

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDER LOBO ROCHA

**ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO ENERGÉTICO DOS
FORNOS DE INDÚSTRIAS CERÂMICAS LOCALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ-PA**

BELÉM
2013

ALEXANDER LOBO ROCHA

**ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO ENERGÉTICO DOS
FORNOS DE INDÚSTRIAS CERÂMICAS LOCALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ-PA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Renato Martins das Neves.

BELÉM
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UFPA, Belém-Pa

Rocha, Alexander Lobo.

Alternativas para o abastecimento energético dos fornos de indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá – PA / Alexander Lobo Rocha. – 2013.

126 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Curso de Mestrado do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Pará, 2013.

1. Engenharia Civil. 2. Bioenergia. 3. Biomassa. 4. Cerâmica Vermelha. – II.
Título.

CDD – 22. ed. 624

ALEXANDER LOBO ROCHA

**ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO ENERGÉTICO DOS
FORNOS DE INDÚSTRIAS CERÂMICAS LOCALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ-PA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Martins das Neves
Orientador

Prof. Dr. Manoel Fernandes Martins Nogueira
Membro Externo

Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Membro Interno

A minha esposa, Renata, à nossa filha Rachel Rocha, ao meu pai, Renato Rocha, à minha mãe Maria Elina, que me apoiaram de várias formas demonstrando com isso muito amor. Ao meu irmão Marcelo.

AGRADECIMENTOS

Ao autor da vida e meigo mestre Jesus, que por sua vontade e fidelidade, permitiu a realização deste trabalho, iluminando o meu coração durante esta caminhada, proporcionando-me saúde física e emocional.

À minha amada esposa Renata, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem nos momentos de dificuldades, suportando em muitas ocasiões o incômodo de minha ausência. Quero agradecer também a minha filha Rachel, que embora tão pequena e com pouco entendimento, de maneira especial me motivou.

Ao meu pai Renato, homem trabalhador e exemplo de honestidade e responsabilidade, pelo apoio indispensável à minha formação pessoal e acadêmica. Suas simples palavras me trouxeram uma enorme motivação para prosseguir...

À Maria Elina, minha mãe, pela doce companhia, por seus ensinamentos, suas orações, pela sua dedicação e pelo seu amor maior que minha gratidão.

Ao meu querido irmão Marcelo e família, pelo exemplo de vida e parceria.

Aos meus sogros José de Ribamar e Celízia Guimarães, pelo incentivo, orações e amizade.

Ao professor Dr. Renato Martins das Neves, meu orientador, pela oportunidade oferecida e credibilidade depositada.

A todos os professores do PPGEC/UFGA, além dos professores Manoel Fernandes Martins Nogueira (UFGA), José Roberto Rodrigues (SINDUSCON/PA) e José Edmundo Accioly de Souza da (UFAL) pela gentileza em servir com valiosas contribuições.

Ao Sr. Raimundo G. Barbosa "Barbosinha", ex-presidente do SINDICER - São Miguel do Guamá e sua secretária, Maria de Nazaré que não mediram esforços em ajudar, especialmente intermediando o acesso às indústrias cerâmicas pesquisadas.

A todos os ceramistas entrevistados, que gentilmente abriram as portas de suas indústrias, colaborando com todas as informações indispensáveis à realização desta pesquisa.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) pelo suporte prestado, substancial a realização dos meus estudos desenvolvidos ao longo do mestrado.

Aos meus colegas de mestrado e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Diferenciais econômicos e ambientais incorporados a energia da biomassa têm impulsionado a difusão do fornecimento e utilização de biocombustíveis em países desenvolvidos e em desenvolvimento. No Estado do Pará (Brasil), a crescente procura por pó de serragem, caroço de açaí e lenha legalizada, especialmente, relacionada com a atuação de indústrias cerâmicas localizadas no município de São Miguel do Guamá (Pará) e outros segmentos industriais, aponta para uma possível tendência à escassez desses recursos energéticos. Deste modo, necessitando de iniciativa para a busca de combustíveis alternativos que sejam capazes não somente de garantir o suprimento energético indispensável à produção cerâmica atual e futura dessas indústrias, mas também de assegurar a continuidade e preservação dos recursos naturais renováveis da região. Este trabalho consolida pesquisa junto a empresas associadas ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas de São Miguel do Guamá, que estão localizadas neste município, utilizando como amostra empresas ceramistas que buscam alternativas em bioenergia, sendo também pesquisados agroindústrias e agricultores presentes nos demais Municípios do Estado do Pará. Objetiva-se a identificação de alternativas para o suprimento energético em fornos cerâmicos, considerando o aproveitamento de fontes energéticas renováveis e oportunidades para redução dos custos de sua aquisição por meio da prática do frete de retorno. Utilizou-se como estratégia de pesquisa o estudo de caso em cinco momentos de entrevistas semiestruturadas orientadas por questionários. Os resultados obtidos indicam que há oportunidade de oferta de biomassa combinante com as necessidades das empresas ceramistas pesquisadas, com potencial para atender demanda energética reprimida e permitindo a continuidade de negócios estratégicos no Pará, como neste momento, o crescente setor da construção civil.

Palavras-chave: Bioenergia. Biomassa. Cerâmica Vermelha. Construção Civil.

ABSTRACT

Economic and environmental differentials incorporated biomass energy has driven the spread of supply and use of biofuels in developed and developing countries. In the state of Pará (Brazil), the growing demand for biomass like acai lump and legalized firewood, specially related to the performance of the ceramic industry in the São Miguel do Guamá county and other industrial segments, pints to a possible shortage of these energy resources. Thus, initiative is needed to search for alternative fuels that are capable of not only ensuring the energy supply necessary for the current and future ceramic production of these industries, but also to ensure the continuation and conservation of renewable natural resources in the region. This work consolidates research among member companies of the Association of Ceramics Industries of São Miguel do Guamá, which are located in this municipality, using as a sample the ceramic companies seeking alternative bioenergy, along with the research among the agro-industries and farmers present in other municipalities of the state of Pará. The objective is to identify alternatives for energy supply in ceramic kilns, considering the use of renewable energy sources and opportunities for reducing the cost of its acquisition through the practice of return shipping. It was used as a research strategy case study in five moments of semi-structured interviews guided by questionnaires. The results obtained indicate that there is opportunity to supply biomass matched with the needs of the surveyed ceramic companies, with the potential to meet repressed energy demands and allowing the continuation of strategic business in Pará, as at this time, the growing civil construction industry.

Keywords: Bio-energy. Biomass. Red Ceramics. Civil Construction.

LISTA DE SIGLAS

ABC	- Associação Brasileira de Cerâmica
ANICER	- Associação Nacional da Indústria Cerâmica
BPF	- Baixo Ponto de Fluidez
CENBIO	- Centro Nacional de Referência em Biomassa
CEPROF-PA	- Cadastro de Exploradores e Consumidores de Produtos Florestais do Estado do Pará
CVPC	- Cerâmica Vermelha para Construção
DEMA	- Delegacia Especializada em Meio Ambiente
ETENE	- Escritório de Estudos Econômicos do Nordeste
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IE	- Instituto Ecológica
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PAC	- Programa de Aceleração do Crescimento
PCI	- Poder Calorífico Inferior
PCS	- Poder Calorífico Superior
SINDICER	- Sindicato das Indústrias Cerâmicas
SMG	- São Miguel do Guamá

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização do Município de São Miguel do Guamá	14
Figura 2 -	Classificação dos tipos de biomassa	30
Figura 3 -	Principais grupos das fontes de biomassa e fluxograma de processos de conversão energética	31
Figura 4 -	Fluxograma de Transporte de Resíduos nas Formas sem processamento e Adensados no local da coleta	54
Figura 5 -	Fluxograma de Transporte de resíduos nas formas sem processamento e adensados no local da queima	54
Figura 6 -	Delineamento da pesquisa	63
Figura 7 -	Universos e amostra investigadas no estudo de caso	73
Figura 8 -	Fases correspondentes a inserção de novas biomassas	99
Figura 9 -	Formas de fornecimento da produção cerâmica das 06 (seis) indústrias entrevistadas no quarto momento de entrevistas semi-estruturadas	105
Figura 10 -	Combustíveis utilizados nos fornos das indústrias cerâmicas entrevistadas	106
Figura 11 -	Consumo mensal de combustíveis das indústrias “L”, “Y” e “T”	107
Figura 12 -	Dificuldades encontradas pelas 06 (seis) indústrias pesquisadas..	110
Figura 13 -	Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal	115
Figura 14 -	Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal	116
Figura 15 -	Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal	116
Figura 16 -	Municípios do Estado do Pará com potencial para oferta de biomassa vegetal	117

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 -	Produção brasileira de cerâmica vermelha (em bilhões de unidades)	21
Tabela 2 -	Produção brasileira de cerâmica vermelha (10 ⁹ peças)	21
Tabela 3 -	Produção brasileira por Região (mil milhares/mês) – 2008	21
Tabela 4 -	Produção brasileira de cerâmica vermelha (em bilhões de unidades)	22
Tabela 5 -	Municípios atendidos e as distâncias percorridas para o fornecimento de produtos cerâmicos oriundos do distrito industrial de SMG	24
Tabela 6 -	Consumo de pó de serragem nas indústrias cerâmicas de SMG ..	24
Tabela 7 -	Consumo energético mundial a partir de combustíveis a base de madeira em 2005 (PJ)	26
Tabela 8 -	Produção mundial dos principais produtos agrícolas para a geração de energia	27
Tabela 9 -	Produção agrícola de lavouras permanentes	31
Tabela 10 -	Produção agrícola de lavouras temporárias	32
Tabela 11 -	Disponibilidade de resíduos agroindustriais	36
Tabela 12 -	Caracterização energética de biomassa vegetal	46
Tabela 13 -	Classificação da eficiência de combustão de biomassas vegetais..	47
Tabela 14 -	Fatores de conversão para quantificação de resíduos gerados	48
Tabela 15 -	Distâncias rodoviárias entre Municípios produtores e São Miguel do Guamá	50
Tabela 16 -	Cálculo do custo por tonelada de resíduo de biomassa transportada sem processamento	53
Tabela 17 -	Quantidade de resíduos gerados a partir de suas respectivas produções	56
Tabela 18 -	Municípios responsáveis pela produção de mais de uma cultura ..	57
Tabela 19 -	Consumo de argila e produção cerâmica mensal das indústrias cerâmicas do primeiro universo	74
Tabela 20 -	Classificação do perfil de cada indústria	75
Tabela 21 -	Estimativa da quantidade de energia térmica demandada para produção cerâmica das indústrias “L”, “Y” e “T”	108
Tabela 22 -	Estimativa da quantidade de energia térmica gerada na combustão de resíduos agrícolas	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais grupos de vegetais não lenhosos	32
Quadro 2 - Questionário aplicado ao 1° universo de indústrias cerâmicas	65
Quadro 3 - Questionário aplicado ao 2° universo de indústrias cerâmicas	66
Quadro 4 - Questionário aplicado ao 4° universo de indústrias cerâmicas	66
Quadro 5 - Questionário aplicado a amostra de indústrias cerâmicas	67
Quadro 6 - Questionário aplicado ao 3° universo de indústrias cerâmicas	68
Quadro 7 - Municípios dos mercados consumidores atendidos pela produção cerâmica das indústrias	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA E PROBLEMA DA PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 PRESSUPOSTOS	18
1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA	19
1.6 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 PANORAMA DA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL	21
2.2 ASPECTOS RELEVANTES DO DISTRITO INDUSTRIAL CERÂMICO DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ	24
2.3 FONTES DE BIOMASSA RENOVÁVEL EXISTENTES NO MUNDO E NO BRASIL	26
2.3.1 Resíduos vegetais	31
2.3.2 Resíduos industriais	36
2.3.3 Resíduos florestais	37
2.4 PANORAMA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO ESTADO DO PARÁ	38
2.4.1 Disponibilidade de biomassa para fins energéticos	38
2.4.1.1 Dendê	39
2.4.1.2 Arroz	40
2.4.1.3 Cana-de-açúcar	40
2.4.1.4 Coco-da-Baía	40
2.4.1.5 Açaí	41
2.4.1.6 Mandioca	42
2.4.1.7 Cacau	43
2.4.1.8 Castanha do Pará	44
2.4.1.9 Cupuaçu	44
2.4.1.10 Milho	44
2.4.2 Fatores de conversão para o cálculo da geração de resíduos	47
2.4.3 Distâncias rodoviárias dos Municípios produtores de biomassa para SMG	48
2.5 ANÁLISE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA VEGETAL EM FORNOS DE INDÚSTRIAS CERÂMICAS	52
2.5.1 Preparação e o transporte	52
2.5.2 Quantificação mensal dos resíduos gerados por Municípios com maior produção agrícola do Estado do Pará	55
2.6 MITIGAÇÃO DE CUSTOS	59
3 METODOLOGIA	61
3.1 CARACTERIZAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA	61

3.1.1 Revisão bibliográfica	64
3.1.2 Roteiro para entrevistas semi-estruturadas	64
3.1.3 Diretrizes para entrevistas semi-estruturadas	68
3.1.4 Estudo de caso	70
3.1.4.1 Resultados, análises e conclusões	71
4 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS	73
4.1 RESULTADOS DO PRIMEIRO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: indústrias localizadas no município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER	74
4.2 RESULTADOS DO SEGUNDO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: médias indústrias localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER	76
4.3 RESULTADOS DO TERCEIRO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: Municípios produtores com potencial para fornecerem biomassas de resíduos vegetais não lenhosos	77
4.3.1 Município de Belém	77
4.3.1.1 Açaí	77
4.3.1.2 Castanha do Pará	78
4.3.2 Município de Castanhal	79
4.3.2.1 Açaí	79
4.3.2.2 Cupuaçu	79
4.3.3 Município de Bragança	80
4.3.3.1 Arroz	80
4.3.3.2 Mandioca	81
4.3.3.3 Milho	81
4.4 RESULTADOS DO QUARTO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: A mostra das indústrias que possuem em comum mais de um mercado consumidor	82
4.4.1 Indústria cerâmica “L”	82
4.4.2 Indústria cerâmica “Y”	83
4.4.3 Indústria cerâmica “T”	84
4.4.4 Indústria cerâmica “V”	85
4.4.5 Indústria cerâmica “H”	86
4.4.6 Indústria cerâmica “K”	87
4.5 RESULTADOS DO QUINTO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: Indústrias cerâmicas que recebem crédito de carbono..	89
4.5.1 Indústria cerâmica “F”	89
4.5.2 Indústria cerâmica “V” e “M”	90
4.5.3 Indústria cerâmica “U”	93
4.5.4 Indústria cerâmica “P”	95
4.6 REUNIÃO E AGRUPAMENTO DOS RESULTADOS	97
4.6.1 1º Grupo: Fontes de evidências para identificação de oportunidades de combustíveis alternativos	97

4.6.2 2° Grupo: Fontes de evidências para viabilidade da redução de custos com aquisição dos novos combustíveis	98
4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS ENTREVISTAS	98
4.7.1 Quanto ao perfil das indústrias cerâmicas e aquelas que recebem crédito de carbono	100
4.7.2 Quanto às indústrias cerâmicas que possuem em comum mais de 01 (um) mercado consumidor e os Municípios representados por estes mercados	101
4.7.3 Quanto às oportunidades de combustíveis (alternativos) de biomassa de resíduos agrícolas, de extrativismo vegetal ou de segmentos agroindustriais	102
4.7.4 Quanto aos demais aspectos das indústrias cerâmicas que possuem em comum mais de um mercado consumidor	104
4.7.5 Quanto às indústrias cerâmicas que recebem crédito de carbono	110
4.7.6 Análise econômica no âmbito do transporte de novos combustíveis alternativos	111
4.7.6.1 Consumo da atual biomassa (t)	111
4.7.6.2 Consumo mensal da casca de castanha do Pará (t)	112
4.7.6.3 Total de quilômetros percorridos em 01 (um) mês de fornecimento de casca da castanha do Pará	112
4.7.6.4 Custo total de 01 (um) mês de frete para transporte da casca da castanha do Pará	112
4.7.6.5 Custo por tonelada de casca da castanha do Pará	112
4.7.6.6 Distância máxima viável para o transporte de biomassa vegetal	113
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
REFERÊNCIAS	121

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E PROBLEMA DA PESQUISA

O segmento de edificações sendo altamente demandante de recursos naturais e essencialmente dependente de materiais de construção exerce um importante papel na economia nacional além de ser responsável pela geração de milhares de empregos.

Dentre os materiais tradicionalmente utilizados por este segmento destacam-se aqueles identificados como cerâmica vermelha para construção (CVPC), os quais são produzidos a alta temperatura, usando como fonte de energia a biomassa obtida de vegetais não lenhosos e de lenhosos em algumas situações irregulares. As indústrias do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá (SMG), município pertencente à mesorregião do Nordeste Paraense (ver Figura 1), ao longo dos anos experimentaram em seus fornos cerâmicos a utilização de três diferentes tipos de biomassas para produção de CVPC.

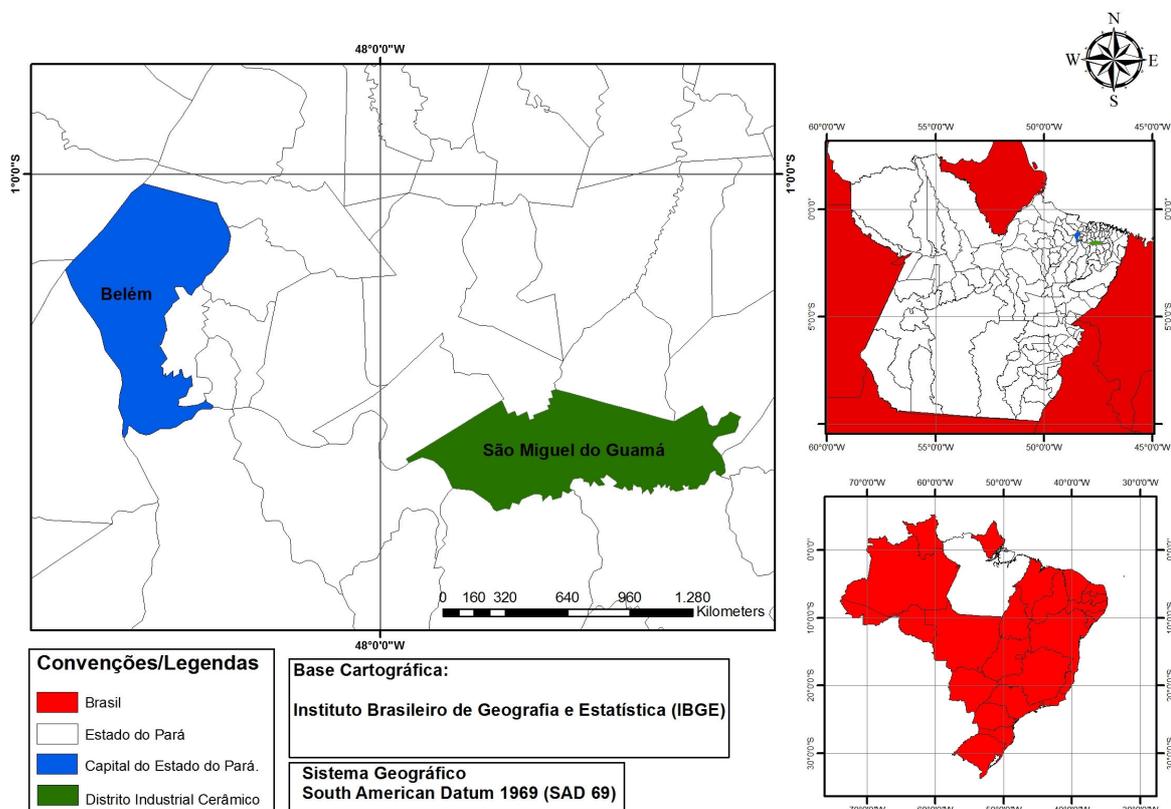


Figura 1 - Mapa de localização do Município de São Miguel do Guamá
Fonte: Elaborada pelo autor.

Em sua fase artesanal e em parte de seu período industrial essas cerâmicas utilizaram a lenha nativa e no segundo momento deste período até os dias atuais o pó de serragem, o caroço de açaí e a lenha de resíduos de serrarias legalizadas.

Os motivos que levaram essas indústrias a migrarem para o uso de outro tipo de combustível foram o rigoroso controle adotado pelas fiscalizações realizadas ao longo dos anos por parte de órgãos ambientais Estaduais e Federais e a indisponibilidade da biomassa de lenha nativa decorrente de sua escassez, provocada pela intensa devastação florestal ocorrida também no em torno do município em questão.

Consoante à possibilidade de se identificar novos combustíveis para os fornos cerâmicos das indústrias em destaque importa ressaltar que para alguns ceramistas de outras regiões do País a experiência vivenciada com o aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais para fins energéticos em fornos cerâmicos mostrou-se positiva em virtude da grande quantidade de biomassa residual gerada a partir das culturas envolvidas e principalmente pelo potencial de energia térmica possível de ser obtido na combustão desses resíduos (SOUZA, 2011; ANICER, 2012; CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008; NOGUEIRA; RENDEIRO, 2008; HALL; HOUSE; SCRASE, 2005).

No âmbito da região Norte denota-se que essa disponibilidade poderia ser favorecida não apenas pelo volume de resíduos vegetais gerados pelas atividades agroindustriais ou agrícolas praticadas na região, mas também pela diversidade desses resíduos uma vez que dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) revelam a existência de aproximadamente dez tipos de culturas agrícolas sendo praticadas na maioria dos 144 Municípios do Estado do Pará.

Assim, em face da disponibilidade de resíduos agroindustriais¹, florestais² e extrativismo vegetal, e considerando, em suas diversas formas³ de utilização, o potencial calorífico presente nessas biomassas renováveis, acredita-se ser viável e ambientalmente promissora a utilização desses resíduos em fornos de indústrias

¹ Entendem-se como resíduos agroindustriais aqueles provenientes do beneficiamento de produtos agrícolas, tais como o arroz, milho, cana-de-açúcar, coco da baía, etc.

² Os tipos de resíduos gerados são casca, cavaco, costaneira, pó de serra, maravalha e aparas.

³ Souza (2011) explica que as principais formas de utilização de resíduos agrícolas para fins energéticos em fornos cerâmicos são picotado, enfardado, briquetado e peletizado, podendo ainda ser usado sem processamento.

cerâmicas, uma vez que representa uma oportunidade para a inserção de novas fontes na matriz energética desses segmentos, substituindo principalmente a lenha nativa a baixo custo e ainda sendo representados como recursos energéticos limpos e inesgotáveis (DEMIRBAS, 2005). Para Hall, House e Scrase (2005, p. 29) “Considerar somente a lenha como fonte de biomassa é um erro, pois faz com que o uso de outras fontes, como carvão vegetal, resíduos agrícolas sazonais, resíduos florestais e esterco de aves seja ignorado em muitos países”.

