor calorífico. Possui apresentação homogênea e padronizada, muito utilizado como energia. É considerado um carvão ecologicamente correto, de qualidade superior ao carvão comum de madeira, feito sob temperatura elevada a partir da compactação de resíduos ligno-celulosicos (SILVEIRA, 2008).

Portanto, o uso do briquete de coco se justifica devido ao seu poder calorífico, através da adoção de medidas ambientalmente corretas e de acordo com as normas e legislações que abordam a temática aqui defendida.

Com o intuito de atingir ao objetivo proposto, procurou-se uma metodologia que articulasse com os autores que escreveram sobre este assunto. Trata-se de uma pesquisa que reúne e sintetiza estudos anteriores.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral:

- Realizar o aproveitamento energético da biomassa utilizando a briquete do coco do campus Natal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

1.1.2 Específicos:

- Realizar o diagnóstico através do coco para utilização do briquete;
- Fundamentar a pesquisa através de uma revisão de literatura, categorizando-as de acordo com as citações encontradas na literatura especializada;
- Demonstrar os benefícios da biomassa através do aproveitamento energético do coco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA

Nas palavras de Kaehler (2000) descreve que sobre a definição da física, energia é a capacidade de gerar trabalho. Com relação ao objeto em análise esta definição se torna um pouco mais abrangente, ela também é considerada um fator de produção e como tal um insumo importante para impulsionar o desenvolvimento econômico do país.

“Para completo entendimento do desenvolvimento a ser dado ao tema se faz necessário estabelecer e definir dois grupos de fonte de energia: as renováveis e as não renováveis” (MAGALHÃES, 2009, p. 17).

As energias renováveis são aquelas provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível na Terra e, por isso, são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta (PACHECO, 2006). São exemplos de fontes de energia renovável a energia hidrelétrica, solar, eólica, do mar e geotérmica. Já energia não renovável é a aquela que quando da sua transformação, a matéria-prima utilizada já não se aplica mais ao seu uso. Como exemplo dessas fontes temos o petróleo, o carvão e o gás.

Também se faz necessário a separação e definição de uma outra classificação das fontes pela maneira com que vem sendo utilizadas: as fontes convencionais e as não convencionais. As fontes consideradas convencionais são aquelas que tradicionalmente têm sido utilizadas, sua tecnologia já está bem desenvolvida e aceita pela sociedade e representam a maior parte da matriz energética mundial. Neste grupo encontram-se o petróleo, o carvão, a hidráulica e o gás natural. As consideradas não convencionais são aquelas que passaram a ser utilizadas recentemente, sua tecnologia ainda está em desenvolvimento e os seus custos de produção ainda num patamar acima da média, ou ainda não tiveram sua utilização em larga escala. Neste grupo estão a energia dos ventos, das marés, do lixo, do bagaço de cana dentre outras (PACHECO, 2006). Outro conceito importante é o de Matriz Energética que vem a ser a representação quantitativa da oferta de energia discriminada pelo tipo de fonte.

¹O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de vida de qualquer sociedade.

O uso de energias renováveis pelas indústrias é uma ação estratégica que exige planejamento e responsabilidade ambiental, além de amplo envolvimento e conhecimento quanto aos recursos provenientes da natureza (SANTOS et al., 2006).

No Brasil mesmo com a grande extensão territorial do país e da abundância e diversidade de recursos energéticos, há uma enorme diferença regional e forte concentração de atividades econômicas em regiões com problemas de suprimento energético. A maioria dos recursos energéticos do país se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais (ANEEL, 2002).

Seu aproveitamento ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de energia elétrica, ou através de cataventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água (ANEEL, 2002).

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos, os dados são coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica.

Embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram da ordem de 20.000 MW, hoje a maioria dos estudos indica valores maiores que 60.000 MW.

A produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançou 2.176,6 GWh em 2010. Isto representa um aumento em relação do ano anterior (75,8%), quando se alcançou 1.238,0 GWh (EPE, 2011).

