

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS II – AREIA**

**USO DA CASCA DE COCO VERDE COMO FONTE ENERGÉTICA
EM SUBSTITUIÇÃO À LENHA EM CERÂMICA VERMELHA**

FABRÍCIO RUFO LINS BONIFÁCIO

AREIA – PB

2019

FABRÍCIO RUFO LINS BONIFÁCIO

**USO DA CASCA DE COCO VERDE COMO FONTE ENERGÉTICA
EM SUBSTITUIÇÃO À LENHA EM CERÂMICA VERMELHA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, em Areia/PB, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

AREIA – PB
2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B715u Bonifacio, Fabricio Rufo Lins.

USO DA CASCA DE COCO VERDE COMO FONTE ENERGÉTICA EM
SUBSTITUIÇÃO À LENHA EM CERÂMICA VERMELHA / Fabricio

Rufo Lins Bonifacio. - Areia, 2019.

49 f.

Orientação: Jacob Souto.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Caatinga. Forno Hoffman. Cascas de coco. Cerâmica.

I. Souto, Jacob. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

USO DA CASCA DE COCO VERDE COMO FONTE ENERGÉTICA EM SUBSTITUIÇÃO À LENHA EM CERÂMICA VERMELHA

FABRÍCIO RUFO LINS BONIFÁCIO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, em Areia/PB, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

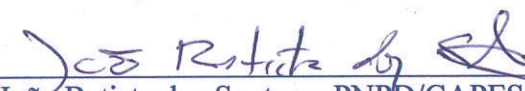
Aprovada em 28/02/2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Jacob Silva Souto – CSTR/UFCG
Orientador

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira – CCA/UFPB
Examinador



Dr. João Batista dos Santos – PNPD/CAPES/UFCG
Examinador

DEDICATÓRIA

A Deus que tudo sabe, ensinando-nos com
nossos erros.

À família, sempre presente.

AGRADECIMENTOS

Ao **Pai criador**, sempre;

À família, esteio de segurança e princípios;

Ao orientador, pela amizade e comprometimento;

A todos os docentes e servidores técnicos – administrativos do PPGA/Centro de Ciências Agrárias/UFPB, parceiros desta retomada;

Aos colegas que jamais pensei em ter, após décadas ausente do universo escolar;

À CAPES pela concessão da bolsa;

Ao doutorando Arliston Pereira Leite e prof. Dr. Walter Esfrain Pereira pelas observações estatísticas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	07
LISTADE FIGURAS	08
RESUMO	09
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 A Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil	13
2.2 Combustíveis de Biomassa Utilizados nas Indústrias de Cerâmica Vermelha	16
2.3 Disponibilidade de Biomassa do Coco para Fins Energéticos	18
2.4 Produção de Cinzas nas Indústrias da Cerâmica Vermelha	19
2.5 Utilização de Cinzas Vegetais na Agricultura	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 O Município de Pilões/PB	24
3.2 Local do Experimento	24
3.3 Etapas do Processo	25
3.3.1 Caracterização da Biomassa	25
3.4 Quantificação de Cada Resíduo e/ou Mistura para Uso no Forno HOFFMAN	27
3.5 O Processo de Queima	28
3.6 Início dos Testes	32
3.6.1 Procedimentos	32
3.7 Amostragem das Cinzas	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Produção de Cinzas no Forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom	36
4.2 Caracterização Química da Cinza	38
4.3 Viabilidade Econômica	41
5 CONCLUSÕES	42
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	43
7 REERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de biocombustíveis usados pela indústria ceramista no Nordeste brasileiro.....	17
Tabela 2 – Composição química do cinza de eucalipto (% peso)	20
Tabela 3 – Composição química da cinza oriunda da serragem de angelim - pedra e peroba utilizadas (% em peso)	21
Tabela 4 – Composição de cinzas de biomassas (% em peso)	21
Tabela 5 – Percentual e peso dos diferentes resíduos e suas misturas para uso no forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	27
Tabela 6 – Produção de cinzas em kg/milheiro na Cerâmica Produto Bom em Pilões /PB.....	36
Tabela 7 – Redução de consumo na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	37
Tabela 8 – Teores (%) dos compostos químicos das amostras de cinza avaliadas na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba	15
Figura 2 – Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Norte	15
Figura 3 – Mapa de localização do município de Pilões/PB	24
Figura 4 – Lenha empilhada próximo ao forno para uso na cerâmica.....	25
Figura 5 – Coleta manual de material proveniente de indivíduos de eucalipto	26
Figura 6 – Coleta manual de material proveniente de indivíduos de sabiá	26
Figura 7 – Disposição de cocos no lixão de Solânea.....	27
Figura 8 – Fluxograma 1. Etapas do processo de produção de uma cerâmica vermelha	28
Figura 9 – Desenho da disposição dos resíduos dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	29
Figura 10 – Disposição interna do resíduo de coco (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.....	30
Figura 11 – Disposição interna do resíduo de coco (30%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.....	30
Figura 12 – Disposição interna do resíduo de coco (40%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.....	31
Figura 13 – Disposição interna do material lenhoso de eucalipto (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	31
Figura 14 – Disposição interna do material lenhoso de sabiá (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	32
Figura 15 – Medição de sobras de material usado no forno Hoffman após utilização de lenha + resíduo de coco (20%) na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	33
Figura 16 – Medição de sobras de material usado no forno Hoffman após utilização de lenha + resíduo de coco (30%) na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB	33
Figura 17 – Mapa de terras para reforma agrária no Brejo da Paraíba.....	38
Figura 18 – Ordenação do ambiente gerado através da análise de componentes principais	40

RESUMO

BONIFÁCIO, Fabrício Rufo Lins. **Uso da casca de coco verde como fonte energética em substituição à lenha em cerâmica vermelha**. 2019. 48f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Centro de Ciências Agrárias, Areia/PB. 2019.

O acúmulo de cascas de coco em locais inadequados na zona urbana, além de causar um efeito deletério à imagem da cidade, tem acarretado uma série de problemas econômicos e ambientais para os municípios, uma vez que, afeta os serviços municipais de coleta, transporte e deposição de lixo, por conta do grande volume que ocupa e do tempo de decomposição que pode chegar a 12 anos. A busca por alternativas energéticas, em função da disponibilidade da lenha, se torna cada dia mais necessária. Diante do exposto, objetivou-se nesta pesquisa o uso de fontes energéticas (casca do coco verde) na substituição da lenha em cerâmica vermelha no Brejo da Paraíba. Foram utilizados resíduos de cascas de coco (20, 30 e 40%), resíduos de eucalipto (20%) e resíduos de sabiá (20%) em relação à lenha controle obtida da caatinga, os quais foram queimados em forno Hoffman com temperatura superior a 900° C. As amostras de cinzas foram analisadas quanto à presença de fósforo (P_2O_5), cálcio (CaO), magnésio (MgO), cobre (Cu total), ferro (Fe total), manganês (Mn total) e zinco (Zn total). À medida em que se usa as diferentes fontes de resíduos utilizados na Cerâmica Produto Bom, aumenta-se a quantidade de CaO, MgO e Mn e Cu nas cinzas resultantes da queima destes materiais. No tocante ao consumo de lenha, constatou-se que o tratamento no qual se utilizou lenha + 40% de resíduo de coco, propiciou num menor consumo de lenha, com uma maior eficiência na queima dos tijolos, acarretando, por conseguinte, menor degradação ambiental, face ao menor uso de lenha advinda da caatinga. Em função dos dados obtidos no presente estudo, constatou-se que há viabilidade quanto ao uso de lenha mesclada com o resíduo de coco (40%), pela facilidade de aquisição, e que as cinzas obtidas na Cerâmica Produto Bom com adição de lenha + resíduo de coco (40%) apresentam elevados teores de CaO e MgO com potencial para serem utilizadas na correção e adubação de solos ácidos.

Palavras-chave: Caatinga. Forno Hoffman. Cascas de coco. Cerâmica vermelha. Cinzas.

ABSTRACT

BONIFÁCIO, Fabrício Rufo Lins. Use of the green coconut shell as an energy source to replace the red ceramic firewood. 2019. 48f. Dissertation (Postgraduate Program in Agronomy). Federal University of Paraíba - UFPB, Campus II, Center of Agrarian Sciences, Areia / PB. 2019.

The accumulation of coconut shells in inappropriate places in the urban area, besides causing a deleterious effect to the city's image, has caused a series of economic and environmental problems for the municipalities, since it affects the municipal services of collection, transportation and disposal of garbage, due to the large volume it occupies and the decomposition time that can reach 12 years. The search for energy alternatives, due to the availability of firewood, is becoming more and more necessary. In light of the above, the objective of this research was the use of energy sources (green coconut shell) in the replacement of firewood in red ceramics in the State of Paraíba. Residues of coconut husks (20, 30 and 40%), eucalyptus residues (20%) and sabiá residues (20%) were used in relation to the control wood obtained from the caatinga, which were burned in a Hoffman oven with a higher temperature (900°C). The samples of ash were analyzed for the presence of phosphorus (P_2O_5) calcium (CaO), magnesium (MgO), copper (total Cu), iron (total Fe), manganese (total Mn) and zinc (total Zn). As the different sources of residues used in Ceramic Good Product are used, the amount of CaO, MgO and Mn and Cu in the ashes resulting from the burning of these materials is increased. Regarding the consumption of firewood, it was verified that the treatment in which wood + 40% of coconut residue was used, resulted in a lower consumption of firewood, with a greater efficiency in the burning of the bricks, thus leading to lower environmental degradation, due to the lower use of firewood from the caatinga. According to the data obtained in the present study, it was verified that there is viability for the use of firewood mixed with the coconut residue (40%), for the ease of acquisition, and that the ashes obtained in the Cerâmica Good Product with addition of firewood + (40%) presented high levels of CaO and MgO with potential to be used in the correction and fertilization of acid soils

Keywords: Caatinga. Hoffman oven. Coconut shells. Red ceramic. Ashes.

1 INTRODUÇÃO

Em qualquer sociedade ou empresa que se preze, urge-se a necessidade de soluções energéticas limpas tornando-as mais eficientes para que atinjam os seus objetivos. Hoje, há enorme demanda por fontes alternativas de energia, para que, em um futuro próximo e, já no presente, isso ocorra.