Ante o contexto abordado admite-se que a oferta de novos resíduos de biomassa renovável na matriz energética das indústrias cerâmicas, será voltada ao Distrito Industrial Cerâmico localizado no município de São Miguel do Guamá. Nele a atividade cerâmica é representada pela presença de aproximadamente 42 indústrias onde nelas são fabricados tijolos (dois furos, seis furos, oito furos e maciços) e telhas (plan, comum e capote). Ressalta-se que o fortalecimento deste distrito, que o tornou o mais importante da região norte do Brasil se deu, de acordo com Cordovil (2010) pela nova fase industrial de produção, caracterizada pela incorporação de equipamentos (caixão alimentador, fornos e esteiras) e máquinas (tratores, retroescavadeiras, marombas, prensas e robôs) que modernizaram o processo produtivo da cerâmica vermelha e com isso permitiram a garantia do fornecimento a diversos mercados consumidores, tais como Belém (maior mercado consumidor), Marituba, Ananindeua, Santa Isabel do Pará, Benevides e outros Municípios.

Diante do exposto e considerando a possibilidade da oferta atual dos combustíveis de resíduos vegetais se tornar escassa, torna-se relevante a realização desta pesquisa uma vez que contribui para o enfretamento do problema da falta de resíduos oriundos de indústrias madeireiras e de agroindústrias que beneficiam o açaí, ambos utilizados como combustíveis na etapa de queima das peças cerâmicas.

Dessa forma, esta dissertação busca responder à questão central que fundamentou o tema de pesquisa, sendo esta:

“Quais são as melhores opções de resíduos vegetais não lenhosos disponíveis para fins energéticos em fornos cerâmicos das indústrias localizadas no município de São Miguel do Guamá?”

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Identificar oportunidades para o abastecimento energético dos fornos das indústrias cerâmicas em estudo, considerando para tanto a disponibilidade e o aproveitamento de resíduos vegetais não lenhosos e meios de redução dos custos de aquisição desses combustíveis.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar quais os tipos de resíduos vegetais não lenhosos são atualmente aproveitados em fornos das indústrias cerâmicas do Brasil;
- Determinar a demanda energética atual das indústrias cerâmicas pesquisadas bem como o potencial energético dos resíduos selecionados para pesquisa;
- Levantar a presença de atividades agrícolas, agroindustriais e de extrativismo vegetal nos vários Municípios do Estado do Pará bem como a distância desses Municípios em relação ao município de São Miguel do Guamá.

1.3 JUSTIFICATIVA

A atividade econômica mundial vem adotando profundas mudanças em seu estilo de produção, resultando em um modelo de desenvolvimento sustentável, apoiado principalmente na redução da demanda por recursos naturais e na utilização de tecnologias capazes de conter o avanço das emissões, destacando que no caso de uma cadeia de suprimento, até 50% do total das emissões de Gases de Efeito Estufa é resultado da fabricação (EMMETT; SOOD, 2010).

No Brasil, a demanda energética em franco crescimento, associada a problemas ambientais, sociais e econômicos têm conduzido à procura por fontes renováveis de energia que assegurem o desenvolvimento sustentável no país (SOUZA, 2011). Nesse contexto, a bioenergia assume importante papel na contribuição para meios de vida sustentáveis, ajudando a resolver problemas

ambientais, como a degradação da terra ou eliminação de resíduos agrícolas (LARSON; KARTHA, 2000).

Hall, House e Scrase (2005) observam que os resíduos industriais, agrícolas e florestais podem ser usados como fonte de biomassa além de possuírem o potencial mais elevado de mitigação de todas as fontes de energia renovável (IEA, 2007).

No município de São Miguel do Guamá, a atividade industrial cerâmica apesar de ser atendida pela oferta energética de biomassa renovável como o pó de serragem, caroço de açaí e lenha legalizada se vê a procura de novas oportunidades de combustíveis alternativos, uma vez que a oferta daqueles combustíveis tem revelado tendência para escassez em consequência de sua procura ocorrer inclusive por parte de outros segmentos industriais. Desse modo, ao propor a oferta de novas oportunidades de combustíveis renováveis, estará sendo promovida a garantia do suprimento energético a este segmento além de evidenciada a efetiva participação da cadeia produtiva da construção civil às demandas ambientais, atualmente discutidas no Brasil e no mundo.

Pelo exposto, verifica-se a necessidade da pesquisa, considerando as implicações de natureza ambiental, social, e econômica, no momento em que a sociedade busca alternativas viáveis para o crescimento econômico sustentável da Região Amazônica.

1.4 PRESSUPOSTOS

Frente à questão de pesquisa apresentada anteriormente pressupõe-se que:

- A oferta de resíduos com potencial de geração de energia térmica comprovada e com elevado volume de produção;
- Resíduos oriundos de Municípios localizados próximo ao município de São Miguel do Guamá;
- Resíduos encontrados em Municípios atendidos pela produção cerâmica das indústrias pesquisadas.

1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As limitações assumidas para esta pesquisa possuem relação direta com os objetivos nela apresentados, os quais visam à oferta apenas de combustíveis de resíduos de biomassa vegetal não lenhosa, oriundos de Municípios localizados no Estado do Pará. Entretanto investigar todas as possibilidades de combustíveis existentes nos 144 Municípios do referido Estado não tornaria a pesquisa exequível.

Desse modo para viabilidade do estudo de caso foram adotadas as seguintes restrições:

- Pesquisa a pequenas ou médias indústrias que além de associadas ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER) encontravam-se localizadas no município de São Miguel do Guamá;
- Dentro do universo acima apresentado, pesquisa apenas as indústrias cerâmicas que possuíam em comum mais de um mercado consumidor dos seus produtos cerâmicos;
- Identificação da possível oferta de resíduos apenas em Municípios atendidos pela produção cerâmica de mais de uma indústria cerâmica acima pesquisada. Sendo considerada unicamente a quantidade máxima de 03 (três) Municípios;
- Resíduos de biomassa identificados para oferta em fornos cerâmicos com potencial de geração de energia térmica comprovado por meio de estudos e pesquisas já realizadas e com poder calorífico inferior (PCI) próximo de 12,56MJ/kg.

1.6 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

Estruturada em seis capítulos, a presente pesquisa reúne evidências apoiadas em referências teóricas e em dados levantados em campo, todos visando atingir o objetivo geral da pesquisa. Assim os assuntos nela abordados apresentaram-se da seguinte forma:

No primeiro capítulo encontra-se a introdução, nela são apresentados o tema e o problema da pesquisa bem como seus objetivos, justificativa, hipóteses, delimitações e limitações e finalmente a estrutura dos capítulos constituídos na pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica que visa reunir a fundamentação teórica do trabalho. Assim os assuntos nela abordados referem-se a indústria cerâmica vermelha no Brasil, aspectos relevantes do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, tipos de biomassas renováveis existentes no mundo e no Brasil, panorama da produção agrícola no Estado do Pará, análise econômica da utilização de resíduos de biomassa vegetal em fornos cerâmicos e formas de mitigação dos custos de aquisição desses combustíveis.

O terceiro capítulo trata do método adotado para pesquisa, iniciando com a caracterização e delineamento da pesquisa, apresentando na sequência a ordem de procedimentos empregados na elaboração da revisão bibliográfica, no roteiro para entrevistas semi-estruturadas e suas diretrizes, para o estudo de caso e para os resultados, análises e conclusões.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos nas entrevistas realizadas no estudo de caso e a análise desses resultados, apresentando gráficos e estimativas da demanda energética de três indústrias cerâmicas pesquisadas e a oferta energética a partir da queima de resíduos do arroz do milho e da mandioca.

O quinto capítulo apresenta as conclusões e considerações finais além da resposta à questão de pesquisa e recomendação para trabalhos futuros.

No capítulo final são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na dissertação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PANORAMA DA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL

No Brasil, o segmento das Indústrias de cerâmica vermelha produz insumos muito utilizados na construção civil como: tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, lajotas e outros. No caso das lajotas, embora seja comum associá-las a esse segmento, de acordo com a ABC (2012) o mais correto é enquadrá-las como materiais de revestimento. De acordo com Gallucci e Cunha (2008) a cerâmica vermelha insere-se no setor de não metálicos, juntamente com cimento, cerâmica de revestimento, vidro e cal.

Caracteriza-se ainda por ser um segmento formado em sua maior parte por pequenas e médias empresas, as quais utilizam processos de produção com características artesanais muito fortes, resultando em baixa produção e rentabilidade, onde a maioria da mão de obra é familiar e a oferta de emprego é assegurada por operários de baixa qualificação profissional.

Nos últimos vinte anos houve um número expressivo de empresas que encerraram suas atividades em decorrência de fatores como baixa participação da construção civil no PIB do país, maior competitividade entre os produtos da cerâmica vermelha e maior controle da legislação ambiental (ARAGÃO et al, 2008), todavia Cabral Júnior et al (2011, p. 24) observam que: “Se por um lado ocorreu este decréscimo, a produção média por empresa subiu substancialmente, passando das 370.000 peças/mês para números superiores a 1.000.000 de peças/mês.”

A Tabela 1 apresenta a produção brasileira de cerâmica vermelha (em bilhões de unidades) nos anos de 2001 a 2005, considerando os dois produtos tradicionalmente utilizados na construção civil. Percebe-se que nos anos de 2001 a 2004 tanto o volume de produção de Blocos/Tijolos quanto o de telhas foi o mesmo. Tendo o volume de blocos e tijolos quase dobrado e o de telhas triplicado no ano de 2005. Pode-se observar ainda que em 2005 foram produzidas 63,6 bilhões de peças, das quais 75% foram blocos e tijolos cerâmicos.

Tabela 1 - Produção brasileira de cerâmica vermelha (em bilhões de unidades)

PRODUTOS	2001	2002	2003	2004	2005
Blocos/tijolos	25,5	25,2	25,2	25,2	48
Telhas	4,6	4,6	4,6	4,6	15,6
TOTAL	30,1	29,8	29,8	29,8	63,6

Fonte: Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER).

Proposta pelo Ministério das Minas e Energia, a estimativa presente na Tabela 2 compreende a produção brasileira de cerâmica vermelha nos anos de 2006, 2007 e 2008, em bilhões de peças. Observa-se que de 2006 a 2008 o aumento na produção das peças cerâmicas foi de aproximadamente 12%, sendo o maior salto da produção, registrado entre os anos de 2007 e 2008, de aproximadamente 6%.

Tabela 2 - Produção brasileira de cerâmica vermelha (10⁹ peças)

PRODUTOS	2006	2007	2008
Blocos/tijolos	49,7	52,1	55,2
Telhas	16,2	17,4	18,4
TOTAL	65,9	69,5	73,7

Fonte: Estimativa do Ministério das Minas e Energia (apud ETENE, 2010, p. 9).

A Tabela 3 apresenta, até o ano de 2008, a produção regional de cerâmica vermelha (mil milhares/mês) no Brasil, nela percebe-se que a maior produção representada por 44,38% foi atribuída à região sudeste, seguida da região sul por 21,34% e região nordeste por 21,25%. Nota-se que a região norte foi a que menos contribui com a produção nacional de cerâmica vermelha (4,34%), seguido da região centro-oeste com 8,69%.

Tabela 3 - Produção brasileira por Região (mil milhares/mês) – 2008

REGIÃO	PRODUÇÃO	%
Nordeste	1.595,88	21,25
Sudeste	3.332,94	44,38
Sul	1.602,63	21,34
Norte	325,93	4,34
Centro Oeste	652,62	8,69
Total	7.510,00	100

Fonte: Anuário Brasileiro de Cerâmica/ANICER, até 2005; Estimativa DTTM/SGM/MME para 2006, 2007 e 2008 (apud ETENE 2010, p. 10).

Considerando a classificação de indústrias cerâmicas no Brasil, Santos (2003), propôs definir o perfil de uma empresa cerâmica a partir do consumo de argila e do volume de produção. A Tabela 4 apresenta o perfil da empresa cerâmica classificada em: microempresa, pequena empresa, média e grande. Nota-se que a definição apresentada não discrimina o volume de produção por produto, mas percebe-se que o consumo de argila utilizado pela microempresa chega ao valor máximo de 15% do consumo atribuído a grande empresa.

Tabela 4 - Produção brasileira de cerâmica vermelha (em bilhões de unidades)

Perfil	Consumo de argila m³/mês	Produção peças
Microempresa	150	Até 100 mil
Pequena empresa	150 e 700	100 e 300 mil
Média	700 e 1000	300 e 800 mil
Grande	Mais de 1000	Acima de 800 mil

Fonte: SEBRAE (2012).

Os dados informados pelas duas principais associações do setor ceramista do Brasil, quanto ao número de indústrias cerâmicas e olarias existentes, apresentaram-se compatíveis. Para a ANICER (2012) o mercado conta com aproximadamente 6.903 indústrias cerâmicas e olarias. Já a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC, 2012) admite que para a cerâmica vermelha existam mais de 6.000 empresas, em sua maioria de micro, pequeno e médio porte.

De acordo com a ANICER (2012), o número de empregos gerados pelo setor e seu faturamento anual é, respectivamente, de 293 mil empregos diretos, aproximadamente 900 mil indiretos e faturamento anual de R\$ 18 bilhões.

Atualmente a construção civil com volume de produção girando em torno de 5,1% do PIB, demanda um volume expressivo de insumos materiais, sendo indispensável, no caso da cerâmica vermelha, a garantia do fornecimento principalmente por indústrias locais. Fato este que não ocorre em algumas regiões do Brasil, pois o suprimento só tem sido possível por meio de importação de produtos cerâmicos de distritos industriais vizinhos, como exemplo, observa-se a região metropolitana de Belém que para ter sua necessidade atendida muitas vezes recorre ao fornecimento prestado por indústrias ceramistas localizadas nos Estados do Piauí e Tocantins.

Iniciativas do Governo Federal como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que tem incentivado a construção de habitações para baixa

renda têm alavancado, em todas as regiões do país, a demanda por materiais empregados nas edificações, notadamente blocos, tijolos e telhas cerâmicas, induzindo às indústrias de cerâmica vermelha a uma crescente expansão.

2.2 ASPECTOS RELEVANTES DO DISTRITO INDUSTRIAL CERÂMICO DE SÃO MIGUEL DO GUAMÁ

A partir da década de 1980 a atividade cerâmica no município de São Miguel do Guamá passou a ter destaque no cenário econômico local e estadual principalmente com a instalação de unidades produtivas industriais, as quais substituíram as olarias, responsáveis pela transformação da argila em telhas e em tijolos cerâmicos.

Responsável por uma das principais atividades econômicas do município, o distrito industrial cerâmico é formado por aproximadamente 42 indústrias, onde 32 delas encontram-se localizadas no município de São Miguel do Guamá e 20 dessas são associadas ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER). É responsável pela fabricação de tijolos e telhas cerâmicas com uma produção mensal aproximada de 35 milhões de tijolos e 10 milhões de telhas, representando 92% da oferta estadual.

É considerado o maior distrito industrial cerâmico da região Norte do Brasil, superando Municípios produtores como Abaetetuba, Inhangapi e Marabá. A alta produtividade e qualidade alcançadas é consequência da inserção de modernos equipamentos e máquinas no processo produtivo das indústrias cerâmicas do distrito.

As indústrias cerâmicas do município de São Miguel do Guamá são do tipo familiar e não familiar, onde naquelas estão envolvidos principalmente os cônjuges que desempenham tarefas da administração, produção e vendas.

No geral o tempo mínimo de existência das indústrias Cerâmicas de São Miguel do Guamá é de 18 anos e o máximo de 26 anos, onde a estruturação dessas empresas ocorreu com base em conhecimentos práticos devidos meramente à experiência para o desenvolvimento do modo de produção.

O mercado consumidor atendido pela produção cerâmica de São Miguel do Guamá é representado por Municípios localizados no Estado do Pará, sendo o município de Belém o maior consumidor, isto em virtude da cidade concentrar

aproximadamente 1.410.430 habitantes (IBGE, 2012) o que automaticamente impulsiona a demanda por produtos cerâmicos oriundos de São Miguel do Guamá. A Tabela 5 apresenta a relação dos principais Municípios atendidos pela produção cerâmica do distrito industrial cerâmico em questão, bem como a distância rodoviária (km) desses Municípios para São Miguel do Guamá.

Tabela 5 – Municípios atendidos e as distâncias rodoviárias percorridas para o fornecimento de produtos cerâmicos oriundos do distrito industrial de SMG

Municípios	Mesorregião	Distância (km)
Belém	Belém	148
Marituba	Belém	126
Ananindeua	Belém	128
Santa Isabel do Pará	Belém	103
Benevides	Belém	115
Castanhal	Belém	72,9
Salinópolis	Nordeste	135
Bragança	Nordeste	120
Capitão-Poço	Nordeste	65,4
Paragominas	Sudeste	160
Mãe do Rio	Nordeste	49,8
Concórdia do Pará	Nordeste	96,2
Tomé-Açu	Nordeste	149

Fonte: Baseado em Cordovil (2010) e Rota das Cidades⁴ (2012).

Concernente à etapa de queima das peças cerâmicas, as indústrias no geral utilizam como biomassa o pó de serragem e outras sobras de madeira, além do caroço do açaí, utilizado geralmente em conjunto com o pó de serragem. De acordo com Cordovil (2010) nos anos de 2008 e 2009 a utilização de biomassa em fornos de nove indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá foi realizada conforme apresentado a Tabela 6.

Tabela 6 - Consumo de pó de serragem nas indústrias cerâmicas de SMG

Indústria	Biomassa utilizada	Consumo de Pó de Serragem em m³
Telha Forte	Caroço de Açaí e Pó de Serragem	29.400
Barreira	Caroço de Açaí, Pó de Serragem e Lenha	120.000
Bastos	Pó de Serragem e Lenha	250
Yokoyama	Pó de Serragem	735
São Francisco	Caroço de Açaí e Pó de Serragem	1956
Vale do Guamá	Pó de Serragem e Lenha	3600
Barro Bom	Caroço de Açaí e Pó de Serragem	675
FM Lima	Caroço de Açaí, Pó de Serragem e Lenha	800
Kamiraga	Pó de Serragem e Lenha	43.200

Fonte: Baseado em Cordovil (2010).

⁴ Disponível em: <<http://www.rotasdascidades.com.br/>>.

Para o mesmo período, a produção média mensal de tijolos, entendendo-se como aquela pronta para a comercialização, considerando um total de quinze indústrias cerâmicas, foi de 176.000 tijolos.

Ressalta-se quanto ao combustível atualmente utilizado nos fornos das indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá, que estes se encontram ameaçados, dado a possibilidade de escassez em decorrência da elevada demanda energética atribuída não somente as industriais cerâmicas em discussão, mas a outros segmentos industriais. Todavia pressupõe-se que tal ameaça pode ser evitada a partir do momento em que novas fontes renováveis de energia forem apresentadas como combustível alternativo. Sendo assim, a seguir serão apresentados alguns tipos de biomassa renovável aproveitáveis para fins energéticos.

2.3 FONTES DE BIOMASSA RENOVÁVEL EXISTENTES NO MUNDO E NO BRASIL

Referente a geração de energia a partir da utilização de resíduos, Cortez, Lora e Ayarza (2008, p. 17) explicam: “A principal fonte para gerar energia da biomassa está nos resíduos. Os resíduos gerados em todo o mundo são recursos de grande potencial para a obtenção de energia apenas sob uma adequada exploração”.

A possibilidade da substituição de vegetais lenhosos e combustíveis fósseis por combustíveis de resíduos vegetais não lenhosos representa também uma oportunidade para preservação dos recursos florestais que seriam utilizados como combustíveis, além de contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa, notadamente o metano, com poder estufa 21 vezes maior que o CO₂, gerado por meio da decomposição natural de resíduos agrícolas (agroindustriais) lançados na natureza, onde ao fermentarem pela ação de bactérias geram o gás metano (CH₄).

Para Hall, House e Scrase (2005) nos dias atuais, a biomassa é responsável por um terço da energia demandada pelos países em desenvolvimento, cuja representação percentual varia em torno de 90% em países como Uganda, Ruanda e Tanzânia e 45% na Índia, 30% na China e no Brasil e 10% a 15% no México e África do Sul.

Para Cortez, Lora e Ayarza (2008, p. 18), a expressiva participação dos resíduos florestais na disponibilidade de biomassa em alguns países ocorre “pelos grandes quantidades geradas na colheita e na ação industrial”.

O *World Energy Council*⁵ (WEC, 2005 apud ANEEL, 2008, p. 66) divulgou estudo apresentando o consumo mundial de energia a partir da biomassa de madeira. Nele se percebeu que a Ásia, o maior consumidor mundial, demandou 7.795 PJ (peta joules⁶), energia proveniente somente do uso da lenha.

A Tabela 7 apresenta o consumo energético mundial em 2005, a partir do consumo de combustíveis a base de madeira. Nota-se que dentre as três formas de combustíveis estudados, a lenha foi o que apresentou maior consumo em todos os países pesquisados, com destaque para o Caribe com demanda energética de 7.795 PJ seguido da África com 5.633 PJ. Os Países da América Latina juntos consumiram 2.378 PJ de energia proveniente da combustão da lenha.

Tabela 7 – Consumo energético mundial a partir de combustíveis a base de madeira em 2005 (PJ)

Países	Lenha	Carvão Vegetal	Licor Negro	Total
África	5.633	688	33	6.354
América do Norte	852	40	1.284	2.176
Países da América Latina e Caribe	2.378	485	288	3.150
Ásia	7.795	135	463	8.393
Europa	1.173	14	644	1.831
Oceania	90	1	22	113
TOTAL	17.921	1.361	2.734	22.017

Fonte: WEC (2007 apud ANEEL, 2008).

Após perder espaço para os combustíveis fósseis, a utilização da lenha como biomassa tem sido ainda substituída, atualmente no mundo, pelo aproveitamento de resíduos vegetais. Cortez, Lora e Ayarza (2008) observam que é grande a produção mundial dos principais produtos agrícolas, cujos resíduos são reutilizáveis como energia térmica renovável.

De acordo com o CENBIO (2012) atualmente o cultivo e o consumo do milho ocorrem em todos os continentes e sua produção só é menor que a do trigo e do arroz.

⁵ *World Energy Council* (WEC). Disponível em: <www.worldenergy.org>.