A participação da energia eólica na geração de energia elétrica no Brasil ainda é pequena. Dados da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em setembro de 2003 havia apenas 06 centrais eólicas em operação no País, perfazendo uma capacidade instalada de 22.075 kW. No entanto, a conjuntura atual

¹ Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf Acesso em: 20 de outubro de 2018.

do setor elétrico brasileiro tem despertado o interesse de muitos empreendedores (ANEEL, 2003).

Entre os principais impactos socioambientais de usinas eólicas destacam-se os sonoros e os visuais. Os impactos sonoros são devidos ao ruído dos rotores e varia de acordo com as especificações dos equipamentos. A fim de evitar transtornos à população vizinha, o nível de ruído das turbinas deve atender às normas e padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar (ANEEL, 2002). A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa (não emite poluente).

A forma direta de obtenção se dá através de células fotovoltaicas, geralmente feitas de silício. A luz solar, ao atingir as células, é diretamente convertido em eletricidade. No entanto, essas células fotovoltaicas apresentam preços elevados. O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o Sol carrega) incidem sobre os átomos, proporcionando a emissão de elétrons, que gera corrente elétrica (ANEEL, 2002).

Para obter energia elétrica a partir do sol de forma indireta, é necessária a construção de usinas em áreas de grande insolação, pois a energia solar atinge a Terra de forma tão difusa que requer captação em grandes áreas. Nesses locais são espalhadas centenas de coletores solares.

No Brasil, a utilização de energia solar está aumentando de forma significativa, principalmente o coletor solar destinado para aquecimento de água visando ao atendimento de comunidades isoladas da rede de energia elétrica e ao desenvolvimento regional. Devidamente contemplados pela nova ótica da política energética nacional, esses projetos têm levado eletricidade a milhares de comunidades e domicílios brasileiros. Apesar de todos os aspectos positivos da energia solar (abundante, renovável, limpa, etc.), ela é pouco utilizada, pois os custos financeiros para a obtenção de energia são muito elevados, não sendo viável economicamente (ANEEL, 2002).

Uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade

suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável (ANEEL, 2002).

A energia emitida pelo sol é uma fonte de energia renovável e de extrema importância para o ser humano e para o planeta Terra como um todo. A energia provinda do sol pode ser aproveitada de diversas formas e para variadas funcionalidades, podendo ser utilizada para iluminação, geração de energia elétricas, secagem e cozimentos de alimentos, dentre outros. Sendo também a grande responsável pelas diferenças climáticas existentes no planeta.

O uso da energia hidráulica foi uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico, particularmente para bombeamento de água e moagem de grãos. Entre as características energéticas mais importantes, destacam-se as seguintes: disponibilidade de recursos, facilidade de aproveitamento e, principalmente, seu caráter renovável (ANEEL, 2002).

Ela é a obtenção de energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico de um rio. Para que esse processo seja realizado é necessária a construção de usinas em rios que possuam elevado volume de água e que apresentem desníveis em seu curso.

O potencial hidrelétrico brasileiro consiste em cerca de 260 GW. Contudo apenas 68% desse potencial foi inventariado. Entre as bacias com maior potencial destacam-se as do Rio Amazonas e do Rio Paraná (ANEEL, 2003).

Apesar de ser uma fonte de energia renovável e não emitir poluentes, a energia hidrelétrica não está isenta de impactos ambientais e sociais. A inundação de áreas para a construção de barragens gera problemas de realocação das populações ribeirinhas, comunidades indígenas e pequenos agricultores.

2.2 BIOMASSA

A biomassa é a massa total de organismos vivos numa determinada área. Esta massa é uma importante reserva de energia, pois é constituída essencialmente por hidratos de carbono.

A biomassa é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzido e acumulada num ecossistema. Podemos distinguir algumas fontes de energia com potencial energético considerável: a madeira (e seus resíduos), os resíduos agrícolas, os resíduos municipais sólidos, os

resíduos dos animais, os resíduos da produção alimentar, as plantas aquáticas e as algas.

Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões, estão à busca de fontes mais competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono (ANEEL, 2002).

O desenvolvimento da civilização está atrelado ao consumo de energia exercido pelo homem. Desde os primórdios, quando o homem descobriu o fogo e começou a utilizar sua energia para cocção de alimentos e outros fins, esta energia tem sido obtida através de atividades extrativistas, aproveitando-se assim dos recursos da natureza. Este processo era realizado sem quaisquer preocupações com os impactos que poderiam advir de sua execução, pois se acreditava que os recursos naturais e os combustíveis fósseis foram fontes abundantes de energia, sem previsão de esgotamento (BLEY JR, 2007).

Contudo, desde a metade do século XX este cenário está em transformação. A evolução dos processos industriais e o desenvolvimento da sociedade acarretam em um aumento sistemático da demanda de energia e, devido a este fato, a comunidade mundial começou a perceber os impactos de um consumo descontrolado destes recursos. Foi constatado que a grande maioria dos insumos energéticos utilizados na produção de energia em grande escala possui reservas finitas. Estes aumentos de demanda agregados às limitações das reservas fizeram com que as perspectivas de duração das fontes de energia predominantes se tornassem reduzidas. Outra ação que mudou consideravelmente o cenário de produção de energia ocorreu ao final do século XX com a implantação de legislações ambientais em diversos países. A preocupação em se preservar o meio ambiente para as gerações futuras, discutindo-se questões tais como o aquecimento global e as emissões de carbono, passou a ser um tópico de destaque em qualquer projeto de geração de energia.

Em vista dos fatos apresentados se faz necessário a busca de alternativas energéticas sustentáveis visando atender a demanda crescente de energia no âmbito mundial. Muitas alternativas surgiram como solução deste problema, dando-se destaque a energia solar, a energia eólica, a energia atômica e a energia proveniente das biomassas. Todas as alternativas citadas possuem vantagens e

desvantagens que devem ser levadas em consideração. Por este motivo, até o momento, nenhuma das opções despontou como a melhor alternativa, mas cada uma deve ser analisada, verificando-se a melhor relação custo-benefício para cada aplicação (CARREIRO, 2009).

Do ponto de vista energético a biomassa é toda matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2002). A mesma sempre esteve presente como fonte de energia na história da civilização, inicialmente na forma de lenha ou carvão e, a partir de meados do século XX, outras formas de utilização da biomassa ganharam ênfase. A utilização da biomassa tem como grandes vantagens seu aproveitamento direto por meio da combustão em fornos e caldeiras e também a redução de impactos socioambientais. Como desvantagens, seu aproveitamento apresenta eficiência reduzida, contudo estão sendo pesquisados aperfeiçoamentos das tecnologias de conversão.

Por ser considerada uma fonte energética limpa e renovável, o interesse na utilização de biomassa ganhou espaço no mercado de energia, passando a ser considerada uma boa alternativa para a diversificação da matriz energética mundial e conseqüente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Motivo os investimentos e incentivos do setor público e do setor privado de diversos países na produção de energia utilizando a biomassa têm aumentado consideravelmente nos últimos anos.

Além de ambientalmente mais favorável o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas, por meio da criação de empregos.

2.3 CARVÃO

Para Cardoso (2011) nos últimos anos, houve um número considerável de estudos sobre materiais alternativos para a produção de carvão ativado a partir de resíduos agrícolas.

O carvão ativado consiste em um material com alto teor de carbono que possui forma cristalina constituída de heteroátomos, principalmente oxigênio ligado aos átomos de carbono, que sofreram um processamento para aumentar a porosidade interna (HEYLMANN, 2015).

O mesmo autor acima citado ainda complementa que dentre as vantagens do emprego do carvão ativado deve-se salientar a sua superfície interna grande e acessível, estrutura porosa bem desenvolvida, desnecessária remoção da umidade e também o calor de adsorção que normalmente apresenta-se menor que em outros adsorventes.