No Nordeste brasileiro, o grau de desertificação tende a aumentar com a intensidade de exploração do bioma caatinga, sendo um dos mais atingidos e de difícil recuperação. Na Paraíba, essa situação não é diferente quanto ao modelo exploratório, faltando políticas públicas para um zoneamento mais ordenado espacialmente, principalmente para a atividade da cerâmica vermelha, indústria carente de inovações viáveis, a fim de que um dia, substitua-se, parcialmente, a sua matriz energética. A Paraíba não conta com florestas plantadas para o fim de exploração de lenha, daí o fato de só haver emprego de lenha nativa, cuja oferta depende do desmatamento em áreas destruídas para finalidades agrícolas e pastagem.

No Brasil a região Nordeste é a que mais se destaca no cultivo do coqueiro. De 1990 a 2013, a produção desse fruto no Brasil praticamente dobrou, chegando a 1,9 bilhões de frutos, sendo o Nordeste responsável por 68% dessa produção (JESUS Jr *et al*, 2015). Em consequência desse crescimento, a quantidade de casca de coco verde gerada como resíduo agroindustrial e urbano tem aumentado bastante. Sabe-se que esse resíduo corresponde a uma parcela significativa do peso do fruto *in natura* ($\pm 90\%$), e que o peso médio do coco após a retirada da água é, em média, de 1,5 kg. Vê-se, portanto, que só na região Nordeste foi gerada 1,95 milhões de toneladas de casca de coco verde, apenas em 2013 (MATOS; GUIMARÃES, 2017).

O acúmulo dessas cascas em locais inadequados, principalmente na zona urbana, além de causar efeito deletério à imagem da cidade, segundo Corradini *et al* (2009), tem acarretado uma série de problemas econômicos e ambientais para os municípios, uma vez que, afeta os serviços municipais de coleta, transporte e deposição de lixo, por conta do grande volume que ocupa e do tempo de decomposição que pode chegar a 12 anos. Junto a isso, a sua forma e constituição dificultam a sua compactação, o que aumenta a demanda por área nos aterros e provoca a redução da vida útil dos mesmos.

A casca do coco pode ser aproveitada como matéria prima para diversos setores de produção, a exemplo de substrato para mudas, xaxim e artesanato, além da biomassa para geração de energia. No entanto, esse último processo ainda é bastante embrionário.

De acordo com Nogueira *et al* (2000), a casca do coco tem um poder calorífico superior a cerca de 5.447,38 kcal/kg (base seca) o que possibilita este resíduo ser queimado diretamente em fornalhas ou aproveitado para a produção de carvão vegetal ou briquetes. A partir desse processo, um dos resíduos sólidos gerados pela produção da energia é a cinza da casca do coco verde.

Esse resíduo pode se transformar em um subproduto a partir do momento em que ele é inserido na cadeia produtiva para fabricação de tijolos e telhas. Uma possibilidade é a utilização da cinza resultante da queima nas atividades agrícolas.

O aproveitamento de resíduos agrícolas e, ou industriais para serem reutilizados com fins energéticos, reduzindo o desmatamento de novas áreas, visa a preservação dos biomas, podendo ser transformado em matrizes energéticas no setor cerâmico da Paraíba, promovendo interação entre os setores agrônômicos e o da construção civil, cuja amplitude trará benefícios mútuos na redução de impactos ambientais.

A busca por alternativas energéticas, em função da disponibilidade da lenha, se torna cada dia mais necessária. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a possibilidade de uso de fontes energéticas (casca do coco verde) na substituição da lenha em cerâmica vermelha no Brejo da Paraíba.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil

A cerâmica vermelha engloba diversos materiais que são frequentemente utilizados na construção civil, como blocos, telhas, tijolos maciços, tubos para saneamento, elementos de enchimentos (laje), *green wall*, elementos vazados, e também, argila expandida. Além disso, está presente em itens de uso doméstico, como filtros e panelas de barro. Possui a nomenclatura “vermelha” devido à presença de compostos ferrosos que desenvolvem coloração avermelhada (SEBRAE, 2015).

A indústria da cerâmica vermelha é de grande importância para o país, tanto na geração de divisas, como na geração de empregos. No Brasil, a maior parte da cerâmica vermelha é produzida por empresas de pequeno e médio porte. Atendendo à construção civil em geral, as empresas encontram-se distribuídas por todo o país e estão localizadas nas regiões onde há maior disponibilidade de matéria-prima e proximidade dos mercados consumidores (PRADO; BRESSIANI, 2013).

A indústria de cerâmica vermelha é responsável por uma produção significativa de produtos em todo o país e pode ser considerada como produtora de um bem acessível à população em geral, por se constituírem de produtos de baixo custo e fácil utilização. Seus produtos ganham destaque quando se encontram em aglomerados produtivos, chamados de “*clusters*” ou de “arranjos produtivos locais”. Com diversos incentivos, o setor vem crescendo, modificando processos industriais e incrementando possibilidades de produção e comercialização de seus produtos Paz *et al* (2016).

Reis e Amato Neto (2012) verificaram que, por meio dos arranjos produtivos locais, que são caracterizados pela concentração geográfica das empresas, é possível planejar boas práticas que direcionem as pequenas empresas a usufruir e enfrentar as exigências do acelerado mercado. Dessa forma, afirmam os autores citados que as indústrias que continuam no conglomerado, conseguem enfrentar a competitividade interempresarial, criando grande número de empregos e concorrendo com outras organizações empresariais de maior potencial produtivo.

As principais regiões brasileiras produtoras de cerâmica vermelha são: São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que corresponderam a mais de 44% da produção nacional em 2012 (INT, 2012a). São Paulo, que é o mais importante centro

econômico do país, destaca-se como maior produtor, tendo sido responsável por aproximadamente 21% da produção nacional.

De maneira geral, o segmento de cerâmica vermelha na região Nordeste, apesar de ser uma atividade rentável e de grande apelo social, se apresenta com foco difuso, processos produtivos semi-artesanais com elevado índice de desperdício, problemas ambientais e falta de profissionalização de sua estrutura produtiva e administrativa. Um cenário onde se vê o comprometimento do desenvolvimento sustentável da atividade, a qual, sem sombra de dúvida, é de extrema importância socioeconômica para todo o Nordeste (ETENE/BNB, 2010).

O setor de cerâmica vermelha se apresenta como um grande empregador, absorvendo principalmente pessoas de baixa qualificação profissional. Por outro lado, a cerâmica vermelha promove a geração de passivos ambientais, ou seja, prejuízos ao meio ambiente, por utilizarem matérias-primas não renováveis (como a argila), pelo uso tradicional e intensivo de lenha como combustível e pela dificuldade de destinação adequada tanto dos resíduos de produção quanto dos resíduos pós-transporte, pós-armazenamento e pós-uso (SEBRAE, 2012).

A indústria de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba, segundo o Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha do Estado da Paraíba (SINDICER/PB), apresenta 66 unidades mecanizadas em operação, sendo 30 sindicalizadas e com uma produção de 41.000 milheiros/mês. Os polos produtores de cerâmica vermelha (Figura 1) são o Seridó Paraibano, Guarabira e região e o Litoral do Estado. No Seridó Paraibano o foco principal está na produção de telhas por extrusão em fornos tipo caipira. Já nas regiões de Guarabira e do Litoral do Estado predominam a produção de blocos cerâmicos e lajotas em fornos do tipo Hoffman, com uma produção na ordem de 500 milheiros/empresa/mês. Os combustíveis se resumem a lenha e resíduos vegetais como complemento (SCHWOB *et al*, 2017).

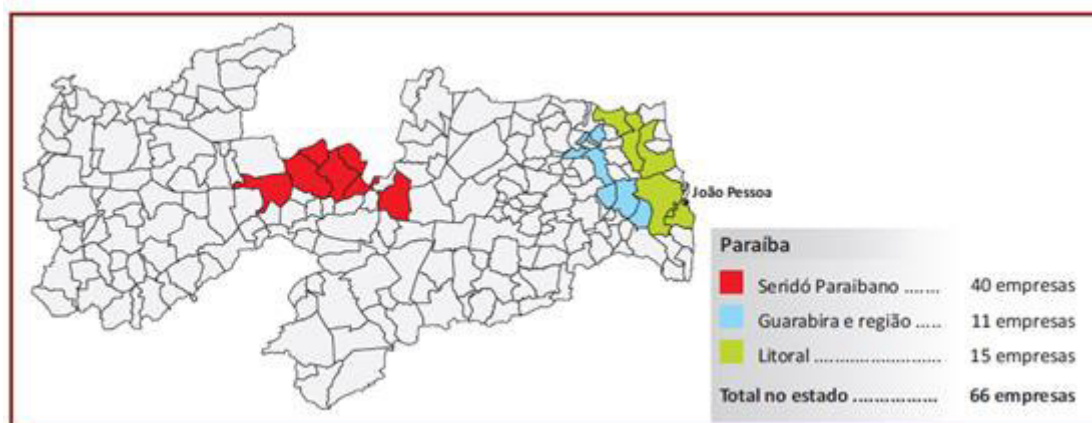


Figura 1 – Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba.

Fonte: Schwob *et al*, 2017.

O Rio Grande do Norte é um dos Estados com maior produção no segmento de cerâmica vermelha do Nordeste, e ainda, o maior produtor de telhas do país, contando com 186 empresas em atividade, com uma produção de 111.000 milheiros/mês, sendo 54% de telhas, 42% de blocos de vedação e 4% de outros produtos (SCHWOB *et al*, 2017). O Estado apresenta, segundo os autores, seis regiões produtoras do setor cerâmico: Bacia do Seridó, Baixo Assu, Bacia de Trairi-Jacu, Bacia do Potengi, Chapada do Apodi e Zona Centro e Serrana (Figura 2).