⁶ De acordo com ANEEL (2008), 1 Joule: unidade de energia, trabalho ou quantidade de calor. PJ equivale a 10¹⁵ Joules.

Em relação a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) Cortez, Lora e Ayarza (2008, p. 17) esclarecem que é a matéria-prima com maior produção em todo o mundo. No Brasil, onde o volume de produção da cana-de-açúcar encabeça o ranking mundial, sua oferta chega a 400 milhões de toneladas anuais, seguido por Índia, China, Tailândia, Paquistão e México.

A Tabela 8 permite observar a produção agrícola mundial dos principais produtos agrícolas para geração de energia, juntamente com o quantitativo de seus resíduos gerados. Observa-se que apesar da produção da cana de açúcar representar aproximadamente o dobro da produção de milho, a quantidade de resíduos gerados com a produção de milho revelou-se superior a quantidade gerada pela produção da cana. Vale ressaltar que para fins energéticos o sabugo do milho representa o principal elemento da biomassa.

Tabela 8 - Produção mundial dos principais produtos agrícolas para a geração de energia

Matéria-Prima	Produção (Mt)*	Produção de resíduos (Mt)**
Cana (bagaço)	1.318.178.070	395.453.421
Arroz (casca)	608.496.284	172.934.643,9
Mandioca (rama)	195.574.112	58.261.527,96
Milho (palha e sabugo)	705.293.226	934.442.995,1
Soja (restos de cultura)	206.409.525	320.966.811,4
Algodão	67.375.042	11.843.760,5
Beterraba	237.857.862	-

* FAO, 2004

** Calculado.

Fonte: Cortez, Lora e Ayarza (2008).

Em nível nacional, a geração de energia térmica a partir da queima de resíduos de biomassa, oriundos de culturas agrícolas, agroindústrias e de extrativismo vegetal, representa uma importante alternativa à matriz energética brasileira, em face da constatação do potencial calorífico proveniente da conversão de energia em calor, capaz de oferecer o suprimento energético a diversos segmentos indústrias.

Para Bajay e Ferreira (2005, p. 109) “a biomassa deve desempenhar um papel fundamental na busca de uma diversidade de fontes de energia sustentáveis no país” considerando suas condições climáticas favoráveis, bem como a disponibilidade de terras e o acúmulo de experiência no decorrer dos anos. Ramos (2001, p. 45) ressalta que “graças à vasta biodiversidade encontrada em seu

território, o Brasil dispõe de uma grande variedade de resíduos agrícolas e agroindústrias cujo bioprocessamento seria de grande interesse econômico e social”.

Souza (2011) esclarece que o uso de lenha como biomassa representava, até a primeira metade do século XX, 50% da oferta energética no Brasil, onde seu uso se dava em ambientes domésticos e industriais e também para a produção de carvão vegetal.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2003 apud BAJAY; FERREIRA, 2005) a oferta energética primária oriunda de fontes renováveis no Brasil apresentou crescimento de 9,7% entre 1987 e 2002, enquanto a produção de energia a partir de fontes não renováveis teve crescimento de 145,9% no mesmo período. Vale ressaltar que diante da grande variedade de produtos agrícolas, somente alguns desses produtos poderiam ser utilizados para a geração de energia térmica, devido à possibilidade de existirem resíduos não reutilizáveis para obtenção de energia e à indisponibilidade daqueles produtos em determinadas regiões (SOUZA, 2011).

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2008), a biomassa pode ser classificada de acordo com sua origem em: florestal (principalmente a madeira), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outros) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo).

De acordo com Cortez, Lora e Ayarza (2008), no Brasil, a biomassa obtida de resíduos encontra-se presente na forma de resíduos vegetais, resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos animais ou de resíduos florestais. Para o CENBIO (2012), as fontes de biomassa são diferenciadas entre si por meio de suas características ou origens. Ressalta ainda que para efeito de geração de energia importa que tais diferenças sejam consideradas.

A Figura 2 apresenta a provável classificação dos tipos de biomassa existentes no Brasil e no Mundo. Vale esclarecer que os dois grupos das biomassas representados por aquelas discutidas nesta pesquisa são o dos vegetais não lenhosos, compreendidos por: cana-de-açúcar e beterraba (Sacarídeos); capim-elefante e gramíneas (Celulósicos) e Milho, Mandioca e bata doce (Amiláceos) e o grupo dos resíduos orgânicos, representado pelas diversas culturas agrícolas, podendo ser considerado ainda o extrativismo vegetal, e os resíduos urbanos

(domiciliares e comerciais) e os industriais (beneficiamento de produtos agrícolas e florestais).

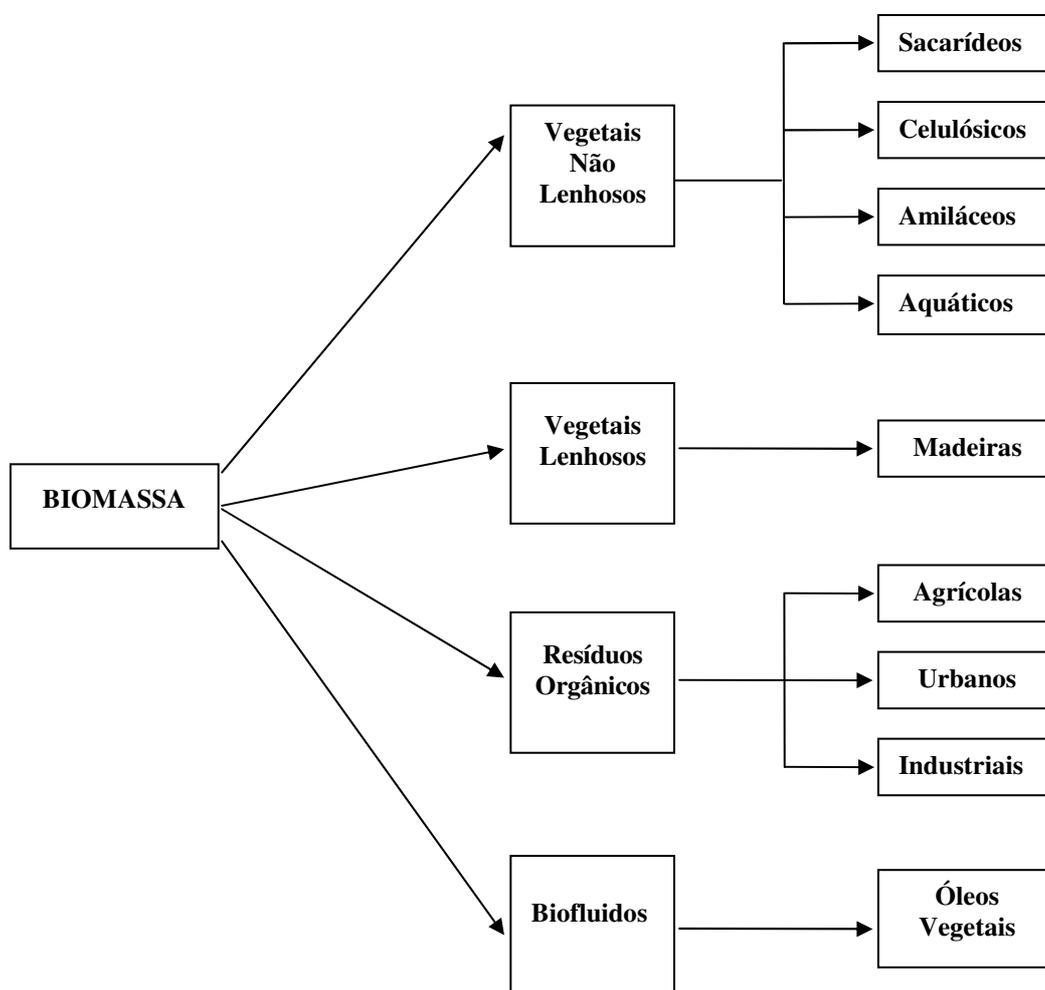


Figura 2 - Classificação dos tipos de biomassa

Fonte: Ministério de Minas e Energia (1982 apud CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008).

Apesar das diferenças conceituais quando da análise de trabalhos de outros autores, o CENBIO (2012) propôs a separação de biomassa em três principais grupos, quais sejam: vegetais não lenhosos; vegetais lenhosos; e resíduos orgânicos. A Figura 3 apresenta os três grupos distintos e seus respectivos processos de conversão energética da biomassa. Ressalta-se quanto à possibilidade do emprego de biomassa para combustão direta, o uso de biomassa de resíduos agroindustriais, aquáticos, agropecuários, madeiras e urbanos.

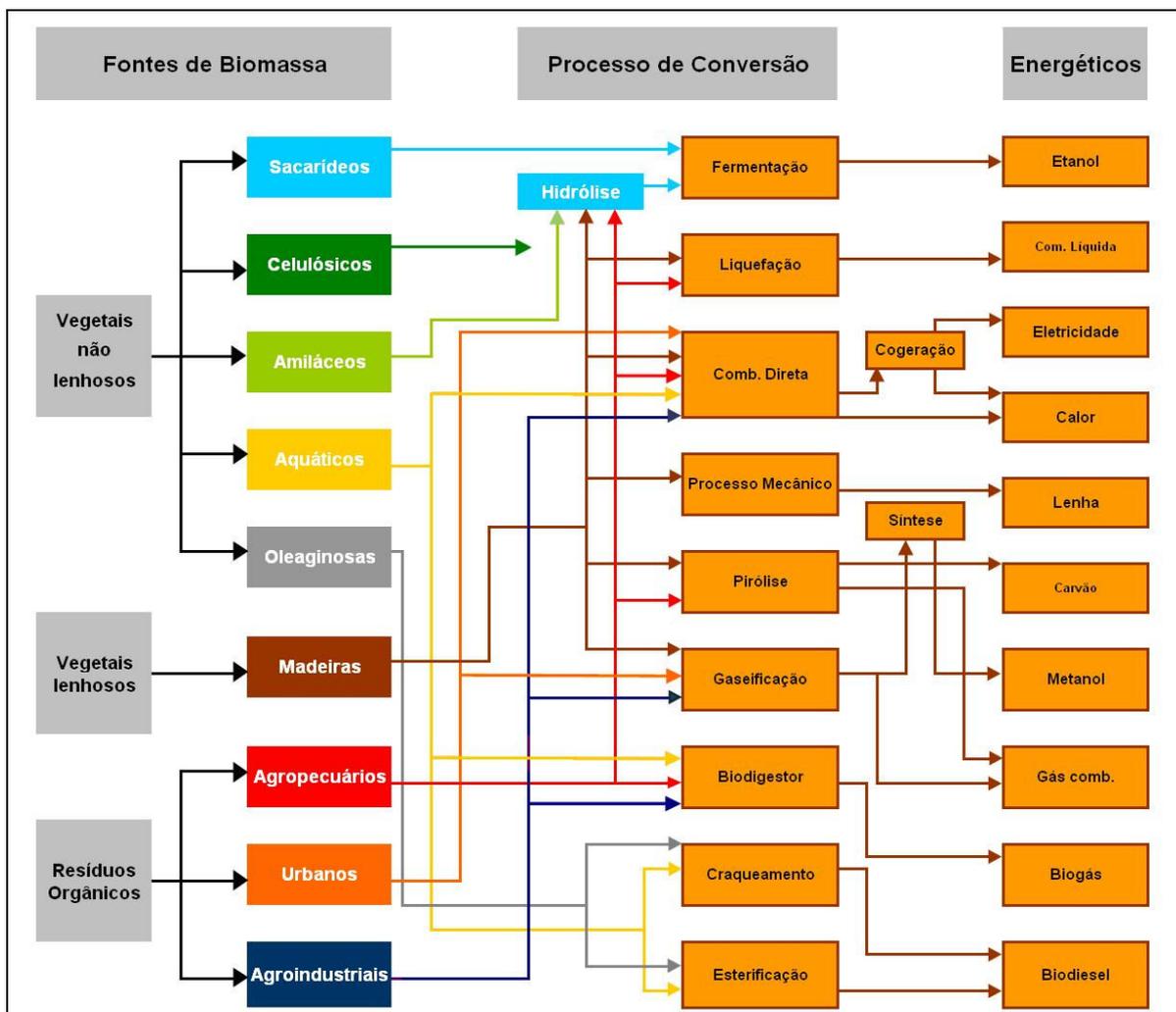


Figura 3 - Principais grupos das fontes de biomassa e fluxograma de processos de conversão energética

Fonte: Balanço Energético Nacional – BEM. Brasília: MME, 1982. (adaptado por CENBIO)

Para efeito desta pesquisa serão abordados apenas os resíduos vegetais, industriais e florestais, os quais serão o foco do estudo de caso.

2.3.1 Resíduos vegetais

Para o CENBIO (2012), a biomassa de natureza vegetal pode ser não lenhosa, que tipicamente são produzidas a partir de cultivos anuais, e lenhosa representada pelos vegetais “capazes de produzir madeira como tecido de suporte”. Destaca ainda que, nesses casos, a madeira pode ser proveniente de florestas nativas ou florestas plantadas. No Quadro 1 são apresentados os principais grupos classificados na categoria de vegetais não lenhosos, onde aqueles considerados

prontamente aplicáveis ao estudo de caso seriam os do grupo dos sacarídeos, celulósicos e amiláceos.

Sacarídeos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cana-de-açúcar; ▪ Beterraba, etc.
Celulósicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capim-elefante; ▪ Gramíneas forrageiras, etc.
Amiláceos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Milho; ▪ Mandioca; ▪ Batata doce, etc.
Oleaginosas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Óleo de girassol; ▪ Óleo de soja; ▪ Óleo de mamona, etc.
Aquáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aguapé ou lírio aquático; ▪ Algas; ▪ Microalgas.

Quadro 1 - Principais grupos de vegetais não lenhosos
Fonte: Adaptado de CENBIO (2012).

Cortez, Lora e Ayarza (2008, p. 20) explicam que os produtos agrícolas reutilizáveis para geração de energia “são constituídos basicamente de palha, folhas e caules, e têm um poder calorífico médio de 15,7 MJ/kg de matéria seca”. Souza (2011) ressalta que no Brasil a biomassa de resíduos agrícolas origina-se de uma variedade de culturas existente tais como: algodão, milho, mandioca, arroz, cana-de-açúcar, amendoim, etc.

No âmbito das lavouras permanentes, dados do IBGE (2012) apontam para quantidade agrícola de culturas no Brasil nos anos de 2006 a 2010. Destaca-se no ano de 2010, a produção de 1.891.687 mil frutos de coco-da-baía. A Tabela 9 apresenta a quantidade produzida das culturas de coco-da-baía e dendê, importantes culturas no Brasil. Nota-se que de 2008 a 2010 a produção de coco-da-baía apresentou queda em relação ao período de 2006 a 2008. Diferente do dendê que de 2006 a 2010 apresentou produção crescente.

Tabela 9 - Produção agrícola de lavouras permanentes

Lavouras permanentes	Produção agrícola no Brasil				
	2010	2009	2008	2007	2006
Coco-da-baía (Mil frutos)	1.891.687	1.973.366	2.149.322	1.887.336	1.985.478
Dendê (cacho de coco) (toneladas)	1.292.713	1.122.399	1.091.104	1.073.727	1.207.276

Fonte: IBGE (2012).

Souza (2011, p. 22), explica que o coco-da-baía (*Cocos nucifera L.*), dado seu potencial, representa um importante insumo para o setor de geração de energia elétrica. Em relação ao dendê destaca-se que a extração de seu óleo vegetal, permite a combustão em caldeiras e motores de combustão interna para geração de energia elétrica, possibilitando o atendimento do serviço elétrico a comunidades isoladas. O *Sustainable Carbon* (2012) esclarece que o cultivo do dendê ocorre em áreas tropicais com elevados índices de calor e umidade, além de representar “uma solução de alta produtividade e preço baixo para o processo de produção da cerâmica”.

Vale, Barroso e Quirino (2004) observam que a biomassa composta de coco, resulta em maior qualidade para fins energéticos, dado a maior geração de calor por unidade de volume e menos teor de cinzas. Ressalta-se quanto ao teor de cinzas que a determinação de sua quantidade gerada na combustão da biomassa, permite avaliar de forma prévia a qualidade de energia produzida.

No âmbito das lavouras temporárias, dados do IBGE (2012) apontam para quantidade agrícola de culturas no Brasil nos anos de 2006 a 2010. Destaca-se no ano de 2010, a produção em maior escala da cana-de-açúcar, cuja quantidade produzida chegou a 717.462.101 toneladas. Atualmente seu cultivo pode ser visto em todo território brasileiro, onde as regiões com maior produção, em ordem de participação são: Sudeste; Centro-Oeste; Nordeste, Sul e Norte (CENBIO, 2012).

A Tabela 10 apresenta a quantidade produzida das principais culturas agrícolas no Brasil. Merece destaque a produção da cana-de-açúcar que dentre as lavouras temporárias apresentadas foi disparada a maior desde 2006.

Tabela 10 - Produção agrícola de lavouras temporárias

Lavouras temporárias	Produção agrícola no Brasil				
	2010	2009	2008	2007	2006
Amendoim (em casca) (toneladas)	261.455	255.662	312.802	263.440	249.916
Arroz (em casca) (Toneladas)	11.235,986	12.651.144	12.061.465	11.060.741	11.526.685
Cana-de-açúcar (Toneladas)	717.462.101	691.606.147	645.300.182	549.707.314	477.410.655
Mandioca (Toneladas)	24.524.318	24.403.981	26.703.039	26.541.200	26.639.013
Milho (em grão) (Toneladas)	55.394.801	50.719.822	58.933.347	52.112.217	42.661.677

Fonte: IBGE (2012).

Macedo e Cortez (2005) explicam que a produção brasileira de cana-de-açúcar representa 25% da produção mundial, compreendidos em 13,5% da produção mundial de açúcar e 55% da produção de álcool.

Outro tipo de biomassa com potencial energético origina-se do amendoim o qual segundo Souza (2011, p. 25) gera como resíduos a casca e ramas que podem ser aproveitadas “como biomassa residual para possível conversão energética”, sendo seu poder calorífico inferior da ordem de 4,28MJ/kg (COELHO; PALHETA; FREITAS, 2000).

Semelhante ao amendoim, o arroz, com poder calorífico inferior (PCI) da ordem de 3,38 MJ/kg (COELHO; PALHETA; FREITAS, 2000 apud COELHO, 2008), gera como resíduos a casca, a qual pode representar uma importante fonte de biomassa para matriz energética brasileira. Em artigo técnico publicado pelo Iriga⁷ (2008 apud ENNES, 2009), observou-se que a casca corresponde a 22% da produção de arroz e que 500 kg de casca de arroz equivalem a 1 barril de petróleo.

Segundo Ennes (2009) os resíduos da produção de mandioca (*Manihot esculento* Crantz) se apresentam como líquidos ou sólidos. Os sólidos representados por ramas, cepa, descarte, cascas, farelo e crueira. De acordo com Viega (2012) o PCS dos resíduos de mandioca em média corresponde a 17,21 MJ/kg. Vale ressaltar que o resíduo na forma de farelo pode ser utilizado para produção de briquetes.

Outros tipos de resíduos considerados aproveitáveis para geração de energia são aqueles oriundos do cultivo do milho (*Zea mays* L.), onde a biomassa é obtida a partir do processamento desses resíduos. Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANNEL, 2008, p. 68) “do milho é possível utilizar, como matéria-prima para energéticos o sabugo, colmo, folha e palha”. Rendeiro (2008) esclarece que o briquete da palha de milho pode ser usado como combustível em caldeiras e queimadores industriais e fornos.

Em recente pesquisa, Souza (2011) avaliou a partir de uma produção de 8 980 000 kg de milho (sabugo), a quantidade de resíduos e a quantidade de energia térmica que pode ser gerada a partir desses resíduos. Os resultados obtidos apresentaram, respectivamente, os valores de 1 975 600 kg e 30 196 935 366 kJ. O poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) foram da ordem de

⁷ Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA – Casca: agregando valor ao arroz, 2008.

16,95 MJ/kg e 15,28 MJ/kg respectivamente. No Brasil há cultivo do milho em todas as regiões.

Dentre as alternativas de biomassa de resíduos vegetais destaca-se a utilização da gramínea (*Poaceae*) capim elefante (*Pennisetum purpureum Schumacher*) que segundo o CENBIO (2012) seu uso para fins energéticos é realizado por meio das seguintes formas:

- Combustão direta;
- Gaseificação;
- Carvoejamento;
- Hidrólise do bagaço – álcool

De acordo com *Sustainable Carbon* (2012) a utilização do Capim elefante como biomassa renovável representa uma excelente alternativa energética para o setor ceramista brasileiro. Ressalta que “ao plantar essa gramínea o ceramista garante o abastecimento de biomassa para sua produção e diminui a dependência com fornecedores”. Rocha, Souza e Damasceno (2009, p. 4) advertem quanto ao cuidado que se deve ter na escolha das mudas, pois a “utilização de mudas de boa qualidade é de extrema importância para o bom crescimento da cultura”.

De acordo com Zanetti et al (2010) o capim elefante possui metabolismo C_4 , o que confere à gramínea a característica de possuir alta eficiência fotossintética na incorporação de CO_2 atmosférico e no uso dos recursos hídricos. Ressalta-se que o emprego do capim elefante em fornos de indústrias cerâmicas, em substituição a biomassas renováveis, reduz a emissão de gases de efeito estufa, possibilitando com isso a geração de créditos de carbono para o produtor (SUSTAINABLECARBON, 2012).

Vilela e Cerize (s.d., p. 10) observam que o teor de fibra, presente no capim elefante, representa um parâmetro importante a ser analisado para a obtenção de energia, sendo importante mensurar dentro das fibras, “os teores dos componentes ricos em carbono e aqueles com elevado poder calorífico, como lignina e celulose”.

Quanto ao manejo da biomassa do capim elefante, na forma de geração de energia em combustão direta, Vilela (2007) esclarece que seu emurchecimento resultante da ceifa e condicionamento a pleno sol concorrem para sua pré-secagem. Ainda segundo o referido autor, o capim elefante, com cerca de 3 metros de altura, deve ser cortado e condicionado, sendo exposto ao sol a fim de se apresentar mais solto, favorecendo com isso o seu emurchecimento.

2.3.2 Resíduos industriais

Para Cortez, Lora e Ayarza (2008) os resíduos industriais são aqueles oriundos do beneficiamento de produtos agrícolas ou florestais. No caso dos produtos florestais, tem-se a indústria madeireira que gera resíduo a partir do beneficiamento de toras. Como exemplos desses resíduos destacam-se: a casca, cavaco, costaneira, pó de serra, maravalha e aparas.

Murara Júnior (2012, p. 92) observa que a umidade presente na madeira afeta diretamente no processo de queima da mesma, influenciando de forma negativa seu poder calorífico.