Segundo Rodrigues (2016) O carvão vegetal proveniente da queima parcial da madeira é utilizado para diversos fins, no setor siderúrgico, metalúrgico e em residências. Há diferentes métodos de produção, desde fornos mais simples de alvenaria até fornos metálicos equipados com tecnologias que permitem maior produtividade. No Brasil, a maior parte da produção de carvão vegetal é proveniente de fornos rudimentares, que emitem gases poluentes para a atmosfera.

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, sendo boa parte desta produção consumida no próprio país (OLIVEIRA et al., 2014). Para Rodrigues (2016) a principal espécie cultivada no país para fins industriais é o eucalipto (*Eucalyptus*). Na última década o Brasil aumentou a área de plantio florestal. Vários fatores colaboraram para este fato, como políticas incentivadoras, linhas de financiamento e crédito também a crescente demanda de madeira e a variedade de aplicação deste produto no mercado.

2.4 O COQUEIRO

“O coqueiro requer um clima quente, sem grandes variações de temperatura, com média anual em torno de 27° C e variações diárias de 5 a 7° C para o crescimento e produção. A umidade atmosférica também influencia no desenvolvimento do coqueiro, locais com umidade relativa do ar inferior a 60% ou muito elevadas prejudica o seu crescimento provocando a redução da absorção de nutrientes, queda prematura dos frutos além de favorecer a propagação de doenças fúngicas” (SILVEIRA, 2008, p.39).

Para Ferreira (1998) afirma que o coqueiro é considerado a “árvore da vida” por suas diversas aplicações tais como: fonte de alimento, habitação, locomoção, energia, dentre outros. É constituído de raiz, caule cilíndrico (tipo estipe), folhas, inflorescência (onde se localiza as flores) e fruto; tudo, praticamente, é utilizado.

Cardoso (2012) aponta que a biomassa, quando utilizada para fins energéticos, é classificada em três categorias: florestal, agrícola e rejeitos urbanos,

onde, na biomassa energética agrícola, estão incluídos as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal. O potencial energético de cada um desses grupos depende tanto da matéria-prima utilizada quanto da tecnologia utilizada no processamento para obtê-los.

O Gênero *Cocos* é constituído apenas pela espécie *Cocos nucifera L.* que é composta por algumas variedades, sendo as mais importantes, do ponto de vista agrônômico, socioeconômico e agroindustrial as: Typicar e Nana (SILVEIRA, 2008).

Os coqueiros são caracterizados como gigante e anão, conforme explica as figuras abaixo:

Figura 01 – Coqueiro Gigante



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=coqueiro+gigante&rlz>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

A variedade Typicar Nar, conhecida como coqueiro gigante é predominantemente de polinização cruzada (meio de reprodução é a alogamia) devido as flores masculinas se formarem antes das flores femininas. As plantas têm estipe, com circunferência média de 84 cm e altura média de 18 metros. As folhas são compridas, com comprimento médio de 5,5 metros. O florescimento é tardio, ocorrendo normalmente entre seis e oito anos após o plantio. A produção de flores é contínua. Os frutos variam de tamanho, de médio a grande, produz de 50 a 80 frutos por planta ao ano (SILVEIRA, 2008).

Figura 02 – Coqueiro Anão



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=coqueiro+gigante&rlz>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

Silveira (2008) a variedade Nana Griff conhecida como coqueiro anão, é predominantemente de autopolinização (auto fecundação), onde as fases de formação das flores masculinas e femininas são coincidentes. Tem estipe estreito com circunferência média de 56 cm e altura média de 10,7 metros. As folhas são curtas com comprimento em torno de 4,0m. Florescem cedo três a quatro anos após o plantio. Produz de 100 a 120 frutos por planta ao ano.

Segundo Moritz (2017) o coco é uma drupa formada por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, ficando mais no interior uma camada muito dura (pétrea), o endossarão. Este fruto fica envolto numa casca externa esverdeada ou amarelada, que com o tempo torna-se seca e amarronzada.