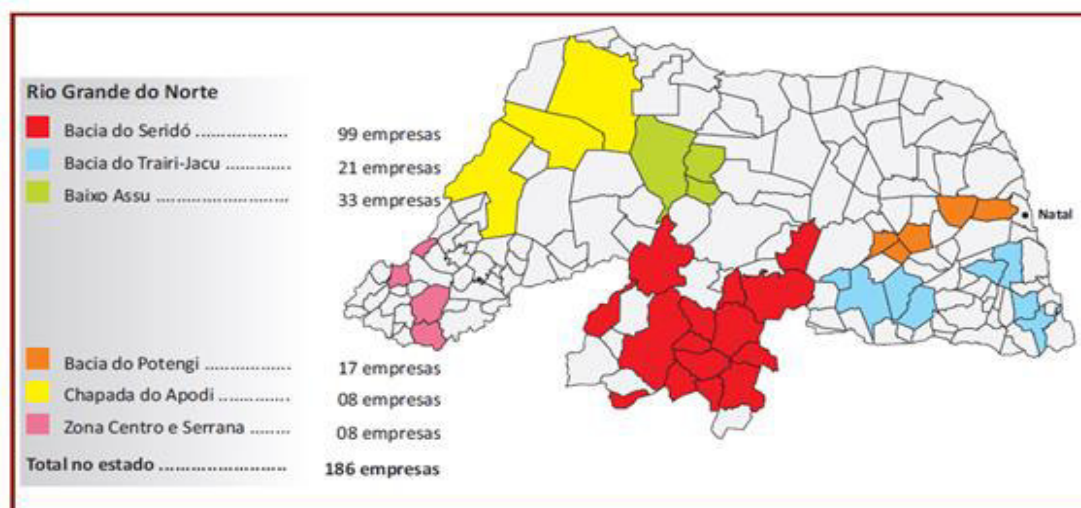


Figura 2 – Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Norte.

Fonte: Schwob *et al*, 2017.

A Bacia do Seridó tem as maiores concentrações de empresas nos municípios de Parelhas e Carnaúba dos Dantas, apresentando uma produção de cerca de 63.000 milheiros/mês com produção específica de 640 milheiros/empresa/mês com predominância de telhas coloniais (SCHWOB *et al*, 2017).

O consumo total de combustível, segundo Schwob *et al* (2017) é de 103.000 m³/mês, sendo cerca de 50% de lenha (planos de manejo de caatinga, mata nativa e algaroba) e outros 50% compostos por resíduos vegetais (poda de cajueiro, principalmente).

2.2 Combustíveis de Biomassa Utilizados nas Indústrias de Cerâmica Vermelha

O termo biomassa diz respeito a todos os vegetais formados através da fotossíntese e os restos da utilização destes como resíduos florestais e agrícolas, assim como a parte decomposta ou em decomposição dos resíduos das indústrias, residências, comércios e de atividades rurais (BRAND, 2010).

Apesar da indicação de biocombustíveis é importante considerar que o uso da lenha também acarreta em impactos ambientais devido a provocar o desmatamento de áreas de vegetação nativa e a retirada de fauna local. Para Veras *et al* (2013), o desmatamento também acarreta no empobrecimento do solo e na elevação da temperatura. Assim, indica-se o uso de resíduos de madeira da construção civil, resíduos orgânicos, como cascas, e demais resíduos.

A lenha apresenta baixo rendimento energético, o que afeta a qualidade e os padrões técnicos dos produtos, resultando em até 30% de perda quanto ao teor de lignina. A alternativa seria a análise por parte dos produtores para o uso de outras fontes de energia, que não seja a lenha, minimizando aspectos ambientais e proporcionando menor perda produtiva, pelo fato de outras fontes apresentarem maior poder energético segundo relatório do Sebrae (2012). Por causa da representatividade dos volumes de consumo de lenha, a atividade cerâmica deve também dar atenção especial aos problemas ambientais causados por sua queima, devido à produção de cinzas, óxidos de enxofre, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, que causam a chuva ácida e danos à camada de ozônio.

A lenha é um combustível cada vez mais difícil de ser encontrado, pois a imensa maioria das empresas não possui áreas de reflorestamento e a legislação ambiental impõe barreiras à utilização de lenha proveniente do corte de matas nativas. Ao problema do desmatamento provocado pelo uso da lenha nativa, soma-se ainda, segundo Medeiros (2006), a poluição provocada pela queima desse combustível, contribuindo para o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, principal responsável pelo efeito estufa.

A biomassa como fonte de energia térmica para sintetização de produtos cerâmicos é largamente empregada pela maioria das empresas em todo país. O potencial de consumo equivalente de biomassa combustível para o setor no Brasil é na ordem de 50 milhões de m³ de lenha/ano, considerando-se que, aproximadamente 5% desta demanda é atendida por combustíveis fósseis (INT, 2012b).

Alguns setores industriais, como o das indústrias cerâmicas, precisam de fontes de biomassa alternativas que possam substituir a lenha, o carvão mineral e o gás natural, usados intensivamente como fonte de energia em seus processos, visando reduzir a exploração florestal inadequada, como também, reduzir o uso de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa como enfatizam Moraes *et al* (2009)

Os principais combustíveis utilizados pelas indústrias de cerâmica vermelha são a lenha de algaroba, galhos de poda do cajueiro, lenha de espécies extraídas da caatinga, a exemplo da jurema preta, a casca do coco, além dos resíduos das indústrias de movelaria e de serrarias afirmam Nascimento (2011) e Santos (2015). Os ceramistas informam que o principal insumo tem sido a lenha obtida de algaroba, seguido da lenha obtida da poda de cajueiros. No entanto, há registros do uso de lenha extraída da caatinga.

No Estado do Rio Grande do Norte, que não conta praticamente com florestas plantadas para o fim de exploração de lenha, o emprego de lenha nativa, cuja oferta depende de desmatamentos em áreas destruídas para finalidades agrícolas e pastagem, e também de espécies com permissão para corte, como a algaroba e o cajueiro, de manejo florestal e de biomassa residual, sendo estas duas últimas numa menor escala, ainda são os principais combustíveis utilizados nas indústrias de cerâmica vermelha (INT, 2012b).

A distribuição do uso de combustíveis, segundo o INT (2012, p. 53) para a indústria ceramista do Nordeste brasileiro está apresentada na tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de biocombustíveis usados pela indústria ceramista no Nordeste brasileiro.

Combustíveis	%
Lenha	66
Lenha + serragem	24
Lenha + casca de coco	5
Lenha + casca de coco + serragem	1 a 2
Lenha + óleo combustível	1 a 2
Lenha + borracha	1 a 2
Lenha + bagaço de cana	1 a 2

Fonte: INT, 2012, p. 53.

Verifica-se, segundo Santos (2015), que a lenha extraída da Caatinga é a maior fonte de biomassa utilizada na indústria de cerâmica vermelha no Nordeste brasileiro, fazendo com que muitas das espécies vegetais aí existentes estejam ameaçadas de extinção. Na vegetação original, segundo este autor, era comum a ocorrência de árvores com alturas maiores, como também, um número maior de espécies e indivíduos, inclusive de madeira nobre. Além da exploração realizada pelo pequeno produtor, indústrias como, padarias e cerâmicas, também são grandes consumidoras de madeira, lenha e carvão provenientes desse bioma.

No que se refere ao uso de biomassa renovável, Henriques; Rodrigues (2017) consideram que houve um aumento do aporte na oferta de três origens basicamente: manejo florestal sustentável da caatinga (bioma principal onde está instalada a maior parte das empresas na região); emprego de resíduos florestais, tais como podas, serragem e outros; e, finalmente, a algaroba, espécie exótica e que tem permissão para exploração.

2.3 Disponibilidade de Biomassa do Coco para Fins Energéticos

A Paraíba produz coco verde em uma área equivalente a 7.241 hectares plantados (IBGE 2016). Trata-se, portanto, de uma cultura que vem sendo alvo de estudos devido ao crescente aumento na produção e da porcentagem de resíduo gerado, apresentando 60% de biomassa residual.

Os brasileiros geraram cerca de 60,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, um crescimento de 6,8% sobre o ano de 2009 (IBGE, 2017). Portanto, as cascas do coco, que têm destinação inadequada, ao serem encaminhadas para lixões ou outras áreas impróprias, acabam por acrescentar números a essas estatísticas.

Segundo Bitencourt (2008), cerca de 6,7 milhões de toneladas de casca de coco por ano, com essa casca correspondendo a cerca de 60% da massa total do mesmo, os quais após consumidos são jogados nos lixões e aterros, levando em média, de 10 a 15 anos para serem decompostos, acabam por se transformar em sério problema ambiental.

Bitencourt (2008) ao estudar as potencialidades do rejeito do coco (*Cocos nucifera*), destaca que, nos últimos anos a reutilização de resíduos orgânicos gerados das atividades agrícolas e industriais, apresenta análises estratégicas para o aproveitamento desse rejeito, visando à redução de impactos ambientais e os possíveis benefícios econômicos, sociais e para o meio ambiente, que permitem o

desenvolvimento humano, a preservação ambiental e energética. Já Sampaio *et al* (2008) afirmam que o aproveitamento da casca de coco verde é viável para essa aplicação, por possuir fibras quase inertes e com alta porosidade, facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade.

Ao caracterizar resíduos do setor agroindustrial e madeireiro, Pinheiro *et al* (2004) obtiveram teores de cinzas com valores que apresentam variação entre 0 e 5%. O conteúdo de cinzas na madeira é usualmente baixo, variando de 0,5 a 5% e de pouca consequência. Já a média encontrada por Lobato *et al* (2017) para resíduos do coco foi de 1,44%, ficando de acordo com os encontrados na literatura especializada. Assim, os resultados do poder calorífico dos resíduos do coco foram de 4.275,59kcal/kg.

Em estudo que buscou caracterizar o potencial energético da biomassa vegetal na Amazônia, Nogueira e Rendeiro (2008) determinaram o poder calorífico superior proveniente da combustão da fibra de coco, obtendo o valor de 18,67 MJ/Kg.

Para Rocha (2013) o poder calorífico dos resíduos do coco é distribuído da seguinte maneira: a casca com 16,75 MJ/kg; a fibra com 12,56 MJ/kg; a “quenga” do coco com 17,80MJ/kg; e a haste do coqueiro com 17,80 MJ/kg. Comparativamente, a lenha da caatinga possui poder calorífico superior (PCS) entre 17,10 MJ/kg e 19,18 MJ/kg.