Outros segmentos industriais com potenciais para oferta de biomassa a partir do aproveitamento de seus resíduos são as indústrias de alimentos e de bebidas que segundo Cortez, Lora e Ayarza (2008) geram resíduos da fabricação de sucos e aguardente (laranja, caju, abacaxi, cana-de-açúcar etc.), no beneficiamento de arroz, café, trigo, milho (sabugo e palha), coco da Bahia, amendoim, castanha de caju etc.

De acordo com o INFOENER (2012) no setor de papel e celulose observa-se a existência de indústrias de papel e industriais de celulose, e ainda indústrias integradas, estas caracterizadas pela produção de papel e celulose. Nesses casos, os resíduos da produção são considerados diferenciados, todavia, no âmbito geral, se apresentam na forma de casca, cavaco e lixívia. A Tabela 11 apresenta a disponibilidade de resíduos oriundos da atividade agroindustrial referente aos segmentos de cana-de-açúcar, celulose e café, bem como o poder calorífico superior gerado a partir da combustão desses resíduos.

Tabela 11 – Disponibilidade de resíduos agroindustriais

Resíduos	Produção	Poder Calorífico Superior (MJ/kg) base seca	Disponibilidade
Bagaço da cana-de-açúcar	250 – 300 kg/ton cana	18,4	100%
Licor negro	2,5 – 2,8 ton/ton celulose	12,5	80%
Borra de café	4,5 ton/ton café solúvel	14,6	60 a 80%

Fonte: Cortez, Lora e Ayarza (2008).

2.3.3 Resíduos florestais

Para Cortez, Lora e Ayarza (2008, p. 24) os resíduos florestais são aqueles representados por todo material deixado na coleta da madeira, no caso de florestas, bosques naturais e reflorestamento. São também resíduos do processamento da madeira aqueles representados pela serragem e aparas.

Gomes e Sampaio (2004, p. 1) ressaltam que a utilização de resíduos de madeira tem cooperado para a eficiência dos recursos florestais, oferecendo uma nova alternativa socioeconômica às empresas, ambientalmente apropriadas ao gerenciamento de resíduos sólidos industriais.

Migliorini (1980 apud BRAND et al, 2009) esclarece que as indústrias que empregam a madeira como matéria-prima, sem exceção, geram uma quantidade grande de resíduos, tanto na indústria como na floresta. Quando não destinados adequadamente, esses resíduos podem representar sério problema tanto ambiental quanto logístico.

Para Brand et al (2009, p. 15) dentre as alternativas para eliminar transtornos advindos da utilização da biomassa florestal tem-se a compactação pela briquetagem, a qual agrega valor à biomassa, propiciando a oferta de combustível uniforme, limpo, com maior densidade, umidade uniforme, poder calorífico elevado, queima uniforme, e maior rendimento na eficiência da combustão e liberação de calor.

De acordo com Coelho et al (2008, p. 11) a geração de resíduos a partir da silvicultura pode ser relacionada a três diferentes fases: “1. A deixada no campo posteriormente ao corte. Esta representando 15%. 2. A do preparo da madeira. Representando (50%); 3. A proveniente da indústria moveleira (20%)”.

Para Cortez, Lora e Ayarza (2008) a cadeia produtiva de serrados gera resíduos distribuídos em 7% de casca, 10% de serragem e 28% de pedaços, não considerando as perdas provenientes da extração da madeira. Para Hueblin (2001 apud CORONEL et al, 2007, p. 9), os principais resíduos oriundos da atividade madeireira são:

1. Serragem: resultantes da operação das serras, podendo chegar a 12% do volume total da madeira;
2. Cepilhos ou maravilhas: gerados pelas plainas, nas indústrias de beneficiamento. Podem chegar a 20% do volume total de matéria-prima;
3. Lenha ou cavacos: representadas por costaneiras, aparas, refilos, cascas e outros. Podem chegar a 50% do volume total da matéria-prima empregada nas serrarias e laminadoras.

Em relação às fontes de biomassa renovável existentes no mundo e no Brasil observou-se que os resíduos gerados a partir de atividades agrícolas, agroindústrias e de extrativismo vegetal são recursos com potencial energético absorvido pela demanda de vários segmentos indústrias presentes tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento onde a natureza desses combustíveis pode ser relacionada à categoria de resíduos vegetais, sendo classificadas a partir de suas origens em florestal, agrícola e de rejeitos urbanos e indústrias ou simplesmente agrupadas em vegetais não lenhosos, vegetais lenhosos e resíduos orgânicos.

2.4 PANORAMA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO ESTADO DO PARÁ

Importante aspecto a ser considerado quanto ao aproveitamento de combustíveis de resíduos de bioamassa vegetal é a presença de atividades agrícolas e/ou agroindustriais, que sinalizarão para uma possível oferta de combustíveis para os segmentos industriais em questão. Tornando-se fundamental a identificação tanto das culturas existentes quanto dos Municípios produtores localizados no Estado do Pará.

2.4.1 Disponibilidade de biomassa para fins energéticos

As principais atividades que movimentam a economia no Estado do Pará são o extrativismo, a agricultura, a pecuária e a indústria. Na agricultura, o Pará é destaque na produção de dendê, mandioca e pimenta-do-reino, sendo o maior produtor do Brasil (PACIEVITCH, 2012). Para fins energéticos merecem destaque, no âmbito do Estado do Pará, a cultura do coco-da-baía, arroz em casca, cana-de-açúcar, mandioca e o dendê (coco). No extrativismo vegetal, para fins energéticos merecem destaque a produção de açaí, castanha do Pará, buriti (coco), buriti (palha), cupuaçu, pupunha e o babaçu (coco). Quanto ao cultivo do abacaxi, o Pará apresenta-se como o segundo maior produtor nacional (SAGRI, 2012).

Para fins desta pesquisa foram consideradas apenas as seguintes produções agrícolas e/ou extrativismo vegetal e/ou agroindustrial, relacionadas abaixo:

- a) Dendê;
- b) Arroz;
- c) Cana-de-açúcar;

- d) Coco-da-baía;
- e) Açaí;
- f) Mandioca;
- g) Cacau;
- h) Castanha do Pará;
- i) Cupuaçu;
- j) Milho

Sendo assim importantes aspectos referentes a cada uma delas são apresentados a seguir. Ressaltando que a ausência de dados caracterizando algumas das culturas acima descritas decorreu pela indisponibilidade de informações e publicações suficientes sobre o assunto abordado.

2.4.1.1 Dendê

Formado pelas unidades situadas em Tailândia, Acará, Belém e São Paulo, o Grupo AGROPALMA representa a maior empresa produtora de óleo de palma com participação de 75% do mercado (HOMMA, 2001). Empresas como DENPASA situada no município de Santa Bárbara do Pará; DENTAUÁ no município de Santa Isabel do Pará; MARBORGES presente nos Municípios de Moju e Acará; BIOVALE em Concórdia do Pará e outros Municípios e ADM em São Domingos do Capim, dentre outras empresas, também possuem participação no cultivo do dendê.

Segundo dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012), no mês de novembro de 2012, a produção do dendê foi de 175.000 toneladas.

Para Homma (2001) o rendimento do dendê é de 4 a 6 t/ha de óleo correspondendo a 20 a 25 t cachos/ha. Ainda segundo o referido autor a geração de empregos a partir da cultura do dendê é de um emprego para cada 5 hectares plantados. Em estudo que buscou caracterizar o potencial energético da biomassa vegetal, Nogueira e Rendeiro (2008, p. 63) determinaram o poder calorífico superior (PCS) proveniente da combustão da fibra de dendê, obtendo o valor de 16,55 MJ/kg.

2.4.1.2 Arroz

O cultivo do arroz no Estado do Pará encontra-se presente em quase todos os seus Municípios. Segundo dados do levantamento da Produção Agrícola, realizado pelo IBGE, em novembro de 2012, a produção foi de 194.238 toneladas para a primeira safra. Os Municípios com maior produção foram: Belterra, Cumaru do Norte, Dom Eliseu, Floresta do Araguaia, Irituia, Itaituba, Paragominas, Rurópolis, Santarém, Tucuruí e Ulianópolis (IBGE, 2012). Conforme informado anteriormente o poder calorífico inferior (PCI) da casca é de 13,40 MJ/kg (ENNES, 2009).

2.4.1.3 Cana-de-açúcar

Segundo levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012) no mês de novembro de 2012 a produção de cana-de-açúcar com 750.858 toneladas correspondeu a quarta maior do Estado, perdendo para a produção de mandioca, a maior do Estado, seguido do dendê e açaí. Com maior participação na produção do Estado, o município de Ulianópolis foi responsável por 94% da produção Estadual no período em análise, seguido de Nova Ipixuna, Santa Maria das Barreiras e São João do Araguaia.

Em estudo realizado pela Universidade Estadual de Campinas o qual buscou analisar o poder calorífico superior (PCS) do bagaço e palha de cana foi obtido para a palha da cana o valor de 15,20 MJ/kg e para o bagaço de cana o valor de 17,88 MJ/kg.

2.4.1.4 Coco-da-Baía

Outra importante cultura no Estado do Pará é o coco-da-baía que representa uma das maiores produções do Brasil (SAGRI, 2012). Para Martins e Jesus Junior (2011, p. 4) o destaque da cultura do coco em muitos países ocorre por meio dos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Segundo os mesmos autores a gama de produtos oriundos do coco o torna reconhecido como um recurso vegetal importante para a humanidade. Em relação à possibilidade de geração de energia térmica derivada da cultura do coco destaca-se que esta ocorre da combustão da fibra da casca do fruto.

No Estado do Pará a mais importante agroindústria responsável pela produção de coco é a Socôco cuja fazenda com aproximadamente 20 mil hectares possui cerca de 796 mil coqueiros plantados em cerca de cinco mil hectares. A fazenda encontra-se localizada no município de Moju a 266 km de Belém.

Em levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no mês de novembro de 2012, o Pará foi responsável pela produção de 231.400 toneladas de coco-da-baía, com destaque para o município de Moju, que sozinho produziu 75.000 toneladas, seguido do município de Acará com 25.000 toneladas e Capitão Poço com 13.728 toneladas. Outros Municípios com significativa produção no mesmo período foram Bujaru, Tracuateua e Breu Branco. Em São Miguel do Guamá a produção obtida foi de 1.350 Toneladas.

Em estudo que buscou caracterizar o potencial energético da biomassa vegetal, Nogueira e Rendeiro (2008, p. 63) determinaram o poder calorífico superior (PCS) proveniente da combustão da fibra de coco, obtendo o valor de 18,67 MJ/Kg. Segundo o *Sustainable Carbon* (2012) o poder calorífico dos resíduos do coco é assim distribuído:

1. Casca – 16,75 MJ/kg
2. Fibra – 12,56 MJ/kg
3. Quenga – 17,80MJ/kg
4. Haste do Coqueiro – 17,80 MJ/kg

Comparativamente, a lenha da caatinga possui poder calorífico superior (PCS) entre 17,10 MJ/kg e 19,18 MJ/kg.

2.4.1.5 Açaí

De acordo com Homma et al (2006) o açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) é nativo da Amazônia brasileira e o Estado do Pará é o mais importante centro de dispersão natural dessa palmácea. Segundo levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012) no mês de novembro de 2012 a produção de açaí foi de 817.246 toneladas. Com maior participação na produção do Estado, o Município de Igarapé-Miri foi responsável pela produção de 265.200 toneladas no período em análise, seguido de Abaetetuba com 165.240 toneladas e Bujaru com 72.000 toneladas.

Em estudo que buscou caracterizar o potencial energético da biomassa vegetal, Nogueira e Rendeiro (2008, p. 63) determinaram o poder calorífico superior (PCS) proveniente da combustão do caroço de açaí, obtendo o valor de 19,16 MJ/kg.

2.4.1.6 Mandioca

De acordo com a Portaria n° 137/2011 da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012) o cultivo da mandioca e seu desenvolvimento são favorecidos em climas quentes e úmidos não suportando condições de temperatura baixas. No Pará o período de plantio vai de 1° de outubro a 31 de dezembro.

A partir de zoneamento agrícola de risco climático para a cultura da mandioca no Estado do Pará, o MAPA (2012), identificou os Municípios aptos para o cultivo da mandioca, com menor risco climático, são eles:

- Altamira;
- Anapu;
- Aveiro;
- Belterra;
- Brasil Nova;
- Itaituba;
- Jacareacanga;
- Juruti;
- Medicilândia;
- Novo Progresso;
- Placas;
- Porto de Moz;
- Prainha;
- Rurópolis;
- Santarém;
- Senador José Porfírio;
- Trairão;
- Uruará;
- Vitória do Xingu.

Em levantamento realizado pelo IBGE (2012), o Pará foi responsável pela produção de 4.619.103 toneladas de mandioca, com destaque para o município de Santarém, que sozinho produziu 378.000 toneladas, seguido do município de Acará com 345.000 toneladas e Ipixuna do Pará com 226.900 toneladas. Outros Municípios com expressiva produção foram Alenquer, Altamira, Augusto Corrêa, Aurora do Pará, Belterra, Bragança, Capitão Poço, Castanhal, Concórdia do Pará, Garrafão do Norte, Ipixuna do Pará, Itaituba, Itupiranga, Juruti, Marabá, Moju, Monte Alegre, Óbidos, Oeiras do Pará, Oriximiná, Pacajá, Paragominas, Parauapebas, Rondon do Pará, Santa Maria do Pará, Santarém, São Domingos do Capim, Tomé-Açu, Trairão e Viseu. Em São Miguel do Guamá a produção obtida foi de 67.500 Toneladas.

Homma (2001) observa que o cultivo da mandioca é intenso em mão de obra, sendo estimado que para cada três hectares ocorram o emprego de duas pessoas durante o ano, indicando a geração de mais de 200 mil empregos. Na visão do referido autor, provavelmente, a maior fonte geradora de emprego no Estado do Pará.

Em estudo que buscou identificar o potencial de geração de energia a partir de resíduos de mandioca no Estado do Pará, Silva, Silva e Rocha (2002) consideraram o poder calorífico superior (PCS) do resíduo de rama seca da mandioca com valor de 15,76MJ/kg. Para Viega (2012) o valor médio do PCS determinado para os resíduos (Cepa, Rama Fina e Rama Grossa) de mandioca chegou a 17,21 MJ/kg.

2.4.1.7 Cacau

Segundo levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012) no mês de novembro de 2012 a produção de cacau foi de 66.820 toneladas. Com maior participação na produção do Estado, o Município de Medicilândia foi responsável pela produção de 23.897 toneladas no período em análise, seguido de Uruará com 6.373 toneladas e Placas com 6.300 toneladas. Em estudo que avaliou o aproveitamento da biomassa florestal, Cardoso et al (2002) concluíram que a utilização da casca do cacau, em forma de briquetes, apresenta qualidades necessárias para sua comercialização, para fins energéticos. Nesse caso a pesquisa revelou o poder calorífico superior (PCS) médio estimado igual a 10,47 MJ/kg.

2.4.1.8 Castanha do Pará

Altamente consumida na forma de amêndoas, doces e sorvetes, a castanha do Pará representa uma opção a mais de combustível limpo para as indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá. Em estudo que buscou caracterizar o potencial energético da biomassa vegetal, Nogueira e Rendeiro (2008, p. 63) determinaram o poder calorífico superior (PCS) proveniente da combustão das cascas de castanha do Pará, obtendo o valor de 20,28 MJ/kg. Dados do IBGE (2012) apontam para produção do Estado do Pará de 7.192 toneladas de castanha-do-pará no ano de 2012.

2.4.1.9 Cupuaçu

De acordo com estudo realizado pela SEDECT (2010) o cupuaçu esta entre as cinco frutas de maior destaque comercial no Estado. Segundo levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012) no mês de novembro de 2012 a produção do cupuaçu foi de 74.524 toneladas, onde o Município com a maior produção foi Tomé-Açu com 43.500 toneladas de frutos. Para o mesmo período o Município de São Miguel do Guamá registrou a produção de 136 toneladas. Para fins energéticos a casca do cupuaçu pode ser utilizada em forma de briquete. Em estudo que avaliou o poder calorífico superior (PCS) da casca do cupuaçu em forma de briquete Santos et al. (2004) obtiveram como resultado o valor de 18,08 MJ/kg para a casca *in natura*, podendo ter com isso uma função energética.

2.4.1.10 Milho

No Estado do Pará, o cultivo de milho encontra-se presente em 131 dos 144 Municípios existentes. Liderando com folga a produção Estadual, o Município de Paragominas, no mês de novembro de 2012, foi responsável pela produção de 121.385 toneladas de milho em grão, seguido de Dom Eliseu com 58.100 toneladas e Monte Alegre com 33.750 toneladas (IBGE, 2012). Para fins energéticos, são aproveitados do milho sua palha e o sabugo.

Em estudo que avaliou o poder calorífico superior (PCS) do resíduo do milho (sabugo), considerando um teor de umidade de 10%, Souza (2011) obteve como resultado o valor de 16,75 MJ/kg.

Vale ressaltar que a possibilidade de ocorrer oferta energética a partir do aproveitamento de resíduos de biomassa vegetal, na prática, não exclui, dentre as 10 (dez) opções de culturas apresentadas, aquelas consideradas de baixa eficiência de combustão em fornos cerâmicos, uma vez que, em alguns casos, a escolha por um tipo de fonte de biomassa em detrimento de outra, se dá pela conveniência do ceramista em abdicar do uso de biomassa com características energéticas favoráveis em função da viabilidade econômica de sua aquisição.

No caso de se buscar as melhores opções de resíduos vegetais para queima em fornos cerâmicos, considera-se determinante o conhecimento das propriedades energéticas fundamentais associadas a sua combustão. Assim, a fim de identificar, dentre as 10 (dez) espécies selecionadas, aquelas com maior potencial para queima, adotou-se como parâmetros indicativos de maior eficiência combustiva (referência) os seguintes valores (TILLMAN, 1991):

BIOMASSA DE REFERÊNCIA

- PCS > 17 MJ/kg
- Carbono fixo < 25 %
- Teor de voláteis > 75%
- Teor de cinzas < 3%

Para a caracterização energética das 10 (dez) fontes de biomassa selecionadas, foram considerados os valores apresentados na Tabela 12. No caso da casca do cupuaçu, não foram identificados os valores correspondentes.

Tabela 12 – Caracterização energética de biomassa vegetal

Espécies vegetais	PCS (MJ/kg)	Carbono Fixo (%)	Teor de Voláteis (%)	Teor de Cinzas (%)
Fibra do dendê	16,55	19,6	76,2	4,2
Referência	Nogueira e Rendeiro (2008)			
Casca de arroz	15,84	15,8	63,6	20,6
Referência	Jenkins (1998)	Nogueira (2007)	Nogueira (2007)	Nogueira (2007)
Bagaço de cana	18,99	13,7	75,4	10,8
Referência	Jenkins (1998)	Braunbeck e Cortez (2005)	Braunbeck e Cortez (2005)	Braunbeck e Cortez (2005)
Fibra de coco	18,67	24,7	70,6	4,7
Referência	Nogueira e Rendeiro (2008)			
Caroço de açaí	19,16	19,5	79,4	1,1
Referência	Nogueira e Rendeiro (2008)			
Resíduos de mandioca ⁸	17,21	11,22	85,87	2,91
Referência	Vieira (2012)			
Casca do cacau	13-16	21,04	69	9,96
Referência	Alburo <i>et al.</i> (2010)	García <i>et al.</i> (2012)	García <i>et al.</i> (2012)	García <i>et al.</i> (2012)
Cascas de Castanha do Pará	20,28	27,1	71,0	1,9
Referência	Nogueira e Rendeiro (2008)			
Sabugo do Milho	18,77	18,32	81,31	0,70
Referência	Jenkins & Ebeling (1985)	Paula <i>et al.</i> (2011)	Paula <i>et al.</i> (2011)	Vieira (2012)

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Comparando os parâmetros adotados para a biomassa de referência com aqueles apresentados na Tabela 12, se verifica que o bagaço de cana, a fibra de coco, o caroço do açaí, resíduos de mandioca, cascas de castanha do Pará e o sabugo de milho apresentaram valores de PCS maiores que 17 MJ/kg.

Dentre as espécies que apresentaram carbono fixo menor que 25% destacam-se a fibra de dendê, casca de arroz, bagaço de cana, fibra de coco, caroço do açaí, resíduos de mandioca, sabugo de milho e casca do cacau.

Com teores de voláteis acima de 75% enquadram-se a fibra de dendê, bagaço de cana, caroço do açaí, resíduos da mandioca e o sabugo de milho.

Finalmente com teores de cinzas menores que 3% foram identificados o caroço do açaí, resíduos de mandioca, casca de castanha do Pará e o sabugo de milho.

⁸ Os valores apresentados para os resíduos de mandioca correspondem a média tanto dos PCSs quanto da análise imediata, determinados para a cepa; rama fina e rama grossa.

Desse modo a classificação das espécies com maior eficiência na combustão para geração de energia térmica pode ser resumida de acordo com a Tabela 13 abaixo:

Tabela 13 - Classificação da eficiência de combustão de biomassas vegetais

Classificação	Biomassa	Critério de classificação
1° lugar	Caroço de açaí, resíduos de mandioca e sabugo de milho.	Comportamento na combustão alcançando eficiência em conformidade com os 4 (quatro) parâmetros adotados para Biomassa de referência
2° lugar	Bagaço de cana	Comportamento na combustão alcançando eficiência em conformidade com 3 (três) parâmetros adotados para Biomassa de referência
3° lugar	Fibra de dendê, fibra de coco e castanha do Pará	Comportamento na combustão alcançando eficiência em conformidade com 2 (dois) parâmetros adotados para Biomassa de referência
4° lugar	Casca de arroz e casca de cacau	Comportamento na combustão alcançando eficiência em conformidade com apenas 1 (um) parâmetro adotado para Biomassa de referência

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.2 Fatores de conversão para o cálculo da geração de resíduos

A quantidade de resíduos gerados a partir de uma determinada produção agrícola ou agroindustrial pode ser determinada utilizando fatores de conversão apresentados em algumas literaturas nacionais. De acordo com o Atlas de Bioenergia do Brasil (2012) publicado pelo CENBIO, o resíduo agrícola aproveitável do arroz e amendoim é a casca que, nesse caso, representa 30% do peso total de cada elemento. Ainda de acordo com a citada referência, no caso do coco considera-se apenas a casca do fruto como resíduo agrícola aproveitável que nesse caso representa 60% no peso total do coco.