Para Rosa et al., (2001) sob a casca do coco encontra-se uma camada de 3 a 5 cm de espessura, o mesocarpo. Situado entre o epicarpo e o endocarpo, é constituído por uma fração de fibras curtas e longas e outra fração denominada pó, que se apresenta agregada às fibras.

Segundo o Sindicato Nacional dos Produtores de Coco do Brasil, Sindcoco (2014), a produção destinada para produção de água de coco deve atingir 1,5 bilhão de frutos em 2014. A produção nacional é calculada pela quantidade de frutos produzidos. Cada fruto pesa em média 1,5 kg.

Figura 03 – Pesagem do coco

Fonte: Originada da pesquisa (2018).

Figura 04 – Coqueiro da ETE (Campus UFRN)



Fonte: Originada da pesquisa (2018).

Tendo em vista o alto índice de umidade na casca de coco verde, em torno de 85% (ROSA et al., 2001), inicialmente deve-se descontar este percentual de umidade no peso da casca (água de embebição) e posteriormente descontar 15% da água que fica nas fibras (água de impregnação), adotando-se como referência o mesmo percentual de água de impregnação da fibra da madeira, para então saber quanto de briquete, em peso, será produzido.

Figura 05 – coqueiro do local da pesquisa



Fonte: originada da pesquisa (2018)

O aproveitamento do resíduo do coco verde para geração de energia por meio da produção de briquetes se constitui no uso sustentável de biomassa como combustível (LORA, 2002).

Figura 06 - Briquete

Fonte: <https://www.biomaxind.com.br/briquetes/> Acesso em: 10 de outubro de 2018.

O valor de venda do briquete varia de acordo com a matéria prima com que ele é fabricado e com a região do país. O preço médio de venda de cada tonelada costuma variar entre R\$ 300,00 e R\$ 450,00².

Os briquetes ainda são pouco conhecidos no Brasil, sendo mais utilizados nas regiões sul e sudeste do país, não obstante sejam amplamente utilizados na Europa, Ásia e América do Norte, sobremaneira na preparação de churrascos, panificação, restaurantes (RENDEIRO, 2006).

² Informações coletadas na empresa BIOMAX Indústria de Máquinas LTDA (Bárbara Schmidt).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DA PESQUISA

Quanto a abordagem a pesquisa, ela é quanti-qualitativa, de acordo com Minayo (2010) abordagens quantitativas e qualitativas passaram a significar não apenas duas formas “profissionalmente distintas” de apreender (epidemiologia) e compreender (antropologia) o real, mas duas modalidades de investigação com campos teóricos próprios delimitados e frequentemente antagônicos.

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN (campus), onde se encontra uma plantação de aproximadamente 700 coqueiros.

De acordo com Gil (2010) comenta que o objetivo da amostra é procurar locais, pessoas ou fatos que maximizem oportunidades de descobrir variações entre conceitos. Por isso é que a amostragem, em vez de ser predeterminada, desenvolve-se durante o processo. Para Marconi; Lakatos (2001) conceituam universo como um conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum.

De acordo com o levantamento feito em campo, no Campus possui aproximadamente 700 coqueiros que produz 120 cocos por ano, gerando 84000 unidades por ano. Foi realizado a pesagem de amostras dos resíduos em campo e foi constatado uma média de 1,2kg.

3.3 COLETA DE DADOS

Foi realizado uma visita *in loco* para observar e adquirir informações sobre algumas características sobre a temática aqui defendida.

A análise dos resultados foi realizada quantitativamente por meio de tabelas, em escala nominal e qualitativamente. Minayo (2010) descreve que a combinação de métodos, no entanto, constitui-se como desafio porque, na prática científica contemporânea, abordagens quantitativas e qualitativas passaram a significar não

apenas duas formas “profissionalmente distintas” de aprender (epidemiologia) e compreender (antropologia) o real, mas duas modalidades de investigação com campos teóricos. E também através de análise de conteúdo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados e discutidos de acordo os estudos sobre o aproveitamento energético da biomassa do campus da UFRN.