2.4 Produção de Cinzas nas Indústrias da Cerâmica Vermelha

Paralelamente ao consumo da lenha como fonte energética, há produção de cinzas na ordem de 3% (BORLINI *et al*, 2005), sendo a maior parte recolhida, periodicamente, do próprio local da queima e, geralmente, jogada em áreas sem menor cuidado, podendo causar danos ao meio ambiente, provocando contaminação do lençol freático, além de contribuir para o desequilíbrio nutricional.

As cinzas obtidas da combustão da lenha são especialmente ricas em cálcio, sendo compostas por carbonato de cálcio, apresentando aglomerados de partículas esféricas e porosas e com tamanho médio de 0,15 mm (BORLINI *et al*, 2005).

Várias pesquisas procuram estudar a composição das cinzas e, em especial, as cinzas do eucalipto. Maeda; Bognola (2013) comentam que as cinzas podem ser utilizadas como fontes efetivas de magnésio, potássio e fósforo, podendo ser utilizadas de forma equivalente aos calcários, apresentando vantagens sobre estes, por disponibilizarem, além de cálcio e magnésio, os nutrientes do potássio e do fósforo.

Em nível mundial, há crescimento acentuado de pesquisas sobre materiais cerâmicos obtidos com adições de resíduos sólidos de cinzas, originados em diversos processos produtivos (BORLINI *et al*, 2005; MEDEIROS *et al*, 2010; FARIA; HOLANDA, 2013) e aplicação no solo como corretivo da acidez e fonte de nutrientes (SOFIATTI *et al*, 2007; CAMPANHARO *et al*, 2008). O que motivou esse crescimento foi encontrar formas estáveis para disposição final das cinzas, visando evitar seus efeitos poluentes ao meio ambiente. Em alguns casos, não se objetiva obter produtos de maior valor agregado, mas simplesmente estabilizar os poluentes contidos nas cinzas.

Para Bezerra (2013) as cinzas são reutilizadas como fertilizantes agrícolas, sendo esta uma destinação adequada, visto que, promove maior crescimento e produção de algumas espécies vegetais, a exemplo do capim-marandu.

Borlini *et al* (2005) caracterizaram a cinza proveniente da combustão da lenha predominantemente do eucalipto, visando sua incorporação na massa de cerâmica vermelha e encontraram os seguintes valores expostos na tabela 2.

Tabela 2 – Composição química da cinza do eucalipto (% peso).

SiO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	MnO ₂	Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	SrO	PF
16,9	2,7	0,8	7,0	2,4	7,2	32,6	0,39	0,15	4,4	3,7	0,27	21,5

Fonte: Borlini *et al*, 2005.

A quantidade elevada de CaO segundo Borlini *et al* (2005) está relacionada a carbonato e hidróxido de cálcio, enquanto o SiO₂ está associado com a fase cristalina do quartzo. A alta porcentagem de perda ao fogo (21,5% em peso) indica uma elevada fração de matéria orgânica. O teor relativamente elevado de K₂O + Na₂O mostra que a cinza pode agir como um fundente potencial e pode contribuir para melhorar as propriedades de queima através da redução da porosidade pela formação de fase líquida em reação com SiO₂ e Al₂O₃. O MgO também pode atuar como fundente durante a etapa de queima.

A análise química da cinza proveniente da lenha utilizada como combustível em cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal mostra que esta possui elevados teores de CaO (43,32%), MgO (7,36%) e K₂O (8,24%), indicando ser fundente e formador de poros para temperatura superior a 1000°C (MEDEIROS, 2010).

No estudo da cinza residual da lenha de algaroba (*Prosopis juliflora*) apresenta densidade relativa em torno de 0,70g/cm³ Santos (2012). Esta madeira é bastante utilizada como fonte de combustível para as olarias paraibanas, que são grandes

consumidoras de madeira para uso em seus fornos de queima, absorvendo cerca de 4,2 mil m³ de lenha ao ano. O autor afirma que a análise química feita nas cinzas do estudo revelou grande quantidade de CaO e K₂O. A presença de CaO em maior quantidade sugere a existência de calcita.

Ao avaliar a possibilidade de valorização e reaproveitamento do resíduo de cinza da serragem da madeira proveniente do angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*) e da peroba (*Aspidosperma polyneuron*) na formulação de massas cerâmicas para piso cerâmico vitrificado de alta qualidade, Gomes (2016) verificou que a cinza resultante possui grande quantidade de óxido de cálcio (CaO) – em alguns casos, pode substituir o quartzo no piso cerâmico. A composição química da cinza pode ser visualizada na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química da cinza oriunda da serragem de angelim-pedra e peroba utilizadas (% em peso).

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	MnO	PF
Resíduo	9,55	6,63	4,38	0,83	40,77	10,79	7,35	-	1,68	0,72	17,30

P.F.= Perda ao Fogo

Fonte: Gomes, 2016.

Na tabela 4 são apresentadas por Skrifvars *et al* (1998) as composições de alguns tipos de cinzas de biomassas obtidas utilizando um teste de queima em laboratório. As cinzas com alto teor de carbonato de cálcio foram calcinadas a 880°C. As demais não puderam ser calcinadas devido à fusão e risco de volatilização de cloro e enxofre. O óxido principal das seis primeiras biomassas é o SiO₂ e o das últimas duas é o CaO.

Tabela 4 – Composição de cinzas de biomassas, % em peso.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	CO ₂	Cl	Soma
1.	65,7	1,7	1,4	5,0	2,7	1,8	0,3	4,6	1,4	0,0	0,23	84,7
2.	56,3	0,5	0,6	1,9	6,3	1,4	0,2	12,6	2,9	1,3	2,10	84,0
3.	48,8	6,4	1,9	3,0	3,9	5,5	0,8	18,9	3,5	3,1	n.d. ^b	95,7
4.	44,1	5,1	2,3	2,1	6,7	3,6	0,3	16,0	5,2	1,9	n.d.	87,3
5.	34,2	0,4	0,5	2,1	9,1	2,0	0,1	24,7	2,3	6,1	3,15	81,5
6.	34,0	4,7	4,4	3,0	17,3	11,4	0,4	17,1	1,2	0,5	n.d.	94,2
7 ^c	7,3	1,5	1,3	4,8	44,8	5,8	0,8	11,3	1,5	5,2	n.d.	84,3
8 ^c	1,0	0,5	0,7	7,1	39,3	9,1	3,2	15,3	1,3	10,1	n.d.	87,6
8 ^{c,d}	1,0	0,5	0,7	7,6	38,8	8,7	3,8	15,2	1,3	12,4	0,18	89,9

Legenda: 1. Capim amarelo; 2. Palha de trigo; 3. Bagaço; 4. Oliveira; 5. Palha de arroz; 6. Palha de cana; 7. Resíduo florestal; 8. Eucalipto. b - não determinado; c - Carbonizada a 550°C e momentaneamente aquecida a 880°C; d - Análises em duplicata.

Fonte: Skrifvars *et al*, 1998.

2.5 Utilização de Cinzas Vegetais na Agricultura

A cinza de biomassa é o produto resultante da queima de vegetais quando da combustão incompleta e variável da madeira, sendo a sua composição qualitativa e quantitativa dependente da biomassa utilizada, da temperatura de carbonização e da adoção ou não da requeima (MAEDA *et al*, 2008).

Segundo Zimmermann; Frey (2002) a aplicação de cinza vegetal em plantios agrícolas apresenta-se como uma importante oportunidade de restituição de parte dos nutrientes removidos pelas culturas. A reciclagem das cinzas reduz a necessidade do uso de fertilizantes comerciais, contribuindo com a redução da acidificação do solo e aumento do suprimento de cálcio. A cinza vegetal tipicamente apresenta valores elevados de pH, concentração elevada dos nutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas (ZHANG *et al*, 2002; MATERECHERA; MKHABELA, 2002).

As cinzas também podem conter outros elementos como o cádmio e o zinco, sendo estes presentes em quantidades menores em comparação com outros elementos (OSTERAS *et al*, 2005). Os teores desses elementos variam bastante, devido às partes que foram utilizadas na queima para a geração da cinza.

A utilização agrícola da cinza de biomassa mostra-se como uma alternativa viável e ecologicamente correta, pois possibilita o aproveitamento do resíduo, além de devolver ao ambiente, parte dos nutrientes extraídos pelas plantas e armazenados na biomassa que fora retirada para queima. Ademais, as cinzas contribuem para melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo (FERREIRA *et al*, 2012).

As cinzas vegetais muitas vezes são utilizadas sem seguir critérios técnicos e precisam ter seu comportamento no solo e a resposta das culturas melhor compreendidas, de forma que se possa otimizar seu uso. A recomendação de adubação com essa fonte deve ser criteriosamente estudada, *a priori*, pois quantidades excessivas deste resíduo poderão provocar desbalanços nutricionais na fertilidade do solo, bem como, toxidez nutricional ou carência em face das relações de antagonismo existentes pela elevada concentração de alguns nutrientes na solução do solo (ARRUDA *et al*, 2016).

Para Jordan *et al* (2002), as cinzas produzidas durante a queima da biomassa florestal possuem compostos inorgânicos que podem ter efeitos favoráveis para a planta, especialmente naqueles solos com maior deficiência nutricional. Entre os nutrientes que

podem ser encontrados nas cinzas de madeira estão o cálcio e o magnésio, que se apresentam como óxidos, hidróxidos e carbonatos (NORSTROM *et al*, 2012). Estes compostos químicos conferem ao material, ação alcalina, o que pode contribuir para a correção da acidez dos solos. A quantidade de K_2O existente nas cinzas de madeira varia conforme o tipo de madeira, podendo estar entre 5% e 25%. (CHIRENJE; MA, 2002).

As principais alterações químicas resultantes da aplicação de cinza de biomassa, segundo Arruda *et al* (2016) são a elevação no pH e teores de Ca, Mg, K e P, além da redução dos teores de Al^{3+} . Essa elevação do pH causada pela cinza, segundo os autores citados anteriormente, estimula a atividade biológica, favorecendo a decomposição de matéria orgânica e a atividade de algumas enzimas. A cinza pode, ainda, elevar a retenção de água.

Arruda *et al* (2016) afirmam que a aplicação de cinza de biomassa tem elevado a altura das plantas, o seu diâmetro, o número de folhas, a massa seca da parte aérea e das raízes, bem como o teor foliar de clorofila e nutrientes em diversas espécies de plantas cultivadas – a exemplo da alface, milho, sorgo, algodão, girassol, mamona, café, bananeira, capins, pínus e eucalipto.