Segundo Homma et al (2006) do fruto do açaí 15% de seu peso corresponde a polpa destinada ao consumo alimentar, sorvetes e outros derivados e 85% do peso total correspondem ao caroço. Para Takahashi e Fagioto (1990) a casca da mandioca representa 5,1% da raiz.

No caso do cacau, Kobayashi et al (2001) adotando, para o Estado do Pará, a média geral de peso do fruto o valor de 554,59 g/fruto, determinou o peso de 419,22 g/fruto para casca do cacau, ou seja, 75% de casca por fruto. Para o cupuaçu, Ennes (2009) adotou para a polpa o percentual de 38% a 43% do total do

fruto e para a casca de 37% a 44%. Para o milho o valor adotado foi de 0,22, ou seja, 22% da espiga do milho é o sabugo (ZIGLIO et al, 2007).

Vale destacar alguns fatores de conversão de culturas não relacionadas acima que dependendo da disponibilidade local poderão ser consideradas para o abastecimento energético nas indústrias cerâmicas pesquisadas no Município de São Miguel do Guamá. De acordo com Souza (2011) para o feijão verde a casca representa 70% da vagem.

Na Tabela 14 são apresentados resumidamente os fatores de conversão encontrados na literatura para quantificação da geração de resíduos de 08 (oito) das 10 (dez) culturas consideradas para esta pesquisa.

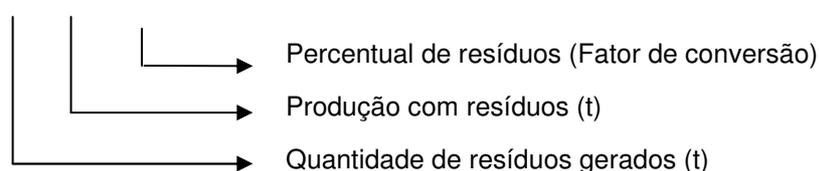
Tabela 14 – Fatores de conversão para quantificação de resíduos gerados

Fatores de conversão (F.C.)		
Culturas	F.C.	Referência
Arroz	30%	CENBIO (2012)
Amendoim	30%	CENBIO (2012)
Coco	60%	CENBIO (2012)
Açaí	85%	Barreto et al (2012)
Mandioca (casca)	5,1%	Takahashi e Fagioto (1990)
Cacau	75%	Kobayashi et al (2001)
Cupuaçu	37% a 44%	Ennes (2009)
Milho	22%	Ziglio et al. (2007)

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

Assim, para o cálculo da quantificação de resíduos gerados a partir de uma determinada produção agrícola ou agroindustrial utiliza-se a equação apresentada abaixo:

$$R = P \times \% R$$



2.4.3 Distâncias rodoviárias dos Municípios produtores de biomassa para SMG

Além de depender de características físico-químicas que possibilitem seu uso efetivo, os resíduos de biomassa, para aproveitamento em fornos de indústrias

cerâmicas, deverão proporcionar a garantia no atendimento à demanda energética das indústrias a serem pesquisadas, primeiramente por meio de disponibilidade regional e segundo por expressiva produção desses combustíveis, sobre tudo em Municípios cuja localização geográfica seja economicamente viável, favorecendo a comercialização e o fornecimento de biomassa ao distrito industrial cerâmico em estudo, nesse caso, importante aspecto a ser considerado no aproveitamento de resíduos de biomassa para fins energéticos, refere-se à localização dos Municípios produtores em relação ao distrito industrial de São Miguel do Guamá, onde o conhecimento prévio das distâncias percorridas para o transporte de biomassa renovável permitirá avaliar as melhores condições para sua aquisição não somente de Municípios atendidos pela produção cerâmica do distrito em questão, mas também em outros Municípios do Estado, importantes produtores de culturas potencialmente aproveitáveis para o tipo de abastecimento energético em questão.

Conforme apresentado no item 2.4, a disponibilidade de biomassa de resíduos agrícolas, agroindustriais e extrativismo vegetal existentes no Estado do Pará, além de considerar a participação da grande maioria dos Municípios produtores paraenses (IBGE, 2012) pode assegurar a oferta de um volume diversificado de biomassa para fins energéticos, capaz de atender boa parte da demanda energética das indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá, entretanto, um fator importante a ser considerado, para viabilidade econômica da utilização desse tipo de combustível, é a distância a ser percorrida no transporte da biomassa para o distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, que na hipótese da disponibilidade da biomassa ocorrer em regiões distantes, resultaria em custos elevados de transporte, encarecendo a utilização dessas fontes alternativas de energia.

Nesse aspecto, ressalta-se, como oportunidade para minimizar possíveis impactos econômicos, a possibilidade da prática do frete de retorno, que seria o transporte de biomassa renovável realizado no retorno do caminhão utilizado para a distribuição dos produtos cerâmicos, nesse caso sendo admitida a possibilidade do carregamento ocorrer tanto no destino final da entrega das peças cerâmicas quanto nos Municípios situados às proximidades da rodovia utilizada para o trajeto de volta do caminhão.

Com base em informações obtidas através do IBGE (2012), que permitiram conhecer a disponibilidade dos resíduos agrícolas, agroindustriais e de extrativismo, existentes no Estado do Pará, bem como a identificação de seus respectivos

Municípios produtores, é apresentada a Tabela 15 a qual apresenta as distâncias (km) rodoviárias entre os Municípios produtores de biomassa de resíduos vegetais e o distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá.

Tabela 15 – Distâncias rodoviárias entre Municípios produtores e São Miguel do Guamá

Cultura	Município produtor	Distância rodoviária para São Miguel do Guamá (km)
Dendê	Acará	126
	Bonito	37,9
	Moju	230
	Tailândia	290
Arroz	Belterra	1.346
	Cumaru do Norte	960
	Dom Eliseu	304
	Floresta do Araguaia	858
	Itaituba	1.322
	Paragominas	159
	Rurópolis	1.176
	Santarém	1.390
	Tucuruí	466
	Ulianópolis	243
Cana-de-Açúcar	Ulianópolis	243
Coco-da-baía	Acará	126
	Capitão Poço	65,4
	Moju	230
Açaí	Abaetetuba	256
	Acará	126
	Barcarena	286
	Bujaru	140
	Belém	147
	Cametá	664
	Igarapé-Miri	128
	Limoeiro do Ajuru	715
	Tucuruí	466
Mandioca	Acará	126
	Alenquer	1.670
	Belterra	1.346
	Bragança	120
	Ipixuna do Pará	107
	Itaituba	1.322
	Moju	230
	Monte Alegre	1.509
	Óbidos	1.767
	Oriximiná	1.819
	Santa Maria do Pará	32,8
	Santarém	1.390
	São Domingos do Capim	60,2

Cacau	Altamira	847
	Anapu	713
	Brasil Novo	892
	Cametá	664
	Medicilândia	929
	Placas	1.092
	Tomé-Açu	149
	Uruará	1.032
	Vitoria do Xingú	892
Castanha do Pará	Tomé-Açu	149
	Acará	126
	Paragominas	159
	Belém	147
	Castanhal	72,9
Cupuaçu	Abaetetuba	256
	Acará	126
	Barcarena	286
	Bujaru	140
	Concórdia do Pará	96,2
	Maju	230
	Tomé-Açu	149
Milho	Dom Eliseu	304
	Monte Alegre	1.509
	Paragominas	159
	Ulianópolis	243

Fonte: IBGE (2012) e Rotas das Cidades (2012).

Notas: As localizações e distâncias entre as cidades estão disponíveis em:

<http://www.rotasdascidades.com.br/>

Quanto aos Municípios produtores relacionados acima, importa esclarecer que estes, foram os que apresentaram maior produção agrícola, de acordo com suas respectivas culturas e frutas (IBGE, 2012). Entretanto destaca-se que outros Municípios não listados na Tabela 15, possuem também participação nos mesmos segmentos, podendo, por isso, ser admitida a existência de um “leque” maior de oportunidades para o atendimento a demanda energética destinada à atividade ceramista desenvolvida no Município de São Miguel do Guamá. Observa-se que pelo fato da biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, na forma de briquetes, permitir ser constituída por um mix de resíduos vegetais, possibilitaria ao produtor ceramista um maior aproveitamento e variedade de opções, aumentando-lhe a garantia no abastecimento energético.

2.5 ANÁLISE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA VEGETAL EM FORNOS DE INDÚSTRIAS CERÂMICAS

2.5.1 Preparação e o transporte

Aspecto importante a ser destacado para o abastecimento energético, utilizando biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, é a viabilidade econômica do uso desses resíduos em fornos cerâmicos, considerando a questão da preparação e do transporte desses resíduos.

Vale ressaltar que os resíduos gerados na atividade agrícola ou agroindustrial no estado natural e aqueles oriundos da atividade extrativista apresentam densidade baixa, dificultando e aumentando os custos de transportes. Dessa forma, realizando adensamento nesses resíduos seria possível promover a diminuição no volume a ser transportado e conseqüentemente a redução no número de viagens entre o local da coleta desses resíduos e as indústrias cerâmicas pesquisadas.

Porém, para esta pesquisa, não será considerada a possibilidade do resíduo agrícola, coletado em campo, sofrer qualquer tipo de adensamento, visto que na prática, presume-se que não há disponibilidade de máquinas nos Municípios produtores para que tal tarefa seja realizada. Nesse caso se admitirá que o material coletado seja levado, sem processamento, diretamente para o local de queima.

Para a avaliação econômica do transporte do combustível alternativo para o local de queima, importante aspecto a ser considerado é a capacidade volumétrica do caminhão utilizado no transporte, onde a partir desse dado poderá ser conhecida sua capacidade de carga (t) por viagem. No caso do resíduo agrícola ser transportado sem processamento, busca-se determinar seu peso líquido, ou seja, valor pesado em 1m^3 que multiplicado pela capacidade volumétrica do caminhão utilizado no transporte da biomassa resultará na determinação de sua capacidade de carga (t) por viagem.

Para determinação do custo por tonelada de resíduo de biomassa vegetal transportado vale conhecer o consumo mensal, em toneladas, do atual combustível de biomassa utilizado pela indústria cerâmica pesquisada, a distância percorrida para o fornecimento de resíduo de biomassa vegetal e o custo por quilômetro praticado no frete dos combustíveis de biomassa utilizados nos fornos das indústrias cerâmicas do Município de São Miguel do Guamá. A Tabela 16 apresenta

os procedimentos de cálculo que poderão ser adotados para o custo por tonelada de resíduo de biomassa vegetal transportado sem processamento.

Tabela 16 – Cálculo do custo por tonelada de resíduo de biomassa transportada sem processamento

Forma de Transporte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Sem processamento			$E \times F$		$B \times D$	$A \div E$		$G \times F$	$J \times H$		$I \div C$

1. Consumo da atual biomassa (t);
2. Pelo Líquido do resíduo de biomassa vegetal em análise;
3. Consumo mensal de resíduo de biomassa vegetal em análise (t);
4. Capacidade volumétrica do caminhão utilizado no transporte de biomassa (m³);
5. Carga de resíduo de biomassa vegetal transportada por viagem (t);
6. Número de viagens realizadas em 01 mês de transporte;
7. Distância percorrida no fornecimento de resíduo de biomassa vegetal (km);
8. Total de quilômetros percorridos em 01 mês de fornecimento de resíduos de biomassa vegetal (km);
9. Custo total de 01 mês de frete de resíduo de biomassa vegetal;
10. Valor gasto do km rodado;
11. Custo por tonelada de resíduo de biomassa vegetal.

Em pesquisa que avaliou o custo do transporte do resíduo da casca do coco para abastecimento energético em fornos de uma indústria cerâmica em Alagoas, Souza (2011), considerando para uma demanda mensal por energia térmica a quantidade de 477,36 toneladas de biomassa, observou que sem processamento o resíduo transportado em caminhão com capacidade de 30m³, aumenta em 3 vezes o número de viagens necessárias para seu transporte, se comparado ao transporte na forma compactado. Vale lembrar que no caso dos resíduos transportados serem na forma picotada seria necessário à disponibilidade de um triturador. Já, para o transporte dos resíduos na forma compactada as opções de equipamento seriam as enfardadeiras, briquetadeiras ou peletizadoras.

Considerando a logística possível de ser adotada até a etapa final do consumo de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos na forma sem processamento e adensados no próprio local da coleta é apresentado o fluxograma

abaixo o qual contempla ainda a possibilidade da secagem dos mesmos resíduos ocorrer no mesmo local da coleta.

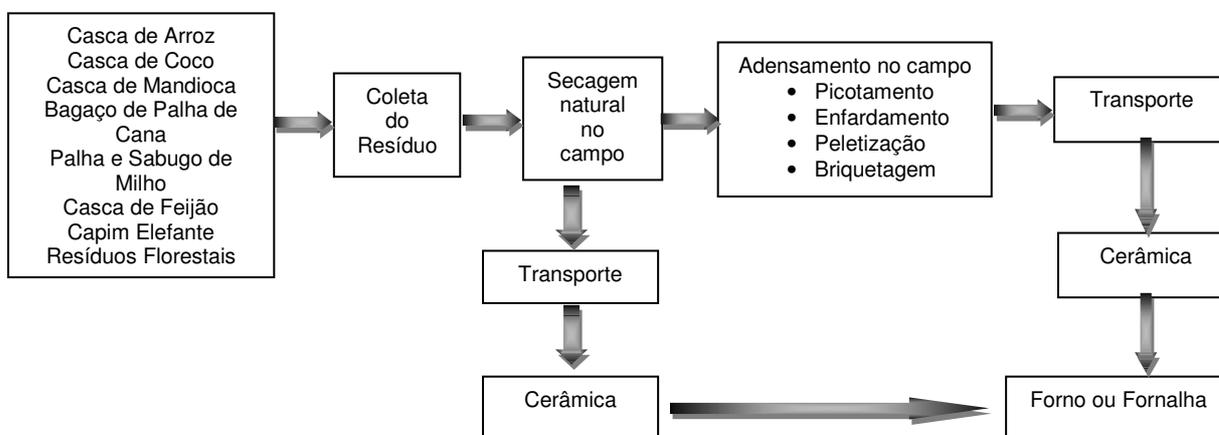


Figura 04 – Fluxograma de transporte de resíduos nas formas sem processamento e adensados no local da coleta

Fonte: Souza (2011).

Outra possibilidade de logística envolvendo o abastecimento energético em fornos de indústrias cerâmicas é o transporte de biomassas de resíduos vegetais não lenhosos na forma sem processamento e adensados no local da queima. Nesse caso admite-se que a secagem ocorre também no local da queima da biomassa. A Figura 05 apresenta a alternativa proposta em forma de fluxograma.

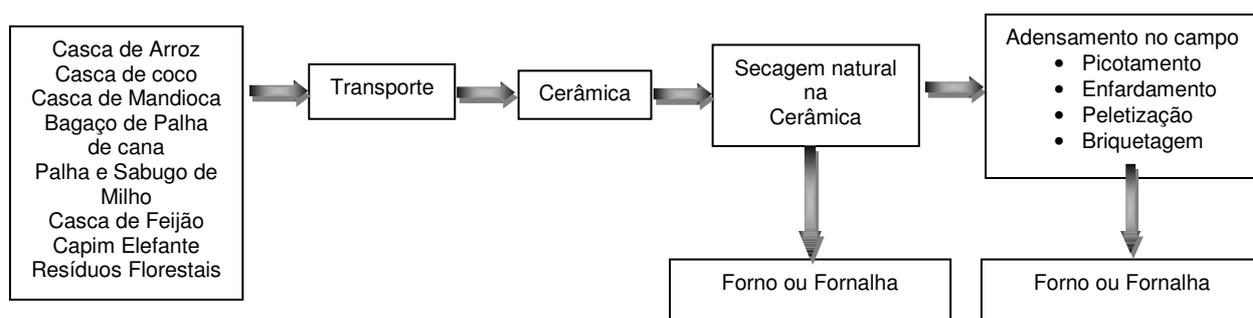


Figura 05 – Fluxograma de transporte de resíduos nas formas sem processamento e adensados no local da queima

Fonte: Souza (2011).

Dessa forma, de acordo com a Figura 04 e 05, fica evidente que duas são as possibilidades de abastecimento energético em fornos de indústrias cerâmicas envolvendo transporte, secagem e adensamento de resíduos vegetais. No caso da escolha de uma das possibilidades apresentadas, admiti-se como proposta a apresentada na Figura 05, pelo fato desta corresponder a forma de transporte

definida para esta pesquisa, ou seja, sem processamento, com a ressalva de que a secagem natural na cerâmica representa a última etapa antes da queima do combustível no forno ou fornalha.

2.5.2 Quantificação mensal dos resíduos gerados por Municípios com maior produção agrícola do Estado do Pará

Das dez culturas destacadas para esta pesquisa, os Municípios com maior produção agrícola no Estado do Pará estão descritos na Tabela 15 (IBGE, 2012). Nela se observa a participação de quarenta e seis Municípios responsáveis pela produção dessas culturas. No caso da castanha-do-pará os Municípios elencados foram aqueles com expressiva produção e cujas distâncias para o Município de São Miguel do Guamá são menores. Outros Municípios do Estado também são responsáveis por esta produção, sendo Óbidos e Oriximiná os maiores produtores, juntamente com Baixo Amazonas (IBGE, 2012).

De acordo com a abordagem apresentada neste capítulo, a quantificação de resíduos gerados a partir de uma determinada cultura pode ser mensurada adotando fatores de conversão apresentados em literaturas nacionais. Concernente às dez culturas destacadas no tópico 2.4.1, os fatores encontrados foram apenas para a produção do arroz, coco, açaí, mandioca, cacau, cupuaçu e milho. Concernente a produção do cacau, o cálculo da quantificação da produção de seus resíduos inicia-se com a conversão da produção em toneladas de amêndoas (IBGE, 2012) para toneladas de frutos, sendo adotado para tanto os valores apresentados por Kobayashi et al (2001) no tópico 2.4.2 desta pesquisa.

Não obstante a revisão de literatura utilizada para esta pesquisa não tenha, até aqui, apresentado fatores de conversão aplicáveis a outras culturas, vale considerar a possibilidade de aproveitamento de resíduos das demais culturas elencadas entre as dez citadas, além de outras como a cana de açúcar, cujo município com a maior produção estadual encontra-se a 243 km de São Miguel do Guamá.

A equação apresentada no tópico 2.4.2, permite determinar a quantidade mensal de resíduos gerados por estas culturas. Como resultado a Tabela 17 apresenta a quantidade de resíduos gerados a partir da produção agrícola das sete culturas acima relacionadas.

Tabela 17 – Quantidade de resíduos gerados a partir de suas respectivas produções

Cultura	Tipo de Resíduo	Município produtor	Produção (Toneladas)	Resíduo (Toneladas)
Arroz (em casca)	CASCA	Belterra	9.675	2.902,5
		Cumaru do Norte	8.610	2.583
		Dom Eliseu	16.650	4.995
		Floresta do Araguaia	9.225	2.767,5
		Itaituba	9.600	2.880
		Paragominas	18.238	5471,4
		Rurópolis	7.424	2.227,2
		Santarém	9.975	2.992,5
		Tucuruí	9.000	2.700
		Ulianópolis	13.400	4.020
Produção Total (Toneladas)			111.787	33.539,1
Coco (em casca)	CASCA	Acará	25.000	15.000
		Capitão Poço	13.728	8.236,8
		Moju	75.000	45.000
Produção Total (Toneladas)			113.728	68.236,8
Açaí (Fruto)	CAROÇO	Abaetetuba	165.240	140.454
		Acará	28.000	23.800
		Barcarena	19.200	16.320
		Bujaru	72.000	61.200
		Cametá	40.544	34.462,4
		Igarapé-Miri	265.200	225.420
		Limoeiro do Ajuru	38.700	32.895
		Oeiras do Pará	28.000	23.800
		Tucuruí	21.840	18.564
Produção Total (Toneladas)			678.724	576.915,4
Mandioca (Raiz)	CASCA	Acará	345.000	34.500
		Alenquer	120.000	12.000
		Belterra	144.000	14.400
		Bragança	157.500	15.750
		Ipixuna do Pará	226.900	22.690
		Itaituba	117.000	11.700
		Juruti	120.000	12.000
		Moju	80.000	8.000
		Monte Alegre	97.750	9.775
		Óbidos	120.000	12.000
		Oriximiná	200.000	20.000
		Santa Maria do Pará	140.000	14.000
		Santarém	378.000	37.800
		São Domingos do Capim	108.000	10.800
Produção Total (Toneladas)			2.354.150	235.415
Cacau (em Amêndoa)	CASCA	Altamira	3.760	20,83
		Anapu	2.028	11,23
		Brasil Novo	2.754	15,25
		Cametá	2.554	14,17
		Medicilândia	23.897	132,40
		Novo Repartimento	3.840	21,27
		Placas	6.300	34,91
		Tomé-Açu	2.150	11,91
		Uruará	6.373	35,31
Vitória do Xingú	2.392	13,25		
Produção Total (Toneladas)			56.048	310,53

Cupuaçu (Fruto)	CASCA	Abaetetuba	1.393	564,16
		Acará	4.400	1.782
		Barcarena	1.056	427,68
		Bujaru	2.100	850,5
		Concórdia do Pará	1.575	637,87
		Moju	2.400	972
		Tomé-Açu	43.500	17.617,5
		Produção Total (Toneladas)	56.424	22.851,71
Milho (em grãos)	SABUGO	Dom Eliseu	58.100	12.782
		Monte Alegre	33.750	7.425
		Paragominas	121.385	26.704,7
		Ulianópolis	36.800	8.096
		Produção Total (Toneladas)	250.035	55.007,7

Fonte: Adaptado do IBGE (2012).

Considerando os Municípios produtores acima em destaque, observa-se que em 33% deles ocorrem à presença de mais de uma cultura. A fim de ressaltar os Municípios com esta característica, é apresentada a Tabela 18. Nela observa-se o Município de Acará com maior número de culturas agrícolas existentes.

Tabela 18 – Municípios responsáveis pela produção de mais de uma cultura

Município produtor	Cultura existente
Belterra	Arroz
	Mandioca
Dom Eliseu	Arroz
	Milho
Itaituba	Arroz
	Mandioca
Paragominas	Arroz
	Milho
Santarém	Arroz
	Mandioca
Tucuruí	Arroz
	Açaí
Ulianópolis	Arroz
	Milho
Acará	Coco
	Açaí
	Mandioca
	Cupuaçu
Moju	Coco
	Mandioca
	Cupuaçu
Abaetetuba	Açaí
	Cupuaçu

Barcarena	Açaí Cupuaçu
Bujaru	Açaí Cupuaçu
Cametá	Açaí Cacau
Monte Alegre	Mandioca Milho
Tomé-Açu	Cacau Cupuaçu

Fonte: Adaptado do IBGE (2012).