O poder calorífico da casca do coco e o bagaço da cana possuem diferentes valores, a cana-de-açúcar independente da úmida possui menor poder calorífico do que a casca de coco, conforme demonstrado na tabela 01:

Tabela 1 – Poder calorífico do bagaço da cana e da casca do coco

Combustível	Poder calorífico
Bagaço de cana (20% água)	3.200 kcal/kg
Bagaço de cana (50% água)	1.800 kcal/kg
Casca de coco	4.000 kcal/kg

Fonte: Arauterm (2018)

Na visão de Silveira (2008) descreve que o coqueiro é uma cultura tropical, disseminada ao longo da faixa costeira entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, largamente distribuída na Ásia, África, América Latina e região do Pacífico. É cultivada em aproximadamente 11,6 milhões de hectares em 86 países.

O resíduo, casca de coco verde, possui grande utilidade na produção de outros produtos e subprodutos. No entanto, ainda é muito pouco utilizado, principalmente no Brasil, o que gera ainda uma grande quantidade de resíduos depositados nos aterros sanitários (MORITZ, 2017).

O coco apresenta uma casca que quando descartada pode chegar a compor cerca de 80% do peso bruto do resíduo, isto é, do próprio coco. A reutilização e a reciclagem do coco têm sido propostas como formas de amenizar os impactos ambientais causados pela quantidade exagerada no seu descarte (CORREIRA et al., 2003).

A densificação da biomassa permite a obtenção de produto como o briquete de madeira. Esses produtos possuem como principais vantagens a possibilidade de utilização de resíduos agroflorestais e da indústria moveleira, como maravalhas, costaneiras, aparas, pó de serra, palhiço e etc., e resíduos sólidos urbanos. A utilização desses materiais tem como principal objetivo aumentar a densidade

energética, gerando assim mais energia em um menor volume facilitando o armazenamento e transporte desses materiais (LOPES et al., 2017).

Tabela 2 - Quantidade, em peso, de cascas de coco geradas anualmente pelo Campus Central UFRN

Quantidade de cascas de coco verde na área de estudo	Peso (Kg)
Cascas do coco verde	100.800
Sem 85% de umidade (água embebição)	15.120
Sem 15% de umidade (água de impregnação)	12.852

Fonte: originada da pesquisa (2018)

Considerando a produção anual do campus, pode ser gerado aproximadamente 12.852Kg de briquete.

Em média uma tonelada (40 sacos à 25kg) de Briquete equivale aproximadamente a 6 - 7 m³ de lenha de eucalipto (exemplo de empilhamento: 1,5m altura x 4,5m comprimento x 1m profundidade), devido sua baixa umidade e de seu alto grau de compactação³.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fluxo dos resíduos na UFRN apresentam da seguinte forma: os resíduos de poda que podem ser triturados são levados para compostagem, após a trituração, os maiores são usados em ornamentações das trilhas para delimitar o espaço que pode ser pisoteado, o coco, por sua vez, não tem destinação adequada, nem específica.

A adoção de mecanismos importantes para as soluções consorciadas ou compartilhadas que devem ser analisadas e propostas melhorias caso seja necessário, como o exemplo do caso da parceria com empresas para a viabilização da produção dos briquetes, barateando o custo final do produto para os envolvidos.

Portanto, o que poderia ser gerado em valor com a geração dos briquetes além de ser uma madeira ecológica (12,8x400 = R\$5.120,00). O resíduo será aproveitado de forma ambientalmente correta.

³ Disponível em: http://www.biofogo.com.br/site/suporte_tecnico.htm Acesso em: 10 de outubro de 2018.

Diante da concretização deste trabalho, espera-se que haja o interesse de outros pesquisadores em desenvolver estudos sobre assuntos correlatos à temática abordada. As sugestões apresentadas acima poderão servir como ponto de partida para o desenvolvimento de novos trabalhos.

REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas da Energia Elétrica do Brasil. 1º edição, 2002.