A cinza de biomassa proveniente de olarias foi testada por Terra *et al* (2014) como componente de substratos para produção de mudas e cultivo de alface. Os autores verificaram que a mistura de solo e cinza numa proporção 1:1 foi extremamente prejudicial, tanto à germinação, quanto ao desenvolvimento das plantas de alface. Entretanto, a cinza vegetal apresentou grande potencial para correção do solo. Possivelmente os resultados negativos foram verificados em função da quantidade excessiva da cinza empregada – em condições de campo, essa quantidade seria proporcional a 200Kg por hectare de cinza aplicada ao solo –, que resultou em um pH de 10,5 muito elevado para o cultivo vegetal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 O município de Pilões/PB

Pilões, com área de 64,4 km², está situada na mesorregião do Agreste paraibano, microrregião do Brejo paraibano, incluída na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, tendo como municípios limítrofes: Serraria (norte e oeste), Arara (oeste), Areia (sul), Alagoinha (sul), Pilõezinhos (leste) e Cuitegi (leste), mostrados na figura 3. Dista 17 quilômetros de João Pessoa, capital do Estado.

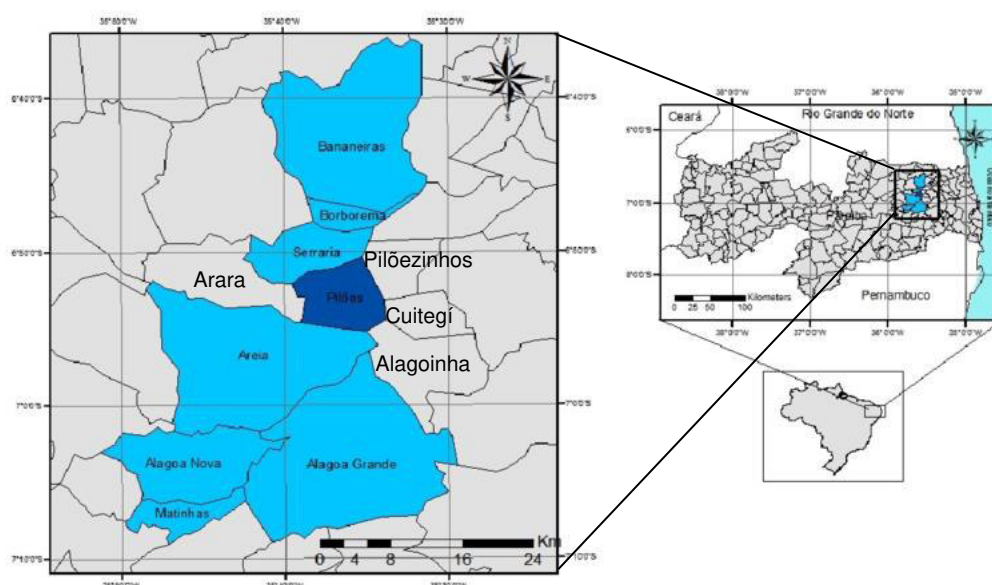


Figura 3 – Mapa de localização do município de Pilões/PB.
Fonte: IBGE, 2017.

3.2 Local do experimento

A pesquisa foi conduzida na Cerâmica Produto Bom, situada na Fazenda Pinturas de Cima, município de Pilões/PB, localizada nas coordenadas 06°51'02" latitude sul e 35°58'84" longitude oeste e, a 360 m de altitude (IBGE, 2017).

3.3 Etapas do processo

3.3.1 Caracterização da Biomassa

a) Lenha

A lenha utilizada neste estudo é oriunda da vegetação da caatinga, sendo constituída das mais variadas espécies (Figura 4), na maioria das vezes, obtida na área de assentamento existente em Pilões e municípios do entorno.



Figura 4 – Lenha empilhada próximo ao forno para uso na cerâmica.
Fonte: Acervo do autor.

b) Eucalipto

Coletou-se manualmente (Figura 5) galhos de eucalipto em indivíduos ocorrentes em área circunvizinha à Cerâmica, campo desse estudo, onde o eucalipto estava plantado no espaçamento 3,0 m x 2,0 m, transportando o material coletado para o pátio da cerâmica.



Figura 5 – Coleta manual de material proveniente de indivíduos de eucalipto.
Fonte: Acervo do autor.

c) Sabiá

Em plantio existente na Fazenda Pinturas de Cima, coletou-se material lenhoso do sabiá (Figura 6) o qual foi transportado para a cerâmica e armazenado no pátio para secagem natural antes de ser utilizado no processo de queima, processo semelhante ao que foi feito para o eucalipto.



Figura 6 – Coleta manual de material proveniente de indivíduos de sabiá.
Fonte: Acervo do autor.

d) Resíduo de coco verde

Os resíduos de cocos, após consumidos, foram obtidos em lixão existente no município de Solânea/PB (Figura 7). Esse lixão ocupa área de 7,0 ha, sendo depositado, em média, semanalmente, 2000 cocos.



Figura 7 – Disposição de cocos no lixão de Solânea.
Fonte: Acervo do autor.

3.4 Quantificação de cada resíduo e/ou mistura para uso no Forno Hoffman

Mediu-se, inicialmente, 0,8 m³ de lenha – volume necessário para queima de mil tijolos – para tratamento e controle. Em função deste dado, obteve-se a proporção de cada resíduo, em quilogramas, resultando num total de 216 kg/0,8 m³, dando-se margem à medição dos resíduos para constituir os demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 – Percentual e peso dos diferentes resíduos e suas misturas para uso no forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Tratamento	Biocombustível	%	Peso (kg)
T1	Lenha	100	216
T2	Coco	20	129
T3	Coco	30	195
T4	Coco	40	260
T5	Eucalipto	20	129
T6	Sabiá	20	129

Fonte: Dados da pesquisa.

3.5 O processo de queima

Adotou-se um fluxograma modelo, estando a queima dos coprodutos nas últimas etapas do processo produtivo para teste dos coprodutos.

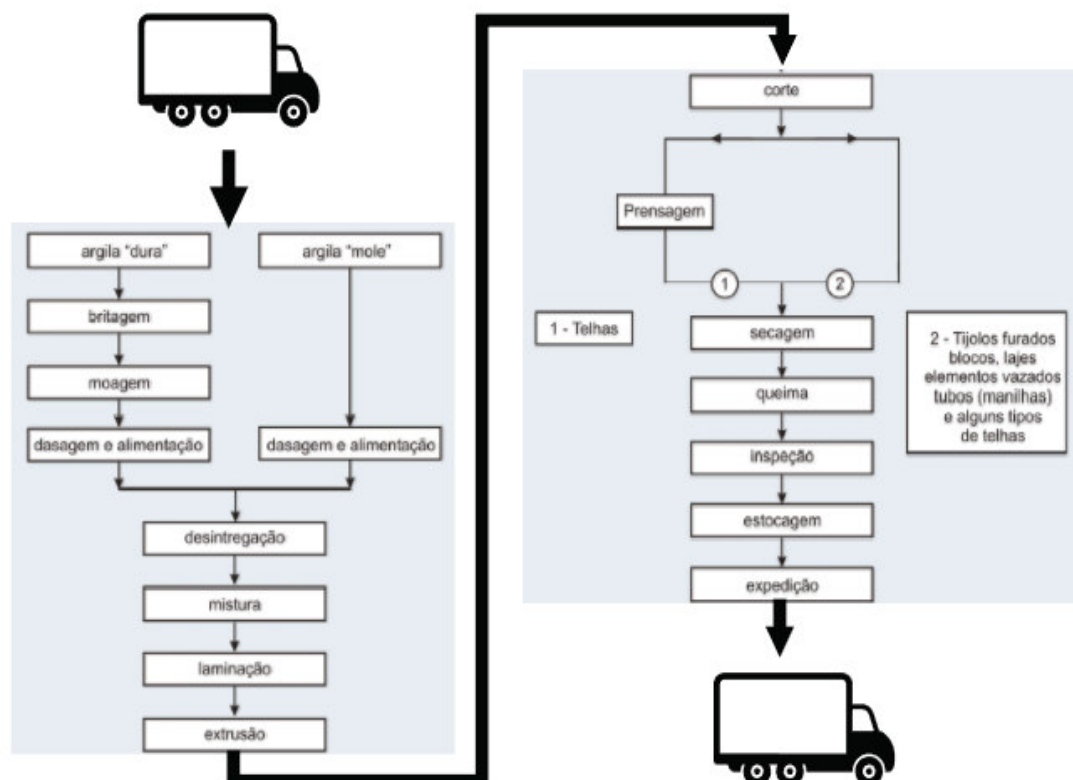


Figura 8 – Fluxograma 1: Etapas do processo de produção de uma cerâmica vermelha.
Fonte: ABC, 2011 *apud* UFSC, 2019.

Para a queima, utilizou-se o forno Hoffman, por sua característica operacional semi-contínua, considerado um dos mais adequados para bloco cerâmico que, conforme fluxograma anterior, após serem dimensionados na maromba, com dimensão comercial no cortador automático, são levados para secagem à sombra, para que a perda inicial de água das peças atinja mais de 80%, aumentando a eficiência de cada coproduto.

No verão essa fase pré-forno é de 48 horas em média, aumentando no período chuvoso e frio de acordo com as condições climáticas do Nordeste brasileiro. Após a secagem, leva-se ao forno, sendo arrumados entre as linhas pontilhas, observadas na figura 9. Nestas linhas, colocou-se cada resíduo e/ou a lenha. A sequência de queima neste estudo deu-se da cor verde clara ao escuro, para melhor entendimento do leitor.



Figura 10 – Disposição interna do resíduo de coco (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.
Fonte: Acervo do autor.



Figura 11 – Disposição interna do resíduo de coco (30%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.
Fonte: Acervo do autor.



Figura 12 – Disposição interna do resíduo de coco (40%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.
Fonte: Acervo do autor.

Já nas figuras 13 e 14, observa-se a forma como os resíduos de eucalipto e sabiá foram dispostos no forno Hoffman.



Figura 13 – Disposição interna do material lenhoso de eucalipto (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.
Fonte: Acervo do autor.