Em relação à oferta de combustíveis de resíduo de biomassa agrícola para aproveitamento energético em fornos de indústrias cerâmicas, entende-se que a distância a ser percorrida no fornecimento da biomassa pode representar condição determinante para viabilidade econômica de sua utilização, onde maiores distâncias poderão representar altos custos de transporte.

Conforme já definido para esta pesquisa o resíduo de biomassa agrícola será considerado na forma sem processamento o que resultará em um maior número de viagens para seu transporte, conseqüentemente onerando a aquisição do combustível alternativo.

De acordo com levantamento agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012) a disponibilidade desses combustíveis para o distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá encontra condições de suprimento tanto favoráveis quanto desfavoráveis, onde o cenário ideal a ser admitido pressupõe a participação de Municípios produtores localizados às proximidades do distrito industrial em questão além de apresentarem o cultivo de mais de uma cultura agrícola, o que resultaria em maior garantia na oferta energética para as indústrias cerâmicas pesquisadas a um custo de transporte mais baixo.

Nesse sentido, além da possibilidade do preço cobrado por estes combustíveis representar um atrativo para sua comercialização, dado a possibilidade do seu preço de venda vir a ser considerado baixo, outros meios de minimização de seus custos devem ser destacados, conforme apresentados a seguir.

2.6 MITIGAÇÃO DE CUSTOS

Concernente aos procedimentos aliados à redução dos custos envolvidos na comercialização da biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, destacam-se:

A. Prática do frete de retorno

Em função do elevado custo de transporte, definido principalmente pela distância percorrida, o frete na modalidade rodoviária poderá ser considerado um componente muito significativo na comercialização de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, portanto, racionalizar operações de transporte pode fazer a diferença na hora de comprar a biomassa.

O aproveitamento do retorno do caminhão para o transporte de combustíveis vegetais além de aumentar a eficiência do processo, contribui para a redução do número de veículos nas estradas, reduz os níveis de poluição gerados no transporte e barateia o valor cobrado pelo frete. Assim, a prática do frete de retorno mostra-se como alternativa para o uso eficiente da operação de transporte combinado entre cargas cerâmicas e combustíveis de resíduos vegetais.

Segundo Oliveira et al. (2010), após o transporte e descarregamento da carga de ida, o veículo pode ser adequadamente carregado com uma carga secundária, para destino condicionado aos interesses estratégicos e/ou econômicos dos personagens ligados ao mercado.

Com base na referência acima descrita, admite-se os possíveis cenários associados à prática do frete de retorno:

1. Veículo saindo carregado do seu local de origem e retornando carregado com outro tipo de mercadoria para destino diferente daquele que originou o transporte de ida. Nesse caso o carregamento de retorno ocorrendo no mesmo local do descarregamento da carga de ida.
2. Veículo saindo carregado do seu local de origem e retornando carregado com outro tipo de mercadoria para o mesmo local que originou o transporte de ida. Nesse caso o carregamento de retorno ocorrendo em local distinto daquele indicado para o descarregamento da carga de ida.
3. Veículo saindo carregado do seu local de origem e retornando carregado com outro tipo de mercadoria para destino diferente daquele que originou o transporte

de ida. Nesse caso o carregamento de retorno ocorre em local distinto daquele indicado para o descarregamento da carga de ida.

4. Veículo saindo carregado do seu local de origem e retornando carregado com outro tipo de mercadoria para o mesmo local que originou o transporte de ida. Nesse caso o carregamento de retorno ocorrendo no mesmo local do descarregamento da carga de ida.

Apesar da possibilidade de outros tipos de cenários, no âmbito do contexto envolvendo o distrito industrial cerâmico localizado no município de São Miguel do Guamá e seus mercados consumidores, admite-se como viável apenas os cenários 2 e 4, os quais representam a estratégia fundamental para a realização do estudo de caso da pesquisa em questão.

B. Receita com créditos de carbono

Por meio de iniciativas pautadas no desenvolvimento sustentável no meio ambiente de indústrias cerâmicas, no Brasil, diversas indústrias do segmento da cerâmica vermelha têm sido mobilizadas para a realização de projetos de redução de carbono, tendo como destaque a metodologia adotada do carbono social, desenvolvida pelo Instituto Ecológica (IE) que tem como objetivo garantir de forma significativa a contribuição desses projetos para o desenvolvimento sustentável, os quais depois de aptos geram benefícios na área ambiental, econômica e social da empresa. Para Manfredini e Sattler (2005), os aspectos energéticos relacionados à produção de materiais são fundamentais na análise dos impactos causados pela produção deles.

Dentre as vantagens obtidas pelas indústrias cerâmicas esta a geração de receita com a negociação do crédito de carbono, recebido a partir da redução de carbono com a substituição da lenha nativa por biomassa de resíduos vegetais não lenhosos. Essas negociações podem ocorrer tanto no mercado de carbono regulado, quanto em mercados emergentes, denominados mercado voluntário.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

A disponibilidade de fontes alternativas para o abastecimento energético em fornos de indústrias cerâmicas pode representar a solução para a garantia da produção do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, dado a real possibilidade de escassez da biomassa atualmente utilizada nos fornos dessas indústrias que certamente ameaçaria sua produção. Desse modo, essa pesquisa busca considerar a possibilidade do abastecimento energético em fornos de indústrias cerâmicas a partir do aproveitamento de biomassa de resíduos agrícola e/ou extrativismo vegetal e agroindustrial, oriundos de Municípios produtores localizados no Estado do Pará, ressaltando, para tanto, a adoção da prática do frete de retorno, como estratégia para reduzir custos envolvendo a aquisição final desses combustíveis.

Destaca-se quanto aos possíveis benefícios advindos com o aproveitamento desses resíduos, a possibilidade de ganho financeiro com o mercado de crédito de carbono e o baixo valor de venda do m³ desses combustíveis, onde o preço pago pela biomassa atualmente utilizada pelas indústrias cerâmicas pesquisadas pode ser considerado superior ao cobrado pelos resíduos de biomassa propostos para este estudo.

Assim, esta pesquisa limitou-se a adoção de alternativas tecnológicas enquadradas no uso de energia renovável – emprego de biomassas de resíduos vegetais não lenhosos. Para tanto, a adoção de técnicas de pesquisa e outros procedimentos científicos foram indispensáveis para o desenvolvimento do objeto da investigação.

Desse modo, admite-se que a compreensão científica de um determinado fenômeno passa pelo entendimento da existência de abordagens que fundamentam uma investigação científica (RAPOSO; CAIXETA; ORNELAS, 2007). Nesse caso destaca-se a abordagem quantitativa, que segundo os referidos autores revela-se pela utilização da quantificação tanto na coleta quanto no tratamento das informações, por meio de técnicas estatísticas que vão desde as mais simples às mais complexas. Outro tipo de abordagem é a qualitativa que segundo os mesmos autores apresenta-se por meio de uma liberdade teórico-metodológica para realizar seu estudo.

Vale ressaltar que no campo da pesquisa científica, Gil (2002, p. 17) apresenta respectivamente sua definição como sendo “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

Quanto à classificação da pesquisa destaca-se entre os pesquisadores, a nomenclatura usual, identificada segundo seus objetivos como: exploratória, descritiva e experimental (DIEHL; TATIM, 2004). Para Gil (2002) é usual a classificação da pesquisa, com base em seus objetivos gerais e a define em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

De acordo com Raposo, Caixeta e Ornelas (2007, p. 63) a pesquisa exploratória representada pela fase preliminar ao planejamento formal do trabalho, tem como objetivo propiciar maior proximidade com o problema a fim de torná-lo mais explícito “ou a construir hipótese ou questões para o processo de investigação”. Já a pesquisa descritiva apresenta-se com o objetivo principal de descrever as características de determinada população ou fenômeno ou, então, estabelecimento de relações entre variáveis. Pode apresentar subtipos variados como: pesquisa descritiva propriamente dita; pesquisa de opinião; pesquisa de motivação; estudo de caso, entre outros.

Finalmente, a pesquisa experimental revela-se com a característica principal de manipulação direta das variáveis relacionadas ao objeto de estudo, nesse caso trata-se de situações de controle criadas e que são capazes de interferir na realidade, permitindo, com isso, explicar as causas e a forma pela qual o fenômeno é produzido.

Em relação à estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso, que segundo Yin (2001, p. 84), “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Baseado nos conceitos acima apresentados os quais norteiam o complexo processo da pesquisa, segundo a visão dialógica, o tipo de abordagem que fundamentou a investigação foi quantitativa qualitativa; e sua classificação segundo seu objetivo foi a exploratória descritiva.

A investigação utilizada apresentou-se alicerçada em diferentes fontes de evidências, inicialmente por meio de estudos e pesquisas já elaborados sobre o assunto em questão; em nível regional, nacional e internacional, e ainda por meio de entrevistas semi-estruturadas, direcionadas aos ceramistas localizados em São Miguel do Guamá e associados ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER) e aos produtores dos resíduos agrícolas, de extrativismo vegetal, e/ou agroindustriais indicados para aproveitamento como combustíveis alternativos.

Desse modo, etapas foram adotadas a fim de assegurar um padrão sistemático para sua consecução, sendo assim, o encaminhamento metodológico da pesquisa é apresentado conforme Figura 5, descrita abaixo:

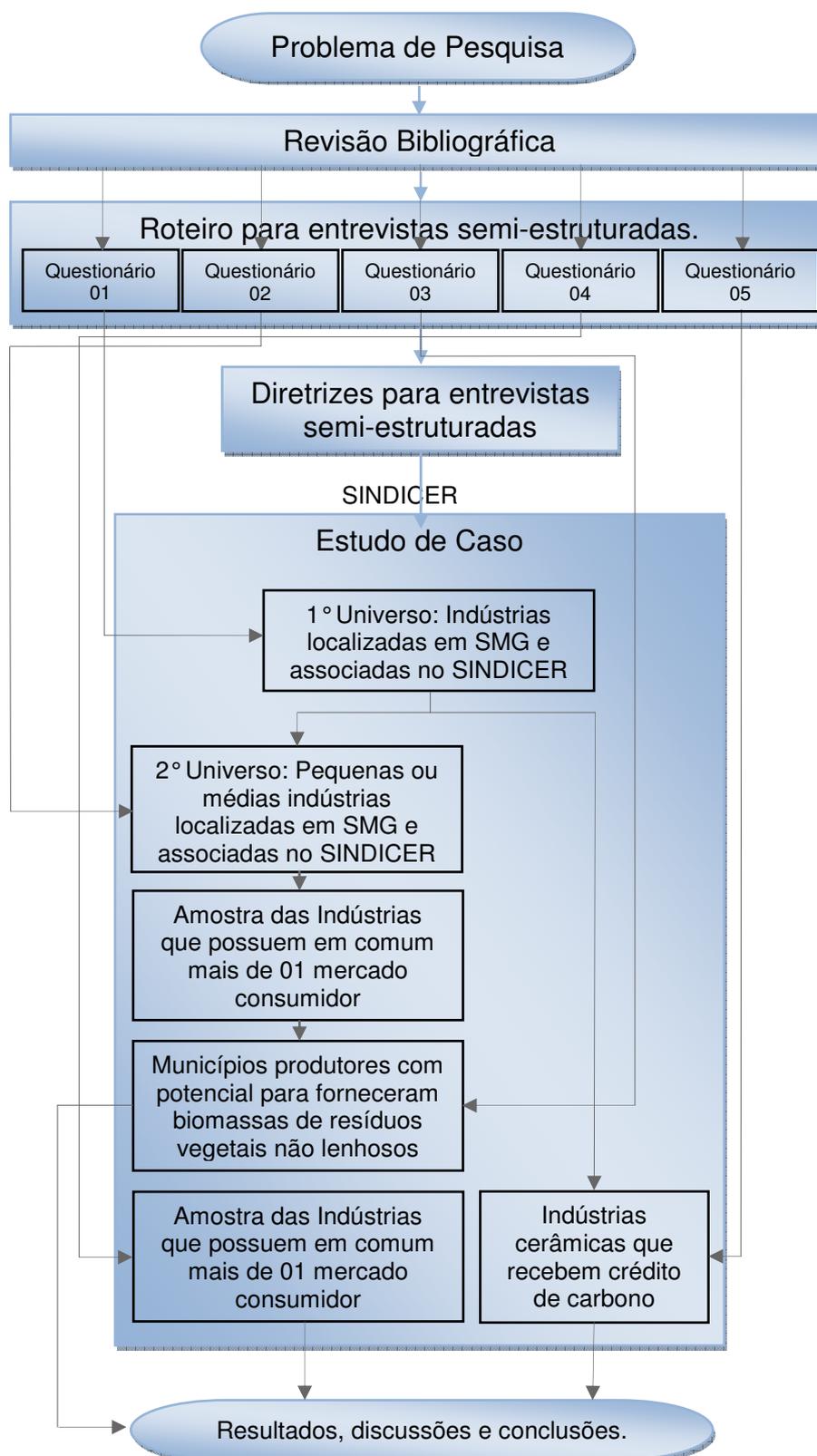


Figura 6 - Delineamento da pesquisa
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A seguir será descrita a metodologia adotada para as cinco etapas apresentadas na Figura 6, a saber, a revisão bibliográfica, roteiro para entrevistas semi-estruturadas, diretrizes para entrevistas semi-estruturadas, estudo de caso e resultados, discussões e conclusões.

3.1.1 Revisão bibliográfica

Procedeu-se com a elaboração da revisão bibliográfica sobre o tema em questão. Seu objetivo foi de descrever e examinar a bibliografia publicada, bem como apontar a existência de predisposições ou correntes de análise sobre o tema pesquisado e ainda definir o posicionamento do pesquisador em relação a tais predisposições ou correntes. Nessa fase inicial um grupo de referências foi selecionado para que uma visão panorâmica sobre o assunto fosse obtida.

Como estruturação estabelecida para pesquisa, a revisão bibliográfica foi orientada focando-se inicialmente em aspectos da indústria cerâmica vermelha tanto no Brasil como no Município de São Miguel do Guamá. Posteriormente focada em seu segundo momento, a revisão permitiu reunir informações a cerca dos tipos de biomassa renovável existentes no Brasil e no mundo e ainda sobre dados da produção agrícola no Estado do Pará.

A revisão bibliográfica contribuiu para a elaboração de proposta para análise econômica da utilização de resíduos de biomassa agrícola, de extrativismo vegetal ou da agroindústria, em fornos de indústrias cerâmicas e ainda permitiu apresentar estratégia para mitigação dos custos atribuídos a aquisição final dos resíduos de biomassa aproveitáveis para fins energéticos nesses fornos.

3.1.2 Roteiro para entrevistas semi-estruturadas

Procedeu-se a elaboração de roteiro previamente elaborado por meio da formulação de perguntas estritamente orientadas à obtenção de evidências que contribuíssem para as respostas da questão de pesquisa definida, conforme descrito a seguir. Estas perguntas representadas por questionários cujo objetivo geral foi alcançar a finalidade do estudo de caso.

Considerando cinco momentos para a realização das entrevistas semi-estruturadas, cinco questionários distintos foram elaborados, identificados por

diferentes abordagens, onde as perguntas neles formuladas foram agrupadas por blocos temáticos, conforme questionários 01, 02, 03, 04 e 05, descritos a seguir.

▪ **Questionário 01 - Indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER**

Por meio da informação do consumo de argila e principalmente da produção cerâmica mensal das indústrias entrevistadas, chega-se ao objetivo estabelecido para a utilização do questionário 01 que nesse caso é o de identificar no universo das indústrias associadas no SINDICER e localizadas no Município de São Miguel do Guamá, quais dessas indústrias seriam de pequeno ou médio porte, de acordo com a classificação adotada por Santos (2003), (ver Tabela 04) e ainda aquelas que recebem crédito de carbono como resultado da queima de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos.

Quanto à situação da indústria, ao consumo de argila e produção cerâmica.
<p>A. A indústria é associada no SINDICER – São Miguel do Guamá? B. Qual o consumo mensal de argila (m³) C. Quanto corresponde a produção mensal de peças cerâmicas da indústria? D. A indústria recebe crédito de carbono com a queima de combustível renovável?</p>

Quadro 2 - Questionário aplicado ao 1º universo de indústrias cerâmicas
 Fonte: Elaborado pelo autor.

▪ **Questionário 02 - Indústrias cerâmicas de pequeno ou médio porte localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER**

Por meio da identificação apenas das pequenas ou médias indústrias cerâmicas, pertencentes ao segundo universo das indústrias pesquisadas, se permite alcançar o objetivo estabelecido para a utilização do questionário 02 (dois) que nesse caso é o de identificar as indústrias que possuem em comum mais de 01 (um) mercado consumidor e os Municípios representados por estes mercados.

Quanto aos mercados consumidores representados por Municípios
A. Quantos são os mercados consumidores atendidos pela produção cerâmica da indústria? B. Esses mercados são representados por quais Municípios?

Quadro 3 - Questionário aplicado ao 2º universo de indústrias cerâmicas
 Fonte: Elaborado pelo autor.

▪ **Questionário 03 - Produtores agrícolas, de extrativismo vegetal ou de agroindústrias, localizados nos Municípios dos mercados consumidores.**

Por meio das informações levantadas neste questionário será permitido alcançar o objetivo estabelecido para sua utilização que nesse caso é o de identificar oportunidades de combustíveis de biomassa de resíduos agrícolas, de extrativismos vegetais ou de segmentos agroindustriais existentes nos Municípios dos mercados consumidores identificados por meio do questionário 02.

Quanto à atividade, a cultura e o tipo de lavoura correspondente.
A. O produtor pratica qual atividade(s) (agrícola, agroindustrial, extrativismo, etc)? B. Essa atividade corresponde ao qual tipo de cultura? C. Que tipo de lavoura corresponde essa cultura (temporária ou permanente)? D. Há intenção do produtor pelo cultivo de outras culturas? Quais?
Quanto à quantidade produzida, período da safra, formas de ganho financeiro e natureza dos resíduos
A. Qual a produção mensal gerada por meio da atividade praticada? B. Quais os meses das maiores colheitas agrícolas, de extrativismo ou da coleta de resíduos da atividade agroindustrial? C. Quais as formas de ganho com a atividade praticada? D. Qual a natureza dos resíduos gerados com a atividade praticada?
Quanto ao destino, tratamento, valor e interesse na comercialização.
A. Qual o destino dado aos resíduos gerados na atividade praticada? B. Há algum tipo de tratamento dado aos resíduos aproveitados tanto internamente quanto para a comercialização? C. Qual o valor cobrado pelo resíduo aproveitado por segmentos externos? D. O produtor teria interesse pela comercialização do resíduo? Qual o valor estimado para sua comercialização?

Quadro 4 - Questionário aplicado ao 4º universo de indústrias cerâmicas
 Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Questionário 04 - Indústrias cerâmicas de pequeno ou médio porte, localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER que possuem em comum mais de 01 (um) mercado consumidor.**

Por meio das informações levantadas neste questionário será permitido alcançar o objetivo estabelecido para sua utilização que nesse caso é o de subsidiar a realização da etapa correspondente aos resultados, discussões e conclusões, que objetivam responder a pergunta da pesquisa.

Quanto ao transporte, custo e mercado consumidor da produção cerâmica.
A. A distribuição das peças cerâmicas é realizada em veículo próprio? B. Qual o custo cobrado pelo frete?
Quanto ao tipo de biomassa, sua origem, demanda e seu custo.
A. Qual o tipo de energia utilizada nos fornos da indústria cerâmica? B. Qual a origem desses combustíveis? C. Qual o consumo mensal de cada tipo de biomassa utilizada (m ³ , toneladas, etc.)? D. Qual o custo mensal com a aquisição desses combustíveis?
Quanto à produção cerâmica e dificuldades em seu suprimento energético
A. Há perspectiva no aumento atual da produção cerâmica da indústria? B. Existe dificuldade no fornecimento da biomassa atualmente utilizada? Qual? C. Por quanto tempo mais o atual combustível poderá atender a demanda energética decorrente da produção cerâmica da empresa?

Quadro 5 - Questionário aplicado a amostra de indústrias cerâmicas

Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Questionário 05 - Indústrias pesquisadas que recebem crédito de carbono (3º Universo)**

Por meio das informações levantadas neste questionário será permitido alcançar o objetivo estabelecido para sua utilização que nesse caso é o de subsidiar a realização da etapa correspondente aos resultados, discussões e conclusões, que objetivam responder a pergunta da pesquisa.

Quanto à atividade, a cultura e o tipo de lavoura correspondente.
A. Quais as biomassas de resíduos vegetais não lenhosos ou industriais são utilizadas pela indústria? B. Qual a origem desses combustíveis? C. Em que circunstâncias a indústria passou a utilizar na etapa de queima das peças cerâmicas a biomassa de serragem e caroço de açaí? D. Há algum tipo de dificuldade em seu fornecimento? Qual?
Quanto ao recebimento, produto final, adaptação de fornos e custo da biomassa.
A. Os combustíveis utilizados nos fornos cerâmicos recebem antes algum tipo de tratamento? Qual? B. Houve algum tipo de influência na qualidade do produto cerâmico final com a utilização da biomassa? C. Para a utilização da biomassa houve algum tipo de adaptação necessária nos fornos cerâmicos? D. Em termos percentuais o valor financeiro pago pelo atual combustível alternativo é maior ou menor ao anteriormente pago pela antiga biomassa (lenha nativa)?
Quanto a outros combustíveis, crédito de carbono e ganho financeiro.
A. O ceramista vê a possibilidade de aproveitamento de novos combustíveis alternativos? Quais? B. Quais aspectos foram considerados determinantes para minimizar os custos advindos da aquisição da biomassa alternativa? C. Quanto tempo a indústria recebe crédito para negociação no mercado de carbono? Quanto aproximadamente corresponde o seu ganho financeiro? D. Quais os procedimentos que foram necessários para que a indústria passasse a receber créditos de carbono? Quanto foi o investimento aproximado gasto com esses procedimentos?

Quadro 6 - Questionário aplicado ao 3º universo de indústrias cerâmicas
 Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.3 Diretrizes para entrevistas semi-estruturadas

Considerando os cinco questionários anteriormente apresentados, instrumentos para a realização da entrevista, sua utilização não restringiu o pesquisador apenas às perguntas nele contidas, ao contrário disso, por meio dele outras perguntas foram feitas na tentativa de compreender a informação que estava sendo transmitida, até mesmo sobre questões momentâneas ao andamento da entrevista. Para tanto se utilizou, com o consentimento dos entrevistados, aparelho gravador, onde ao final das entrevistas foi realizada a transcrição do conteúdo por ele armazenado.