_____.AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas de Energia Elétrica do Brasil: 2.ª Ed. Brasília: 2003.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BLEY JR., Cícero. **Agroenergia da biomassa residual. Perspectivas econômicas, sociais, ambientais e energéticas**. Curitiba, Itaipu Binacional. 2007.

CARREIRO, Milton Roberto de Mattos. **Análise energética e ambiental do processamento do licor negro gerado em fábricas de celulose e papel**. Tese de M.Sc., UNIFEI, Itajubá, MG, Brasil.2009.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ. 2012.

CARDOSO, N. F. et al. **Removal of remazol black B textile dye from aqueous solution by adsorption**. Desalination, v. 269, n. 1, p. 92-103, 2011.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise Energética e Dados Agregados**. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/2.3+-+Cap%C3%ADtulo+1+-+An%C3%A1lise+Energ%C3%A9tica+e+Dados+Agregados/b2d3dd13-d546-41f7-8b3c-f44196349036;jsessionid=DB8C6C871E800A4B452E4570EF8EDBEB.srv154>
Acesso em: 20 de outubro de 2018.

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N;SIQUEIRA, L.A. **A Cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. Brasília. Embrapa. 1998. 292p

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. edição. São Paulo: Atlas, 2010.

HEYLMANN, Kelly Kathleen Almeida. **Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de pêssego no tratamento de efluente**. Universidade Federal de Pelotas. Centro de Engenharias. Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Pelotas/RS. 2015.

KAEHLER, José Wagner Maciel. **Comentários relativos a proposta da ANEEL para modificação do manual para elaboração do regulamento anual de combate ao desperdício de energia elétrica das concessionárias**. ANEEL, 2000.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Editora Interciência. 2 ed. Rio de Janeiro, 2002.

LOPES, Jerisnaldo Matos; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna; SILVA, José Wilton Fonseca da. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados/MS. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.4, p. 624-646, 2017.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do Trabalho Científico**. 6. Ed. SP: Atlas, 2008.

MAGALHÃES, Murilo Vill. **Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Ciências Econômicas. Florianópolis/SC. 2009.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 12. edição. São Paulo: Hucitec, 2010.

MORITZ, Gorthon Lima. **Utilização da casca do coco verde na elaboração de briquetes: um estudo sobre a viabilidade econômica e ambiental**. Universidade Paulista – UNIP. Programa de Mestrado em Engenharia de Produção. São Paulo/SP. 2017.

OLIVEIRA, A. C. et al. **Viabilidade econômica da produção de carvão vegetal em dois sistemas produtivos**. Floresta, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 143 – 152, jan./mar. 2014.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: Breves Conceitos**. Salvador: Conjuntura Econômica n. 149, 2006.

ROSA, M. F.; SANTOS, S. J. S.; MONTENEGRO, A. T. et al. **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola**. EMBRAPA, Comunicado Técnico 54. Fortaleza, 2001.

ROSA, Morsyleide de Freitas. ABEU, Fernando Antonio Pinto de, FURTADO, Ângela Aparecida Lemos., BRIGIDO, Ana Keli Lisboa., NORÔES, Elis Regina de Vasconcelos. **Processo agroindustrial: obtenção de pó de cascas de coco verde**. Comunicado Técnico 61. Embrapa. 2001

RODRIGUES, Thaís Isabel Rodrigues. **Diagnóstico ambiental da produção de carvão vegetal no município de Tabai/RS**. Centro Universitário UNIVATES. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de Engenharia Ambiental. Tabai/RS. 2016.

RENDEIRO, G. **Obtenção de briquetes de carvão vegetal a partir de finos de carvão**. RENABIO (Rede Nacional de Biomassa), 2006, 14 p. (Boletim Técnico n. 2).

SANTOS, Raniere Rodrigues. et al. O uso de energia oriunda de fontes renováveis nas indústrias brasileiras: uma questão de sustentabilidade. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

SILVEIRA, Mônica Silva. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador.** Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa, Escola Politécnica . Salvador/BA. 2008.