Figura 14 – Disposição interna do material lenhoso de sabiá (20%) dentro do forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Fonte: Acervo do autor.

3.6 Início dos testes

3.6.1 Procedimentos

1º) Colocou-se os tratamentos: lenha + resíduo de coco (20%) e lenha + resíduo de coco (30%), iniciando o aquecimento do forno na linha 01 e, conforme andamento laboral, a sequência de temperatura foi aumentando até a temperatura de queima de cada linha e das demais, atingindo o início da queima no experimento na linha 17/24 – verde claro. Este esquema pode ser melhor analisado pela planta esquematizada do forno. Assim estes resíduos de lenha + resíduo de coco (20%) só foram queimados em 19/07 às 05:00h.

2º) Iniciou-se a metragem de lenha testemunha para a queimagem dos tratamentos: lenha + resíduo de coco (20%) e lenha + resíduo de coco (30%) conforme observa-se o material espalhado aleatoriamente. Feita a medição, com a lenha então organizada, programou-se para dar início – linha 17: lenha + resíduo de coco (20%), após 20 horas de aquecimento inicial e final da sua perda de umidade, seguindo sequência programática da fábrica desde a linha 01 até a 16, cujo intervalo não fazia parte do experimento, já incluso o tempo de rotação no aproveitamento do calor do lado interno do forno.



Figura 15 – Medição de sobras de material usado no forno Hoffman após utilização de lenha + resíduo de coco (20%) na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Fonte: Acervo do autor.

3º) Observou-se uma economia visível com altura mínima de 20-30 cm³ rente ao teto do forno (figura16), equivalente a 6 m³ residuais. Adicionou-se mais 1,5 m³ controle, e queimou-se o tratamento seguinte: lenha + resíduo de coco (30%).



Figura 16 – Medição de sobras de material usado no forno Hoffman após utilização de lenha + resíduo de coco (30%) na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Fonte: Acervo do autor.

4º) Observou-se que, nesta medição, ocorreu o encerramento na linha 22/24 do lado exterior do forno. Em cada linha das três repetições consumiu-se no tratamento e controle, quase 1,73 m³ de lenha para 1,93 milheiros. Como também, a 0,89 m³/milheiro – consumo para controle. Nas três linhas de cada tratamento, estão distribuídos os resíduos e suas repetições, conforme observa-se nas figuras apresentadas. Esta foi a distribuição nos sacos de cada tratamento e dentro do forno Hoffman, utilizado para este estudo.

5º) A condução da queima de seis linhas, correspondentes a lenha + resíduo de coco (20%) e lenha + resíduo de coco (30%), deu-se durante o turno de cada operador: total de dois; fator indispensável na programação e condução deste estudo, findando esses tratamentos no dia 21/07/2018.

6º) Iniciou-se o esfriamento natural do forno, ajudado, em parte, pelo distanciamento do calor que seguiu para as linhas adiantes 23 e 24, quando ocorreu a interrupção parcial e o início com abaixamento do fogo final, dando-se continuidade ao experimento com a condução inicial de lenha+ resíduo de coco (40%) na linha 25 do lado interno.

7º) Após o período de 48 a 72 horas da queima de cada tratamento, iniciou-se a retirada das cinzas, as quais pesou-se com análise química laboratorial por tratamento e retirada dos tijolos.

8º) Este mesmo procedimento repetiu-se nos demais tratamentos, colocando-se a lenha + resíduo de coco (40%) nas linhas 27, 28 e 29, para reduzir o efeito da vantagem na queima inicial de pressão do fogo de levante das linhas 25 e 26. Em seguida, colocou-se a lenha + resíduo de eucalipto (20%) nas linhas 30 ,31 e 32 e, por fim, a lenha + resíduo de sabiá (20%) nas linhas 33, 34 e 35, ocupando a metade na queima do lado interno

3.7 Amostragem das cinzas

As cinzas utilizadas neste estudo foram provenientes da captação de particulados pela combustão de lenha de nativas (100%), lenha + resíduo de coco (20%), lenha + resíduo de coco (30%), lenha + resíduo de coco (40%), lenha + eucalipto (20%) e lenha + sabiá (20%).

As amostras de cinzas foram acondicionadas em saco plástico, contendo aproximadamente 500g, e encaminhadas à FULLIN – Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental, em Cariacica, no Estado do Espírito Santo, utilizando metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura (VERAS, 2013). As amostras

de cinzas foram analisadas quanto à presença de fósforo (P_2O_5), cálcio (CaO), magnésio (MgO), cobre (Cu total), ferro (Fe total), manganês (Mn total) e zinco (Zn total).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de cinzas no Forno Hoffman na Cerâmica Produto Bom

A utilização dos diferentes materiais por ocasião da queima para a produção de tijolos na Cerâmica Produto Bom resultou nas quantidades de (Tabela 6).

Tabela 6 – Produção de cinzas na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB

Tratamento	Cinzas Kg	% de cinzas	Sobra de lenha
T1 – Controle	17,5	1,40	0,0 m ³
T2 - Lenha + resíduo de coco (20%)	13,0	1,05	2,5 m ³
T3 - Lenha + resíduo de coco (30%)	16,0	1,28	3,5 m ³
T4 - Lenha + resíduo de coco (40%)	20,0	1,60	4,0 m ³
T5 - Lenha + resíduo de eucalipto (20%)	19,0	1,52	3,0 m ³
T6 - Lenha + resíduo de sabiá (20%)	15,0	1,20	3,0 m ³

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se na tabela 6 que a menor produção de cinza foi obtida no tratamento onde se utilizou a lenha juntamente com 20 % de resíduo de coco (**T2**). Já o tratamento onde se utilizou a lenha + 40% de resíduo de coco (**T4**), foi onde se obteve a maior produção de cinzas. No entanto, vale ressaltar que sobrou mais lenha (nativa) no tratamento lenha + 40% de resíduo de coco (**T4**), o que evidencia uma menor degradação ambiental com redução no consumo de espécies da caatinga.

Segundo Osaki; Darolt (1991), desenvolvendo trabalho na região metropolitana de Curitiba, cerca de 1,0 % do material vegetal transforma-se em cinzas. No caso da Cerâmica Produto Bom, utilizou-se 03 linhas do forno para cada tratamento, onde comportava 1,93 milheiros de tijolos por tratamento. Em função deste dado, pode-se inferir que haverá maior economia de lenha na mistura de lenha + 40 % de resíduo de coco (**T4**) (Tabela 7).

Tabela 7 – Redução de consumo na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Tratamento	Lenha por 03 linhas Consumo %	Redução de Consumo m ³	Sobras de lenha controle m ³
T1 – Controle	100	0,8	0,0
T2 - Lenha + resíduo de coco (20%)	61,5	0,45 -0,49	2,5
T3 - Lenha + resíduo de coco (30%)	54,5	0,49	3,5
T4 - Lenha + resíduo de coco (40%)	47,5	0,38	4,0
T5 - Lenha + resíduo de eucalipto (20%)	56,25	0,45	3,0
T6 - Lenha + resíduo de sabiá (20%)	56,25	0,45	3,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando que apenas 1,0 % do total do material vegetal transforma-se em cinzas, tem-se cerca de 15 t/cinza/mês/indústria e uma oferta próxima a 300 t/cinza/mês com base nos dias úteis, em toda região. Esta quantidade também foi comprovada na totalidade das cinzas dos seis tratamentos apresentados, resultando em 3,0 kg de cinza por milheiro de um total de 216 kg/0,8 m³ do controle utilizado. Ao ano, na Cerâmica Produto Bom, há produção de aproximadamente 18 toneladas de cinzas, totalizando-se mais de 6.000 milheiros produzidos e mais de 6.000 m³ de lenha controle a um peso de mais 1.620.000 kg.

Tendo a Paraíba um total de 66 empresas, conforme a SINDICER, e cada uma produzindo 500 milheiros mensais para 18 toneladas de cinzas/ano nesta empresa de biomassa, estimam-se 1.188.000 toneladas de cinzas no Estado da Paraíba neste setor, que poderiam ser utilizadas na recuperação das áreas do Brejo paraibano, com elevada acidez e em uma proporção que não causasse desequilíbrio nutricional, como foi testada por Terra *et al* (2014) em substratos para produção de mudas e cultivo de alface.

O Brejo paraibano possui 14.845ha (INCRA, 2018), os quais foram destinados a agricultura familiar via projetos de reforma agrária e, que na sua grande maioria, a vegetação natural ou controle retomou, não havendo reposição química por plantio controlado, condição para o aumento da carência nutricional e, o quanto se pode estimar para a recuperação destas áreas, conhecida a acidez por análise química. Salienta-se que no Brejo, houve décadas de exploração canavieira e grande potencial de utilização destas áreas para o aproveitamento bioenergético residual, principalmente, com a produção de plantios de coco em larga escala em observância a alta concentração do polo cerâmico na região de Guarabira (PB).