A critério do pesquisador os nomes das indústrias cerâmicas entrevistadas não foram revelados, sendo convencionado no lugar destes a utilização de letras do alfabeto português.

Para melhor garantir o acesso as indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá, foi realizado contato inicial com o Sindicato

local das Indústrias Cerâmicas (SINDICER), apresentando a intenção da pesquisa e solicitando sua articulação junto as indústrias que seriam entrevistadas. Isto feito procedeu-se a cinco momentos distintos para a realização das entrevistas, sendo quatro desses junto às indústrias cerâmicas do estudo em questão e um momento junto aos produtores agrícolas, de extrativismo vegetal e em agroindústrias, localizadas nos Municípios dos mercados consumidores de peças cerâmicas.

No primeiro momento de entrevista, foi utilizado como roteiro para sua realização o questionário 01, direcionado apenas as indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER.

No segundo momento de entrevista, foi utilizado como roteiro para sua realização o questionário 02, direcionado apenas as pequenas e médias indústrias cerâmicas, localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER.

No terceiro momento de entrevista, foi utilizado como roteiro para sua realização o questionário 03, direcionado aos produtores agrícolas e/ou agroindústrias localizadas nos Municípios dos mercados consumidores das indústrias cerâmicas identificadas por meio do questionário 02. Vale ressaltar que nesse caso as culturas consideradas no cultivo desses produtores foram aquelas descritas no tópico 2.4.1 desta pesquisa.

No quarto momento de entrevista, foi utilizado como roteiro para sua realização o questionário 04, direcionado apenas as pequenas e médias indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER e que possuíam em comum mais de 01 mercado consumidor atendido pela produção cerâmica da indústria.

Finalmente, no quinto momento de entrevista, foi utilizado como roteiro para sua realização o questionário 05, direcionado ao terceiro universo das indústrias cerâmicas pesquisadas notadamente aquelas que recebem crédito de carbono por meio da utilização da biomassa de caroço de açaí e serragem.

Com isso concluiu-se a penúltima etapa do delineamento da pesquisa. Na sequência será abordada a metodologia utilizada para o estudo de caso.

3.1.4 Estudo de caso

Apesar de serem aproximadamente 42 as indústrias cerâmicas integradas ao distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, optou-se por considerar, para o estudo de caso, apenas aquelas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas ao SINDICER, que neste caso representaram 22 indústrias.

Como objetivo, esta pesquisa buscou identificar oportunidades para o abastecimento energético em fornos de indústrias cerâmicas, considerando dois aspectos: a oferta de combustíveis alternativos e formas de mitigação dos custos de sua aquisição.

Considerando, sobretudo a preservação e o crescimento da pequena ou média indústria cerâmica, foi realizado o penúltimo momento das entrevistas semi-estruturadas, com foco exclusivamente nas oportunidades de abastecimento energético para indústrias com esse tipo de perfil, ressaltando como possibilidades o aproveitamento de resíduos oriundos de segmentos agrícolas, agroindustriais e/ou extrativismo vegetal e a prática do frete de retorno. Sendo assim as indústrias pesquisadas no quarto momento de entrevistas do estudo de caso foram àquelas pertencentes ao universo das pequenas ou médias indústrias cerâmicas, localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER) e que possuíam em comum mais de 01 mercado consumidor atendido pela produção cerâmica da indústria.

Vale ressaltar que dentre as informações levantadas, no âmbito das indústrias cerâmicas pesquisadas no primeiro e segundo momento das entrevistas semi-estruturadas, aquela que potencializou a identificação dos Municípios considerados para o fornecimento de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos foi a identificação das indústrias que possuíam em comum mais de 01 (um) mercado consumidor atendidos por suas produções cerâmicas, uma vez que para esta pesquisa, conforme anteriormente esclarecido, adotou-se como logística para o transporte da biomassa a prática do frete de retorno.

Por outro lado, por meio do levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará (IBGE, 2012), foi possível conhecer além das culturas existentes e seus Municípios produtores, a produção (toneladas) obtida correspondente a cada uma dessas culturas, onde por meio destas informações foi possível conhecer a

disponibilidade das culturas cultivadas nos Municípios considerados para o fornecimento de biomassa.

3.1.4.1 Resultados, análises e conclusões.

Tendo e vista o problema e o objetivo adotado para a pesquisa em questão, o desenvolvimento do estudo de caso percorreu de modo sequencial, três momentos distintos: a coleta de dados, por meio das informações colhidas nas entrevistas semi-estruturadas, transcrição e análise dos resultados alcançados. Em relação à análise dos resultados, destaca-se que sua discussão permitiu chegar à proposição que possibilitou elaborar a conclusão da pesquisa.

A. Informações coletadas

As informações obtidas estritamente em consonância com o objetivo e a questão de pesquisa, foram reunidas considerando o encadeamento existente entre elas, assim a cada momento de entrevistas realizadas, um passo era dado em direção às respostas consideradas para a questão e conseqüentemente a consecução do objetivo da pesquisa.

Desse modo, para o primeiro momento de entrevistas semi-estruturadas, procedeu-se a identificação do primeiro universo do estudo de caso, representado pela quantificação do número de indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER. Tal informação pôde ser obtida no próprio SINDICER.

Após a realização de entrevistas com as indústrias do primeiro universo, chegou-se a identificação da quantidade de indústrias cerâmicas de pequeno ou médio porte correspondentes ao segundo universo pesquisado bem como ao terceiro universo de indústrias, representadas por aquelas que recebem crédito de carbono.

No segundo momento das entrevistas semi-estruturadas, o qual teve como foco as indústrias cerâmicas do segundo universo pesquisado, procedeu-se a identificação da amostra das indústrias cerâmicas que possuem em comum mais de um (01) mercado consumidor, bem como dos seus mercados consumidores, representados por Municípios do Estado do Pará.

Diante da identificação desses Municípios e considerando as dez (10) culturas agrícolas escolhidas para esta pesquisa (ver tópico 2.4.1), foi permitido

identificar, por meio do levantamento sistemático da produção agrícola (IBGE, 2012), quais dessas culturas poderiam ser encontradas nos Municípios identificados e assim realizar o terceiro momento de entrevistas.

Dirigido à amostra das indústrias cerâmicas que possui em comum mais de um (01) mercado consumidor, o quarto momento das entrevistas foi realizado visando o levantamento de subsídios para as respostas correspondentes à questão de pesquisa. Ressalta-se que em conjunto a este momento, foi realizado o quinto e último momento de entrevistas, tendo como universo de investigação as indústrias cerâmicas que recebem crédito de carbono.

Com base nas informações obtidas nos cinco momentos das entrevistas foram identificadas as diretrizes para se atingir o objetivo da investigação.

Vale ressaltar que, de acordo com a intenção da pesquisa, duas foram as propostas sugeridas em seu escopo: a oferta de combustíveis alternativos oriundos de atividades agrícolas, agroindustrial e extrativismo e estratégia para mitigação dos custos relativos à aquisição dessas biomassas.

Para tanto se buscou reunir em dois grupos distintos as informações correspondentes a cada uma dessas propostas, conforme descrito a seguir:

- 1º Grupo – fontes de evidências para identificação da disponibilidade de combustíveis alternativos.
- 2º Grupo – fontes de evidências para viabilidade de proposta de redução de custos.

B. Análise das informações.

A análise do conteúdo coletado foi realizada de acordo com os objetivos considerados para cada questionário adotado como roteiro das entrevistas semiestruturadas, ressaltando que ao final da análise dos dados obtidos nos cinco momentos de entrevistas, avaliou-se a viabilidade econômica para o aproveitamento dos novos combustíveis alternativos identificados, no âmbito dos custos com transportes.

C. Conclusões

Por fim, a partir da análise das fontes de evidências coletadas, foi permitido realizar a conclusão da pesquisa.

4 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

Optou-se inicialmente em proceder com a apresentação antecipada dos universos e amostra que foram objetos de investigação nos cinco momentos de entrevistas semi-estruturadas. Desse modo, observa-se na Figura 7 que os universos submetidos ao estudo de caso apresentaram variações em seus quantitativos, onde a partir do primeiro universo das indústrias cerâmicas, foi possível chegar à amostra de indústrias de médio porte que possuem em comum mais de um mercado consumidor e, por conseguinte aos Municípios produtores de resíduos agrícolas.

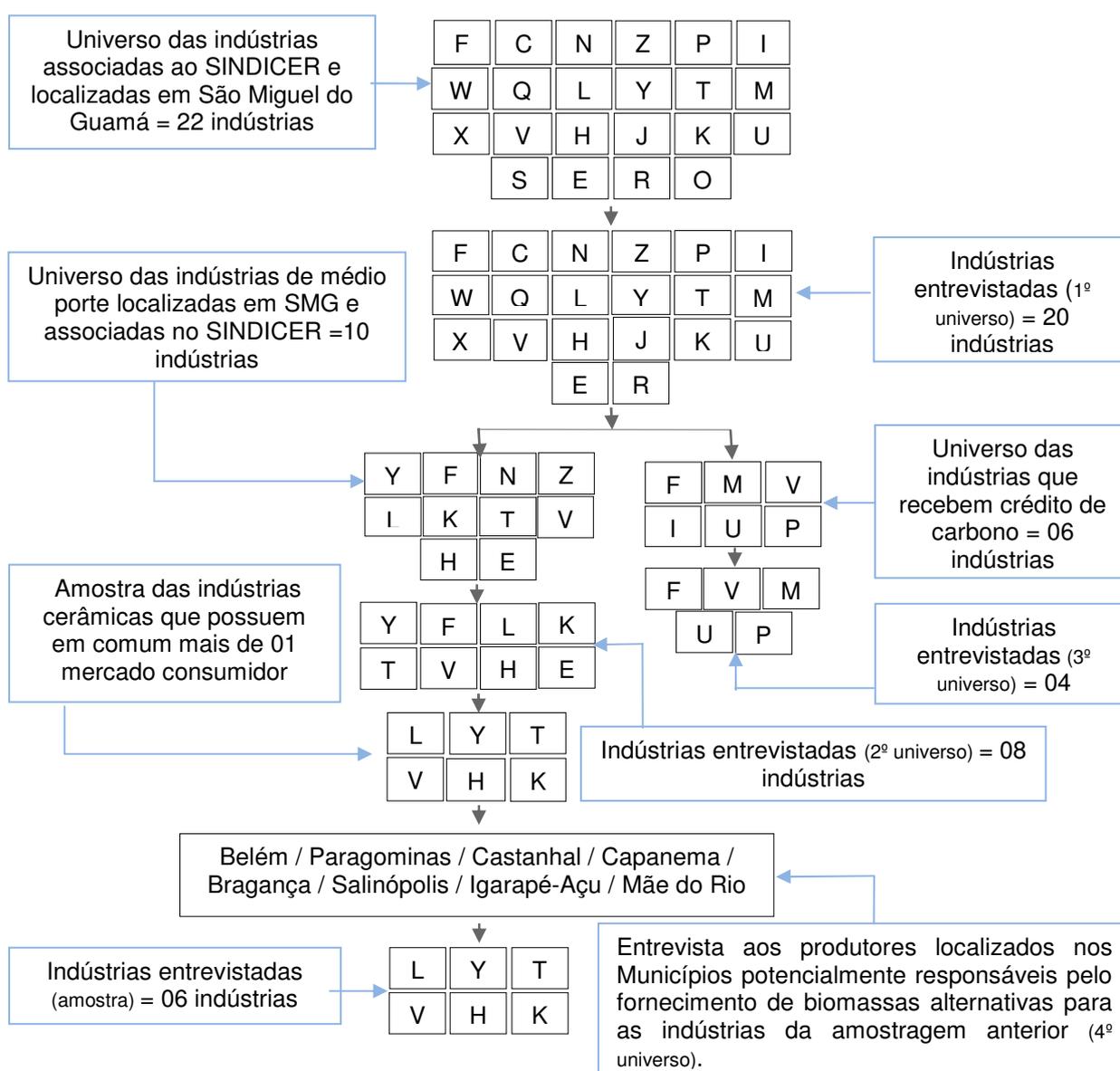


Figura 7 - Universos e amostras investigadas no estudo de caso
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

4.1 RESULTADOS DO PRIMEIRO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: indústrias localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER

Por intermédio do SINDICER iniciou-se o primeiro momento de entrevistas semi-estruturadas, ressaltando que duas (2) das vinte e duas (22) indústrias que se enquadravam na condição estabelecida para o estudo em campo não manifestaram interesse em participar da pesquisa, optando assim por não receberem a visita do pesquisador. Dessa forma, os dados coletados no primeiro momento de entrevistas foram os seguintes:

Tabela 19 – Consumo de argila e produção cerâmica mensal das indústrias cerâmicas do primeiro universo

Indústria cerâmica	Consumo mensal de argila (m ³)	Produção cerâmica mensal ⁹
“F”	370	442.000
“C”	1350	720.000
“N”	1100	500.000
“Z”	1150	500.000
“P”	1310	1000.000
“I”	2450	1.188.100
“W”	1620	1.100.000
“Q”	1000	1000.000
“L”	1100	500.000
“Y”	1300	600.000
“T”	340	400.000
“M”	1220	725.000
“X”	2400	1.200.000
“V”	1156	588.100
“H”	330	400.000
“J”	3300	2.732.36
“K”	1200	550.000
“U”	3220	2.470.273
“E”	100	500.000
“R”	2000	1.500.000

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Diante da relação estabelecida entre os valores de consumo de argila m³/mês e a produção cerâmica mensal para cada perfil classificado (Tabela 4) percebeu-se que os quantitativos obtidos, das mesmas variáveis das indústrias pesquisadas, não apresentaram as mesmas proporções, sendo assim optou-se em considerar para a classificação dessas indústrias apenas os quantitativos da

⁹ Blocos/tijolos e telhas cerâmicas.

variável “produção de peças”. Desse modo o perfil classificado para as vinte indústrias entrevistadas foram:

Tabela 20 – Classificação do perfil de cada indústria

Indústria cerâmica	Perfil
“F”	Média
“C”	Grande
“N”	Média
“Z”	Média
“P”	Grande
“I”	Grande
“W”	Grande
“Q”	Grande
“L”	Média
“Y”	Média
“T”	Média
“M”	Grande
“X”	Grande
“V”	Média
“H”	Média
“J”	Grande
“K”	Média
“U”	Grande
“E”	Média
“R”	Grande

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Nota-se que as indústrias “C” e “M” apesar de apresentarem valores de produção cerâmica abaixo de 800.000 peças/mês foram classificadas como grandes empresas, dado a proximidade desses valores ao limite considerado para o perfil das grandes empresas e a incerteza da informação transmitida por seus entrevistados.

Conforme observado na Tabela 20, a classificação resultante para definição dos perfis das indústrias cerâmicas entrevistadas foi apenas em média e grande empresa, não existindo a classificação de pequena empresa. Como para esta pesquisa optou-se por não considerar na amostragem de indústrias do estudo de caso aquelas com perfil de grande empresa, no caso em questão, restou considerar as indústrias de médio porte, que nesse caso corresponderam a 10 indústrias.

4.2 RESULTADOS DO SEGUNDO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: médias indústrias localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER

Objetivando a realização do segundo momento de entrevistas semi-estruturadas, tendo como foco o universo das 10 indústrias anteriormente consideradas, foi realizada visita a essas indústrias, onde 02 delas se negaram a prosseguir com as entrevistas, alegando falta de tempo para atender o pesquisador. Desse modo os dados coletados junto às 08 indústrias entrevistas foram os descritos abaixo:

Indústrias cerâmicas	Mercados consumidores (Municípios)
"Y"	Belém Paragominas Tucuruí
Total de mercados consumidores	03
"F"	Belém Ananindeua
Total de mercados consumidores	02
"L"	Belém Igarapé-Açu Salinópolis Santa Maria do Pará
Total de mercados consumidores	04
"K"	Belém Castanhal Mãe do Rio Salinópolis São Miguel do Guamá
Total de mercados consumidores	05
"T"	Belém Castanhal Bragança Curuçá Marudá
Total de mercados consumidores	05
"V"	Belém Castanhal Capanema Paragominas
Total de mercados consumidores	04
"H"	Belém Bragança Capanema Igarapé-Açu Mãe do Rio Mosqueiro Salinópolis Tomé-Açu
Total de mercados consumidores	08
"E"	Belém Primavera
Total de mercados consumidores	02

Quadro 7 – Municípios dos mercados consumidores atendidos pela produção cerâmica das indústrias
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Diante dos dados apresentados no quadro anterior, observou-se em relação às indústrias “E” e “F” que estas não possuem em comum, com as demais indústrias do universo pesquisado, mais de 01 mercado consumidor, sendo assim a amostra das indústrias com esta característica foi representada pelas 06 indústrias cerâmicas descritas abaixo:

- Indústria “L”
- Indústria “Y”
- Indústria “T”
- Indústria “V”
- Indústria “H”
- Indústria “K”

Os Municípios atendidos pela produção cerâmica de mais de uma dessas indústrias são Belém, Paragominas, Castanhal, Capanema, Bragança, Salinópolis, Igarapé-Açu e Mãe do Rio.

4.3 RESULTADOS DO TERCEIRO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: Municípios produtores com potencial para fornecerem biomassas de resíduos vegetais não lenhosos

Considerando a previsão de uma quantidade expressiva de produtores agrícolas, de extrativismo vegetal ou agroindústrias que poderiam ser identificados em cada um dos 08 (oito) Municípios selecionados para esta pesquisa, para que fosse viável a realização das entrevistas semi-estruturadas, optou-se por restringir o universo dos entrevistados apenas aos Municípios de Belém, Castanhal e Bragança onde as culturas cultivadas nesses Municípios (Agrícola, extrativismo ou agroindústria) são de Arroz, Milho, Mandioca, Açaí, Castanha do Pará e Cupuaçu. Desse modo os dados coletados junto aos entrevistados foram os descritos abaixo:

4.3.1 Município de Belém

4.3.1.1 Açaí

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com açaí compreende tanto a atividade agrícola quanto agroindustrial, onde a atividade agrícola do açaí

corresponde a lavoura permanente. O produtor informou que além do açaí, o mesmo tem planos para o cultivo do cupuaçu, andiroba, virola e cacau.

Como resultado da atividade agroindustrial, no caso o beneficiamento do açaí, a produção mensal da empresa chega a aproximadamente 300 toneladas de polpas por mês, onde os meses das maiores safras do açaí correspondem àqueles compreendidos no período de agosto a dezembro.

A única forma de ganho financeiro da empresa com o beneficiamento do açaí é por meio da venda de sua polpa.

Em relação ao caroço do fruto, o entrevistado explicou que o mesmo é doado a segmentos industriais cerâmicos localizados no Município de São Miguel do Guamá e na região da Alça Viária, principal elo entre Belém e o Sul do Pará. Ressalta ainda que esses resíduos são doados sem que recebam qualquer tipo de tratamento.

Para o entrevistado R\$ 5,00 (R\$0,20/kg) seria um valor razoável a ser pago pelo m³ do resíduo, embora reconhecendo que é o mercado quem determinaria o preço para uma possível comercialização do produto.

4.3.1.2 Castanha do Pará

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com a castanha do Pará é apenas agroindustrial. O produtor informou que não tem planos para o cultivo de outras culturas.

Segundo o proprietário da agroindústria não há uma produção mensal exata, pois se trata de um produto que varia de acordo com a disponibilidade de matéria-prima na natureza. Os meses das maiores safras correspondem a abril e maio.

A forma de ganho financeiro da empresa com o beneficiamento da castanha do Pará é por meio da comercialização da castanha com casca, por meio apenas da amêndoa, do óleo da castanha e por meio da comercialização da casca. O entrevistado explica que a casca também é usada na própria indústria para geração de energia térmica em caldeiras ou fornos.

Em relação à casca da castanha, o entrevistado explicou que esses resíduos são utilizados ou comercializados sem que recebam qualquer tipo de tratamento.

Apesar de demonstrar interesse em consolidar a comercialização das cascas da castanha do Pará junto a ceramistas de São Miguel do Guamá, o entrevistado

preferiu não sugerir o preço a ser eventualmente cobrado pelo m³ desse tipo de combustível.

4.3.2 Município de Castanhal

4.3.2.1 Açaí

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com açaí representa apenas a atividade agroindustrial. O produtor informou que além da polpa do açaí não pretende trabalhar no beneficiamento de outros tipos de frutos.

Para a comercialização de polpas de açaí no ano de 2012, a agroindústria recebeu somente nos meses de julho, agosto, novembro e dezembro o total de 287,82 toneladas do fruto (244,65 toneladas de resíduos). Os meses em que a empresa mais comprou frutos para o beneficiamento foram setembro e outubro, chegando respectivamente à quantidade de 213,22 e 205,07 toneladas (181,24 e 174,30 toneladas de resíduos).

A única forma de ganho financeiro da empresa com o beneficiamento do açaí é por meio da venda de sua polpa.

Em relação ao caroço do fruto, o entrevistado explicou que o mesmo é doado a segmentos industriais cerâmicos. Ressalta ainda que esses resíduos são doados sem que recebam qualquer tipo de tratamento.

O entrevistado mostrou-se interessado na comercialização do resíduo, mas não tem ideia do valor que poderia ser cobrado pela sua venda.

4.3.2.2 Cupuaçu

O entrevistado relatou que o trabalho desenvolvido com o cupuaçu é apenas agroindustrial, onde a empresa compra o fruto para beneficiamento. Outros frutos são também adquiridos para beneficiamento na agroindústria como o maracujá, o muruci, acerola, goiaba, taperebá.

Como resultado da atividade agroindustrial, a empresa processa em média apenas nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Junho a quantidade 55.294,77

frutos/mês (1,5kg/fruto¹⁰↔33,18 toneladas de resíduos), sendo fevereiro o mês de maior beneficiamento do cupuaçu com consumo de 144.166,20 frutos (86,5 toneladas de resíduos).

A única forma de ganho financeiro da empresa com o beneficiamento do cupuaçu é por meio da venda de sua polpa.

Em relação aos resíduos gerados no beneficiamento do cupuaçu, a entrevistada informou que estes são a casca e a semente do fruto e o destino desses resíduos geralmente é para aproveitamento como ração animal ou plantação das sementes para produção de “cupulates”. No caso da casca, a entrevistada relatou que estas são doadas em quanto que as sementes são vendidas. Ambos os resíduos não recebem qualquer tipo de tratamento antes de serem fornecidos.

Apesar de demonstrar interesse pela comercialização da casca do cupuaçu o entrevistado acredita que a definição do seu preço deveria ocorrer a partir de acordo com os ceramistas interessados em seu aproveitamento.