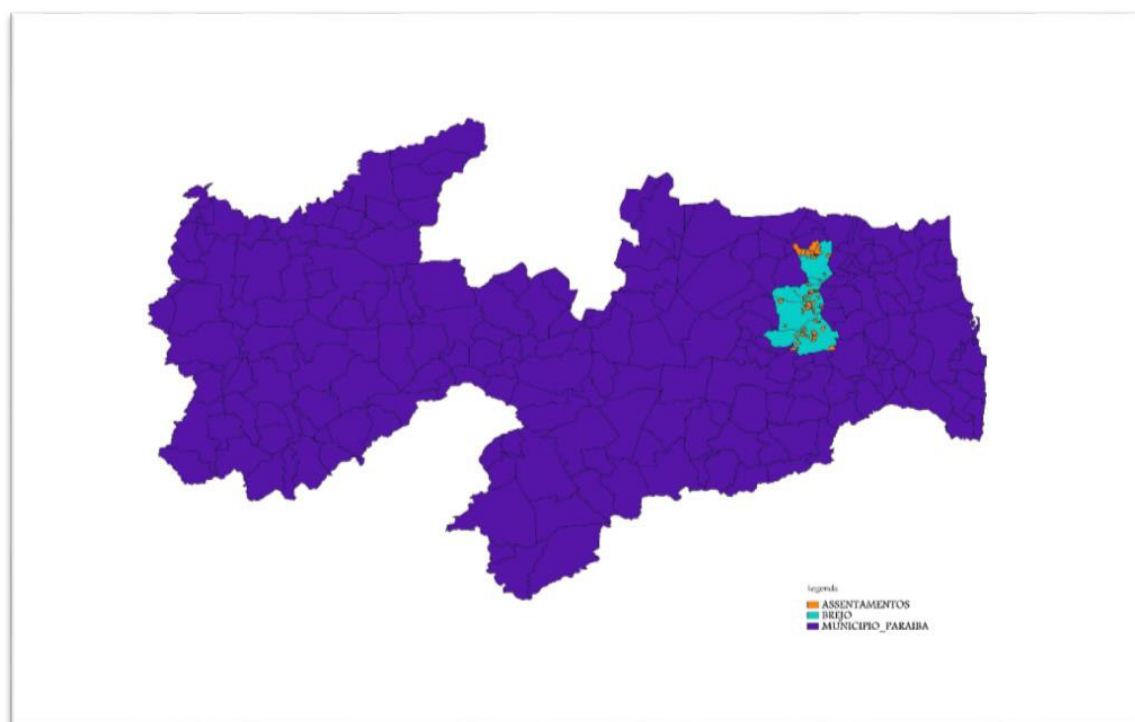


Figura 17 – Mapa da distribuição de terras para reforma agrária no Brejo da Paraíba
Fonte: Incra,2018.

4.2 Caracterização química da cinza

Na tabela 8 são apresentados os valores percentuais dos compostos químicos encontrados nas amostras de cinza analisadas.

Tabela 8 – Teores (%) dos compostos químicos nas amostras de cinza avaliadas na Cerâmica Produto Bom, em Pilões/PB.

Tratamento	P ₂ O ₅ total	CaO total	MgO total	Fe total	Zn total	Cu total	Mn total
Lenha (100%)	2,85*	23,24	5,18	0,75	0,006	0,015	0,11
Lenha + 40% coco	2,85	20,58	4,51	0,91	0,006	0,010	0,10

*Média de três amostras

Fonte: Dados da pesquisa.

Bonfim-Silva *et al* (2013) ao estudarem o efeito da cinza vegetal proveniente da queima de biomassa de eucalipto na produção e teor de clorofila do capim-marandu, verificaram que as cinzas propiciaram valores de fósforo (P₂O₅) na ordem de 1,67%, valor este inferior aos encontrados no presente estudo (2,85%). Vê-se, portanto, que a lenha utilizada no ensaio, bem como, a mistura de lenha com resíduo de coco (40%) pode contribuir para minimizar a deficiência de fósforo nos solos da região onde foi produzida a cinza, tendo em vista que os solos do município de Pilões e do entorno apresentam deficiência neste nutriente.

Para Malavolta (1987), o fósforo é importante para os processos energéticos das plantas, estimulando o crescimento e a formação do sistema radicular, sendo elemento estrutural responsável por alguns dos seus processos metabólicos.

O fósforo está entre os nutrientes com a maior capacidade de limitar a produtividade das plantas, apesar de ser absorvido em menores quantidades que o nitrogênio e o potássio, resultando em teores mínimos em folhas (RAIJ, 1991). Nas condições do cerrado o fósforo é o nutriente mais citado como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado o nutriente mais importante para a formação de pastagens (VILELA *et al*, 2002). Essa constatação também pode ser atribuída a região do Brejo paraibano, onde os solos apresentam caráter ácido e, o uso de cinza proveniente da queima de biomassa, com certeza, ajudaria a elevar o pH desses solos.

É sabido que a maioria dos solos tropicais é pobre em bases: cálcio, magnésio e potássio. Desse modo, Santos (2012) observou que o fornecimento de cálcio por meio da adubação com cinza vegetal, alterou a proporção deste nutriente em *Brachiaria brizantha*, *cultivares* Marandu e Xaraés, desempenhando, assim, um grande papel na regulação do metabolismo dessas plantas.

O cálcio é um elemento de vital importância para o crescimento de tecidos meristemáticos e para o crescimento e funcionamento apropriado das raízes. Esse nutriente influi indiretamente no rendimento das culturas ao melhorar as condições de crescimento das raízes (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Conforme citado por (SILVA *et al*, 2017), no local deste experimento, realizou-se análise química de solos com áreas de pastagens ($\text{Ca} = 0,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{Mg} = 0,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e vegetação nativa ($\text{Ca} = 0,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{Mg} = 0,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), estando ambas com deficiências e limitações químicas, com baixos valores e com acidez média ($\text{pH} = 5,7$), e que poderiam ser utilizados como parâmetros para as demais áreas do Brejo paraibano, estando os solos destinados à pecuária e vegetação natural.

O magnésio do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários, como dolomita e silicatos com magnésio (hornblenda, olivina, serpentina biotita) ou ainda em minerais de argila secundários, como clorita, illita, montmorilonita e vermiculita.

O magnésio é um nutriente mineral com funções essenciais no metabolismo da planta. Além de fazer parte da molécula de clorofila, também atua como carreador de outros nutrientes, como o fosfato, sendo ativador enzimático indispensável nos

processos de fotossíntese, respiração, síntese de nucleotídeos e de carboidratos (TAIZ *et al*, 2017).

A figura 18 mostra a ordenação dos dois tratamentos gerada através da análise de componentes principais.

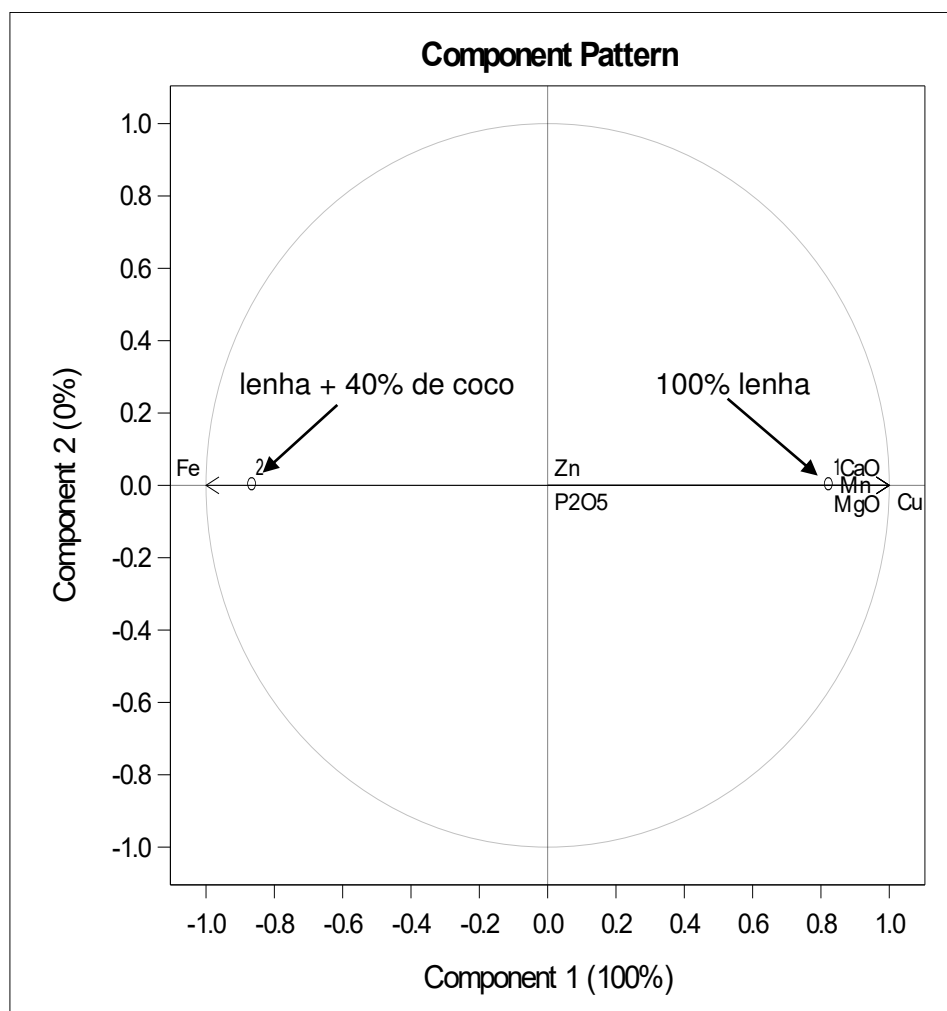


Figura 18 – Ordenação dos tratamentos com base no primeiro componentes principal.

Nota-se que os vetores das variáveis CaO, MgO e Mn, apontando na mesma direção indicam que essas variáveis se correlacionam positivamente e com correlações elevadas, enquanto o teor de ferro está no sentido contrário. Pode-se afirmar que o uso de 40% de coco na Cerâmica Produto Bom, aumenta-se o teor de ferro nas cinzas.

4.3 Viabilidade econômica

Diferentemente do que acontece aos briquetes, a utilização de resíduos de coco direto dos lixões barateia o processo industrial, além de viabilizar ecologicamente pelo não consumismo de produtos florestais da caatinga ou de qualquer outro bioma. Aqui não há custo quanto a aquisição, estando os resíduos dispostos, aleatoriamente, no aterro sanitário, ao acesso de qualquer ser vivo que deles venha aproveitar-se ou não. Uma parceria público-privada seria bem-vinda, como a que obteve com a Empresa de Lixo Urbano (EMLUR), na coleta seletiva na cidade de João Pessoa, por exemplo. E nesta autarquia municipal coletam-se, anualmente, 900 .000 kg de resíduo de coco/ano.

Sendo a ideia principal de qualquer trabalho com biomassa, a substituição parcial da matriz principal que aqui extrai-se $60\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ controle; e pelo que foi apresentado na coleta amostral, o lixão de Solânea possui um aporte semanal médio de 2.000 cocos consumidos que rendem 3.000 kg de resíduos que, se forem inseridos em lenha + resíduo de coco (40%) para a queima de tijolos na empresa testada, tem-se um aproveitamento na queima de 69.000 tijolos, ou seja, 50% dos 138.000 tijolos semanais, conforme dados obtidos: lenha + resíduo de coco (40%) – total 260 kg.

Mediu-se 86,6 kg de coco / linha, utilizando-se o tratamento com maior redução no controle - lenha + 40% de resíduo de coco passando a $0,38\text{m}^3/\text{milheiro}$ queimado. Então resulta em 45 kg de coco/milheiro, ou 6.224 kg de coco para produzir 138 milheiros na mistura informada.

5 CONCLUSÕES

Em função dos dados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- a) Há viabilidade quanto ao uso de lenha mesclada com o resíduo de coco (40%), pela facilidade de aquisição;
- b) As cinzas obtidas na Cerâmica Produto Bom com adição de lenha + resíduo de coco (40%) apresentam elevados teores de CaO e MgO com potencial para serem utilizadas na correção e adubação de solos ácidos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, citam-se:

- Aumento da substituição da casca do coco verde para se verificar a relação ideal em mistura com a lenha ou outra fonte energética;
- Desenvolver experimentos em nível de campo para aferir a real contribuição das cinzas na melhoria dos atributos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M. SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, n. 30, p. 18-30, 2016.

BEZERRA, M. D. L. **Cinza vegetal como corretivo e fertilizante no cultivo de capim-marandu em solos do cerrado mato-grossense**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, 2013.

BITENCOURT, D. V. **Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos do coco (*Cocos nucifera* L.)**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2008.

BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. Cinza vegetal: características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.

BORLINI, M. C.; SALES, H. F.; VIEIRA, C. M. F.; CONTE, R. A.; PINATTI, D. G.; MONTEIRO, S. N. Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha. Parte I: características da cinza. **Cerâmica**, v. 51, n. 319, p. 192-196, 2005.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.

CAMPANHARO, M.; MONNERAT, P. H.; RIBEIRO, G.; PINHO, L. G. R. **Utilização de cinza de madeira como corretivo de solo**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 7, 2008, Londrina. FertBio 2008: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR, UEL, p.4, 2008.

CHIRENJE, T.; MA, L. Q. Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 1-2, p. 1-17, 2002.

CORRADINI, E.; ROSA, M. F.; MACEDO, B. P. de; PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. C Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 837-846, 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos a nutrição de plantas**. In: Fertilidade do solo. NOVAES, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, B.; NEVES, J. C. L. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 676-680.

ETENE/BNB. **Informe Setorial Cerâmica Vermelha**. Fortaleza: 2010. p. 1-22.

FARIA, K. C. P.; HOLANDA, J. N. F. Incorporation of sugarcane bagasse ash waste as an alternative raw material for red ceramic. **Cerâmica**, v. 59, n. 351, p. 473-480, 2013.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 228-236, 2012.

GOMES, F. P. S. **Valorização de resíduo de cinza de serragem de madeira na produção de piso cerâmico vitrificado**. 2016. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologia. Campos dos Goytacazes. 2016.

HENRIQUES J. R. M.; RODRIGUES, J. A. P. (Orgs.). **Cerâmica Vermelha – Projeto EELA no Brasil**. Rio de Janeiro: INT/MCTIC, 2017. 135p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático de produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no a no civil**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em < file:///C:/Users/Cliente/Downloads/lspa_201701%20(1).pdf>. Acesso em 30/11/2018.

INT. Instituto Nacional de Tecnologia. Projeto EELA – Eficiência Energética para o Setor de Cerâmica Vermelha na América Latina. **Panorama da indústria de cerâmica vermelha no Brasil**. Rio de Janeiro: INT, 2012b. 83p.

INT. Instituto Nacional de Tecnologia. **Programa de Eficiência Energética en Ladrilleras Artesanales de America Latina para Mitigar el Cambio Climático - EELA: Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil**. 2012b. Disponível em: < <http://www.redladrilleras.net/assets/files/19bd4bf41c2e211a83cb42c2cfaf4b69.pdf>>. Acesso em 21/02/2019.

JESUS JR, L. A.; SANTOS, J. A. B.; MARTINS, C. R.; TOMMASI, A. C. Análise da produção da cultura do coco no Brasil, Nordeste e Sergipe. 6th **International Symposium On Technological Innovation**, v. 3, n. 1, p. 317-324, 2015.

JORDAN, M.; SÁNCHEZ, M. A.; PADILLA, L.; CÉSPEDES, R.; OSSES, M.; GONZÁLEZ, B. Kraft mill residues effects on Monterey pine growth and soil microbial activity. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, n. 3, p. 1004-1009, 2002.

LOBATO, C. C. S.; REIS, M. P.; SILVA, L. F. F.; PENISCH, D. C. S.; NAGAISHI, T. Y. R. **Aproveitamento de biomassa do coco (*Cocos nucifera* L.) para uso energético**. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. COINTER/PDVAGRO, Natal. 2017.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Propriedades químicas de solo tratado com resíduos da indústria de celulose e papel. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 169-177, 2013.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 43-52, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo, Ceres, 1987.496p.

MATERECHERA, S. A.; MKHABELA, T. S. The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. **Bioresource Technology**, v. 85, p. 9-16, 2002.

MATOS, S. R. C.; GUIMARÃES, C. C. Utilização da cinza da casca do coco verde como substituição parcial do cimento Portland em argamassas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, p. 251-259, 2017.

MEDEIROS, E. N. M. **Sistema de Gestão da Qualidade na Indústria Cerâmica Vermelha**. Estudo de caso de uma indústria que abastece o mercado de Brasília. 2006. 190p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. 2006.

MEDEIROS, E. N. M.; SPOSTO, R. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica: utilização da técnica de planejamento. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 399-404, 2010.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 133-140, 2009.

NASCIMENTO, J. A. **O circuito espacial da indústria de cerâmica vermelha no Seridó Potiguar**. 2011. 135f. Mestrado (Dissertação - Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2011.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S.; TROSSERO, M. A.; FRISK, T. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000. 144 p.

NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. **Caracterização energética da biomassa vegetal** – combustão e gaseificação de biomassa sólida. Soluções energéticas para a Amazônia. Programa Luz para Todos. Brasília: MME, 2008.

NORSTROM, S. H.; BYLUND, D.; VESTIN, J. L. K.; LUNDSTROM, U. S. Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment. **Geoderma**, v. 187-188, p. 85-93, 2012.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R. Estudo da qualidade de Cinzas Vegetais para Uso como Adubos na Região Metropolitana de Curitiba. **Revista Setor Ciências Agrárias**, v. 11, n. (1-2), p. 1-9, 1991.

OSTERAS, A. H.; SUNNERDAHL, I.; GREGER, M. The Impact of wood ash and Green Liquor Dregs Application on Ca, Cu, Zn and Cd Contents in Bark and Wood of Norway Spruce. **Water, Air, and Soil Pollution**, n. 166, p. 17-29, 2005.

PAZ, Y. M.; MORAIS, M. M.; QUEIROZ, E. S.; HOLANDA, R. M. **Indústria de cerâmica vermelha: uma discussão acerca dos impactos ambientais**. In: 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves/RS, 2016.

PINHEIRO, G.; RENDEIRO, G.; PINHO J. Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 199-208, 2004.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. Panorama da indústria cerâmica brasileira na última década. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 1, p.7-11, 2013.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343 p.

REIS, A. P.; AMATO NETO, J. Aprendizagem por cooperação em rede: práticas de conhecimento em arranjos produtivos locais de software. **Revista Produção**, v. 22, n. 3, p. 3345-355, 2012.

ROCHA, A.L. **Alternativas para o abastecimento energético dos fornos de indústrias cerâmicas localizadas no município de São Miguel do Guamá-PA**. 2013. 128f. Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará, Belém. 2013.

SAMPAIO, A. R.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 499-503, 2008.

SANTOS, C. C. S. **Cinza vegetal como corretivo e fertilizante para os capins Marandu e Xaraés**. 2012. 127f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis. 2012.

SANTOS, M.J.B. **A indústria ceramista em Carnaúba dos Dantas – RN**. 2015. 90p. Mestrado (Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró. 2015.

SCHWOB, M. R. V.; HENRIQUES JUNIOR, M. F.; CARLOS, M. E. M.; PACHECO, L. F. L.; CANDIDO, R. S. Panorama do Setor de Cerâmica Vermelha no Brasil. HENRIQUES JR., M. F.; RODRIGUES, J. A. P. (Orgs). **Cerâmica Vermelha – Projeto EELA no Brasil**. Rio de Janeiro: INT/MCTIC, 2017. p. 13-49.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Boletim de Inteligência**. Construção Civil. Dezembro, 2015. p. 1-5.

SILVA, S. Y. A. M. da; SILVA, T. I.; MOURA, J. G.; SOUSA, L. V.; RODRIGUES, E. V.; BONIFÁCIO, F. R. L. **Comparação de atributos químicos de solo em área de vegetação nativa e pastagem**. In: IV Reunião Nordestina de Ciência do Solo. Novembro, Teresina, 2017.

SKRIFVARS, B. J.; BACKMAN, R.; HUPA, M. Characterization of the sintering tendency of ten biomass ashes in FBC conditions by a laboratory test and by phase equilibrium calculations. **Fuel Processing Technology**, v. 56, n. 1-2, p. 55-67, 1998.

SOFIATTI, V.; LIMA, R. L. S.; GOLDFARB, M.; BELTRÃO, N. E. de M. Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 144-152, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TERRA, M. A.; LEONEL, F. F.; SILVA, C. G.; FONSECA, A. M. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. **Revista Agro-geoambiental**, v. 6, n. 1, p. 11-17, 2014.

UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina. Portal virtuhab. **Cerâmica vermelha**. [s. d.] Disponível em < <http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/ceramica-vermelha/>>. Acesso em 21/02/2019.

VERAS, R. P.; BEZERRA, S. S.; VERAS, R. P. Impactos ambientais provocados pela queima de lenha nas cerâmicas do município de Parelhas/RN. **Revista Litteris**, n. 12, p. 1-11, 2013.

VILELA, L. *et al.* Calagem e adubação para pastagens. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa/CPAC, 2002. p. 367-382.

ZHANG, F. S.; YAMASAKI, S.; NANZYU, M. Waste ashes for use in agricultural production: I. Liming effect, contents of plants nutrients and chemical characteristics of some metals. **Science Total Environment**, v. 284, p. 215-225, 2002.

ZIMMERMANN, S.; FREY, B. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1727-1737, 2002.