4.3.3 Município de Bragança

4.3.3.1 Arroz

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com o arroz de várzea representa a atividade agrícola, e o tipo de lavoura correspondente a esta cultura é a temporária. O produtor informou ainda que tem planos para trabalhar com atividades agroflorestais.

Como resultado do cultivo do arroz de várzea, o agricultor informa que por mês produz cerca de 1 tonelada (300 kg de casca), ressaltando que os meses das maiores colheitas são agosto e setembro. O ganho financeiro do agricultor com o cultivo do arroz é unicamente a partir do seu beneficiamento.

Em relação aos resíduos gerados no beneficiamento do arroz, o entrevistado informou que estes são a casca e palha do arroz, onde a palha é espalhada no local da coleta para servir de adubo e a casca é doada a granjeiros da região. Ambos os resíduos não recebem qualquer tipo de tratamento antes de serem aproveitados.

¹⁰ <http://www.ceplac.gov.br/radar/cupuacu.htm>

Admitindo ter interesse na comercialização da casca do arroz o entrevistado acredita que a definição do seu preço deveria ocorrer a partir de acordo com os ceramistas interessados em seu aproveitamento.

4.3.3.2 Mandioca

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com a mandioca representa a atividade de extrativismo, e o tipo de lavoura correspondente a esta cultura é a permanente. O produtor informou ainda que não pretende trabalhar no cultivo de outras culturas.

Como resultado do extrativismo praticado, o agricultor informa que por mês colhe cerca de 350 kg de mandioca (17,85 kg de casca), ressaltando que os meses das maiores colheitas são julho, setembro, outubro, novembro e dezembro. O ganho financeiro do agricultor com a mandioca é unicamente com a produção de farinha.

Em relação aos resíduos gerados no beneficiamento da mandioca, o entrevistado informou que estes são apenas a casca da mandioca, os quais são destinados como adubo para bananeiras plantadas pelo agricultor. No caso do aproveitamento destes resíduos, o agricultor informa que não ocorre qualquer tipo de tratamento antes de sua utilização.

O agricultor mostrou-se interessado na comercialização da casca da mandioca, mas não tem ideia do valor que poderia ser cobrado pela sua venda.

4.3.3.3 Milho

O entrevistado relatou que seu trabalho desenvolvido com o milho representa a atividade de extrativismo, e o tipo de lavoura correspondente a esta cultura é a permanente. O produtor informou ainda que não pretende trabalhar no cultivo de outras culturas.

O agricultor não informou a quantidade mensal colhida de milho, porém informou que os meses das maiores colheitas são maio e dezembro. O ganho financeiro do agricultor com o cultivo do milho é unicamente com os grãos.

Em relação aos resíduos gerados no beneficiamento do milho, o entrevistado informou que estes são apenas a palha e a sabugo, os quais são queimados no campo.

O agricultor mostrou-se interessado na comercialização tanto da palha quanto do sabugo do milho, mas não tem ideia do valor que poderia ser cobrado pela sua venda.

De acordo com as informações levantadas no terceiro momento de entrevistas, verificou-se, com exceção do resíduo da casca da castanha do Pará, que os produtores ao doarem os resíduos gerados em suas atividades agrícolas e/ou agroindustriais, deixam de obter ganhos financeiros na comercialização de um importante recurso energético, utilizado como combustível inclusive em fornos cerâmicos.

4.4 RESULTADOS DO QUARTO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: A mostra das indústrias que possuem em comum mais de um mercado consumidor

4.4.1 Indústria cerâmica “L”

A empresa entrevistada relatou que possui veículo próprio para o transporte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Igarapé-Açu, Salinópolis e Santa Maria do Pará, porém ressalta, que em determinados momentos, para que o fornecimento das mercadorias seja realizado a contento a empresa utiliza serviços de locação de veículos, sendo os valores do frete cobrado por seus proprietários os descritos abaixo:

	Para: BELÉM: R\$ 500,00
De: SÃO MIGUEL DO GUAMÁ	Para: IGARAPÉ-AÇÚ: R\$ 450,00
	Para: SALINÓPOLIS: R\$ 450,00
	Para: SANTA MARIA DO PARÁ: R\$ 300,00

O tipo de energia mais utilizada nos fornos da indústria é o pó de serragem, correspondendo a 90% dos combustíveis utilizados. Os outros 10% correspondem

ao uso de lenha oriunda de madeira certificada de serrarias localizadas no Município de São Miguel do Guamá. Segundo o entrevistado o pó de serragem é também proveniente dessas serrarias.

A demanda mensal da indústria por esses combustíveis em média é de 300m³ (75 toneladas) para o pó de serragem e 96m³ (16,8 toneladas) para a lenha. O valor de uma carrada (12 m³) do pó de serragem (12 m³ ↔ 3 toneladas) corresponde a R\$150,00 e o da lenha (12 m³ ↔ 2,1 toneladas) R\$180,00.

Com a meta de aumentar a produção cerâmica atual de 45 a 50 carradas/mês para 80 carradas/mês de tijolo, a indústria cerâmica investiu na compra de novos equipamentos, prevendo inclusive a contratação de mais mão-de-obra em seu quadro funcional.

De acordo com o relato da indústria, as principais dificuldades encontradas no fornecimento da biomassa de resíduos de serraria é o rigor da fiscalização dos órgãos ambientais responsáveis pelo controle da comercialização desses resíduos, o alto preço cobrado e a disponibilidade desses combustíveis que, segundo o entrevistado, tem se mostrado cada vez mais escasso, restando ao ceramista a procura de novos tipos de combustíveis.

A indústria informou que efetuou testes de combustão com a fibra e o caroço de dendê, os quais apresentaram boas queimas. Na visão do ceramista o suprimento energético com combustíveis de resíduos de serraria poderá ser garantido por mais cinco anos, tempo teoricamente estimado para que a indústria recorra às novas fontes de combustíveis alternativos.

4.4.2 Indústria cerâmica “Y”

A empresa entrevistada relatou que possui apenas 01 veículo próprio, e por isso a maior parte do transporte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Paragominas e Tucuruí, é realizada por veículos locados. Os valores do frete cobrado pelos proprietários desses veículos estão descritos abaixo. Para o Município de Tucuruí o valor do frete não foi informado.

De: **SÃO MIGUEL DO GUAMÁ** Para: BELÉM: R\$ 500,00
Para: PARAGOMINAS: R\$ 650,00

Os tipos de energia mais utilizados nos fornos da indústria são de resíduos de serraria como o pó de serragem e lenha. Segundo o entrevistado o pó de serragem origina-se de Belém e de São Miguel do Guamá. A lenha geralmente origina-se do Município de Belém.

A demanda mensal da indústria por esses combustíveis em média é de 882m³ (220,5 toneladas) para o pó de serragem e 315m³ (55,12 toneladas) para a lenha.

A indústria tem intenção de aumentar sua produção atual, para tanto tem planejado realizar mudanças que favoreçam a fabricação mensal de um número maior de peças cerâmicas.

De acordo com o relato da indústria, a principal dificuldade encontra-se no fornecimento da lenha dado o rigor da fiscalização dos órgãos ambientais responsáveis pelo controle da comercialização desses resíduos e a disponibilidade desses combustíveis que, segundo o entrevistado, tem se mostrado cada vez mais limitada devido a crescente procura inclusive por parte de outros segmentos industriais, restando ao ceramista a procura de novos tipos de combustíveis.

4.4.3 Indústria cerâmica “T”

A empresa entrevistada relatou que possui veículo próprio para o transporte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Bragança, Castanhal, Curuçá e Marudá, porém ressalta, que em determinados momentos, para que o fornecimento das mercadorias seja realizado a contento a empresa utiliza serviços de locação de veículos, sendo os valores cobrados pelo frete desses veículos os descritos a seguir. Vale esclarecer que o valor atribuído ao custo do frete para o Município de Marudá não foi informado pelo entrevistado.

De: **SÃO MIGUEL DO GUAMÁ**

Para: BELÉM: R\$ 550,00

Para: BRAGANÇA: R\$ 580,00

Para: CASTANHAL: R\$ 350,00

Para: CURUÇÁ: R\$ 550,00

Os tipos de energia utilizados nos fornos da indústria são o pó de serragem e a lenha, ambos oriundos de madeiras certificadas de serrarias localizadas no Município de São Miguel do Guamá. A demanda mensal da indústria por esses combustíveis em média é de 600m³ (150 toneladas) para o pó de serragem e 400m³ (70 toneladas) para a lenha.

A indústria informou que existe expectativa para aumentar sua produção cerâmica atual, porém não relatou as medidas que pretende tomar para que isso aconteça.

De acordo com o relato da indústria, não existe dificuldade no fornecimento da biomassa de resíduos de serraria, porém reconhece que apesar de atualmente abundante, o suprimento energético com esses combustíveis poderá vir a se tornar escasso nos próximos 3 a 4 anos, tempo teoricamente estimado para que a indústria recorra às novas fontes de combustíveis alternativos.

4.4.4 Indústria cerâmica “V”

A empresa entrevistada relatou que possui veículo próprio utilizado geralmente para o transporte de parte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Capanema, Castanhal e Paragominas. Esclareceu ainda que para reduzir despesas com transporte, alguns clientes optam em se responsabilizar pelo transporte de seus produtos, utilizando caminhões próprios ou fretados.

Quando a compra das peças cerâmicas inclui a sua distribuição, a indústria cobra separadamente os seguintes valores do frete prestado, em seu próprio veículo:

De: **SÃO MIGUEL DO GUAMÁ**

Para: BELÉM: R\$ 550,00
Para: CASTANHAL: R\$ 370,00
Para: CAPANEMA: R\$ 430,00
Para: PARAGOMINAS: R\$ 650,00

Quanto aos combustíveis utilizados para queima nos fornos da indústria, a gerente da empresa informou que os dois tipos de resíduos aproveitados são o caroço do açaí e o pó de serragem, onde após serem misturados, estes combustíveis são lançadas nos fornos da indústria.

Em relação à sua origem, a entrevistada informou que o pó de serragem é oriundo de serrarias localizadas nos Municípios de Mosqueiro, Concórdia do Pará e São Miguel do Guamá, enquanto o caroço do açaí origina-se de fábricas que trabalham no beneficiamento e exportação do açaí, localizadas nos Municípios de Castanhal e Belém.

A demanda mensal da indústria por esses combustíveis não foi informada de acordo com cada tipo de biomassa utilizada, no entanto o consumo total dos dois combustíveis em média é de 2080 m³/mês (509,6 toneladas/mês), o que equivale a despesa mensal aproximada de R\$25.000,00. O ceramista informou ainda que não pretende aumentar sua produção cerâmica.

Segundo o relato da entrevistada não há dificuldades no fornecimento dessas biomassas, uma vez que ambas são adquiridas dentro de padrões legais de comercialização a exemplo do pó de serragem que só pode ser comercializado se as partes interessadas possuírem registro no Cadastro de Exploradores e Consumidores de Produtos Florestais do Estado do Pará (CEPROF-PA).

O ceramista não estimou por quanto tempo mais a demanda energética por combustíveis de resíduos de serraria poderá ser atendida, porém explica que se outro tipo de combustível renovável, fosse disponibilizado, certamente passaria a utilizá-lo.

4.4.5 Indústria cerâmica “H”

A empresa entrevistada relatou que possui veículo próprio utilizado para o transporte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Bragança, Capanema, Igarapé-Açu, Mãe do Rio, Mosqueiro, Salinópolis e Tomé-Açu. O ceramista explicou que metade da

produção é transportada por veículos dos próprios clientes que compram as peças cerâmicas e a outra metade é transportada em veículo próprio da indústria cerâmica.

Os tipos de combustíveis utilizados para queima nos fornos da indústria são o caroço de açaí, pó de serragem, fibra e o caroço do dendê e outros resíduos de serraria como a lenha. O pó de serragem origina-se dos Municípios de Belém, Tomé-Açu e Bujaru, já a fibra e o caroço do dendê originam-se do Município de Santa Isabel. A origem dos demais combustíveis não foi revelada pelo ceramista.

A demanda mensal da indústria por esses combustíveis não foi informada de acordo com cada tipo de biomassa utilizada, no entanto o consumo total dos quatro combustíveis em média é de 1500m³/mês, o que equivale à despesa mensal aproximada de R\$22.000,00. O ceramista informou ainda que não pretende aumentar sua produção cerâmica, mas reconhece ter disposição e compromisso em preservar o padrão de produção atual desenvolvido pela indústria.

Quanto ao fornecimento das biomassas, segundo o relato do ceramista, a única dificuldade que existe é no fornecimento da biomassa de resíduos de serraria, uma vez que no inverno, a quantidade de madeiras serradas é menor, logo sendo menor a oferta de resíduos por elas gerados.

Para o entrevistado, os combustíveis utilizados para queima nos fornos da indústria não são abundantes, sendo estimado que o suprimento energético com esses combustíveis ocorra apenas por mais 15 a 20 anos, vindo depois disso um período de escassez desses combustíveis. Contando com essa possibilidade o ceramista informou que há 10 anos vem praticando reflorestamento com árvore de Acácia no entorno do Município de São Miguel do Guamá.

4.4.6 Indústria cerâmica “K”

A empresa entrevistada relatou que não possui veículo próprio, e por isso a maior parte do transporte das peças cerâmicas que abastecem os mercados consumidores localizados nos Municípios de Belém, Castanhal, Mãe do Rio, Salinópolis e São Miguel do Guamá é realizada por veículos locados, sendo os valores do frete cobrado pelos proprietários desses veículos os descritos a diante. Vale esclarecer que o valor atribuído ao custo do frete para o Município de Mãe do Rio não foi informado pela entrevistada e o transporte utilizado para o fornecimento

das peças cerâmicas para o Município de São Miguel do Guamá é providenciado pelo próprio cliente que adquire a mercadoria.

De: **SÃO MIGUEL DO GUAMÁ**

Para: BELÉM: R\$ 500,00
Para: CASTANHAL: R\$ 350,00
Para: SALINÓPOLIS: R\$ 500,00

Os tipos de biomassa utilizada para queima nos fornos da indústria são o pó de serragem e a lenha, ambas oriundas de madeiras certificadas de serrarias localizadas no Município de Belém. A demanda mensal da indústria por esses combustíveis não foi informada de acordo com cada tipo de biomassa utilizada, no entanto o consumo total dos dois combustíveis em média é de 1400m³/mês, o que equivale a despesa mensal aproximada de R\$24.000,00.

O ceramista tem planos para aumentar a produção cerâmica atual e para isso acredita que até o próximo ano esteja adquirindo uma nova extrusora para a indústria.

Quanto ao fornecimento dos dois tipos de biomassa utilizada pela indústria, segundo o relato do ceramista, a única dificuldade que existe é no inverno, uma vez que a quantidade de madeiras serradas é menor, logo sendo menor a oferta desses tipos de combustíveis.

Na visão do ceramista o suprimento energético com combustíveis de resíduos de serraria poderá vir a ser escasso caso grandes empresas entrem no mercado para disputar o consumo desses combustíveis. Todavia admite que a oferta da fibra e caroço de dendê cultivado inclusive no Município de São Miguel do Guamá, poderá gerar estabilidade entre a oferta e a demanda de energia para os fornos das indústrias cerâmicas do distrito industrial de São Miguel do Guamá.

Aspecto importante a ser destacado no quarto momento de entrevistas se refere ao fato de os ceramistas entrevistados acreditarem na possibilidade de ocorrer escassez dos atuais combustíveis utilizados nos fornos cerâmicos de suas indústrias em virtude da crescente procura por esses combustíveis inclusive por segmentos indústrias não cerâmicos, nesse caso tornando significativa a possibilidade de oferta de novos combustíveis alternativos.

4.5 RESULTADOS DO QUINTO MOMENTO DE ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS: Indústrias cerâmicas que recebem crédito de carbono

4.5.1 Indústria cerâmica “F”

Em relação ao tipo de combustível utilizado, o gerente da indústria explicou que atualmente são aproveitados para queima nos fornos da indústria o pó de serragem e o caroço de açaí, sendo estes oriundos de Municípios como Belém, Ananindeua, Inhangapi, dentre outros. Antes de serem queimados, estes combustíveis não sofrem qualquer tipo de tratamento.

Segundo o entrevistado, quando a indústria utilizava a lenha, a época, sua valorização alcançou patamares elevados, podendo ser proporcionalmente comparado ao valor pago atualmente pelo pó de serragem e o caroço do açaí. Por sua vez estes, ambos com potencial para queima em fornos cerâmicos, podiam ser encontrados gratuitamente em serrarias localizadas em São Miguel do Guamá e em outros Municípios vizinhos. Este fato aliado a sua escassez resultou na substituição total da lenha pela biomassa de pó de serragem e caroço de açaí.

Quanto ao fornecimento do pó de serragem e caroço do açaí, o entrevistado esclarece que, no caso do pó de serragem, a dificuldade encontrada em seu fornecimento se dá em razão da indústria somente poder adquiri-lo de serrarias legalizadas, condição exigida para a permanência da indústria no projeto carbono social. Outros aspectos considerados difíceis para o ceramista são o alto preço atribuído a venda dos dois tipos de biomassa e a escassez desses resíduos, uma vez que a demanda por estes tem se mostrado cada dia maior que sua oferta.

Para o entrevistado, a queima dos atuais combustíveis utilizados pela indústria, afetou a qualidade (absorção de água, resistência à compressão e uniformidade na coloração) final dos produtos cerâmicos produzidos. Segundo seu relato, a queima com a lenha revelava-se mais rápida e resultava em peças cerâmicas com maior qualidade, a exemplo de algumas indústrias que possuem forno tipo Paulista, o mesmo existente em sua indústria, contudo ao queimarem lenha, conseguem fazê-la em menos tempo além de produzirem peças cerâmicas com maior qualidade.

O gerente destaca que para a indústria poder realizar a queima do pó de serragem e o caroço de açaí, foram necessárias adaptações nos fornos, como a

instalação de máquinas de cavaco, que de forma automática introduzem gradativamente estes combustíveis no forno.

O Ceramista ressalta que, mesmo considerado alto, o custo atualmente atribuído a venda dos combustíveis de resíduos da agroindústria (caroço do açaí e pó de serragem) é inferior ao praticado na venda da lenha legalizada. O entrevistado ainda acredita na possibilidade do aproveitamento de outros tipos de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, como o dendê, capim elefante e casca de arroz.

Sendo uma das seis empresas do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá a integrar o projeto carbono social, a indústria recebe crédito de carbono há três anos, onde a média dos valores recebidos por ano foi de R\$ 40.000,00.

Como condições para a inserção da indústria “F” ao projeto Carbono Social, a empresa teve que obter seu registro no Cadastro de Exploradores e Consumidores de Produtos Florestais do Estado do Pará (CEPROF-PA), estar em situação regular diante do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA) e com a Delegacia Especializada em Meio Ambiente (DEMA).

4.5.2 Indústria cerâmica “V” e “M”

A relação existente entre a queima da lenha nativa nos fornos das indústrias do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá e o desmatamento florestal ocorrido neste Município, fez com que o consumo desse tipo de combustível em fornos cerâmicos se tornasse cada vez mais controlado e restrito, fato que gerou conscientização e desestímulo por parte da cerâmica entrevistada, com a queima da lenha nativa.

A indústria até 2007 utilizava a lenha nativa para a queima, todavia com sua adesão, nesse mesmo ano, ao projeto criado pelo Instituto Ecológica, denominado “carbono social”, a indústria deixou de utilizar esses combustíveis, passando a utilizar o caroço do açaí e o pó de serragem.

Atualmente esses combustíveis ainda são utilizados para queima nos fornos da indústria, onde após serem misturadas essas biomassas são lançadas nos fornos.

O caroço do açaí, em menor quantidade é originado de Belém e em maior quantidade do Município de Castanhal, precisamente de duas fábricas que trabalham no beneficiamento e exportação do açaí. Segundo a entrevistada, o proprietário da indústria cerâmica compra da fábrica de açaí a safra do caroço e a transporta em veículos próprios para sua indústria. Quanto ao pó de serragem, sua maior parte origina-se de serrarias localizadas no Município de Mosqueiro e a menor parte do Município de Belém.

De acordo com a entrevistada, o sucesso alcançado com o aproveitamento desses combustíveis foi verificado não somente com sua combustão, mas também por meio da vantagem adquirida no custo de sua aquisição, o qual se mostrou inferior ao anteriormente atribuído com a aquisição da lenha nativa, e ainda por meio do estímulo financeiro com o crédito de carbono, fruto da adesão da indústria ao programa carbono social.

Segundo o relato da entrevistada não há dificuldades no fornecimento dessas biomassas, uma vez que ambas são adquiridas dentro de padrões legais de comercialização a exemplo do pó de serragem que só pode ser comercializado se as partes interessadas possuírem registro no Cadastro de Exploradores e Consumidores de Produtos Florestais do Estado do Pará (CEPROF-PA).

O proprietário da indústria informou que a biomassa tanto de caroço de açaí quanto de pó de serragem que atualmente chega à indústria, não recebe tratamento preliminar à sua queima, sendo apenas realizada a mistura entre esses dois tipos de combustíveis ou entre combustíveis secos e úmidos.

Segundo o ceramista, a época que ocorreu a transição da substituição da lenha nativa por caroço de açaí e pó de serragem, mesmo com as adaptações imediatamente necessárias nos fornos, a indústria passou a sofrer sérios problemas em relação à qualidade (absorção de água, resistência a compressão e uniformidade na coloração) do produto cerâmico. Entretanto, com o aperfeiçoamento da queima do caroço de açaí e o pó de serragem, chegou-se a qualidade do produto final cerâmico percebida em sua padronização, tanto quanto a anteriormente alcançada com a combustão da lenha nativa.

A cerca do valor pago pelo atual combustível, o ceramista explica que a época em que ocorreu a substituição da lenha nativa pelo atual combustível alternativo, a indústria por ter sido a pioneira nessa prática, era a única consumidora do recurso energético e por isso desfrutava de abundante oferta desse combustível,

a ponto de em várias situações receber gratuitamente o pó de serragem de serrarias, ou seja, no começo de sua utilização este combustível quando comercializado era vendido a preço muito baixo. Com o passar dos anos, ante a proibição da extração da lenha nativa, as demais indústrias passaram a disputar o mesmo combustível restando ao mesmo ser gradativamente valorizado a ponto de atualmente seu preço de venda ser em termos proporcionais, equivalente ao cobrado anteriormente pela lenha nativa.

Segundo o ceramista, combustíveis como o BPF e o Coque, ambos derivados de petróleo, poderiam ser utilizados para geração de calor nos fornos cerâmicos, todavia se tornam inviáveis devido ao seu alto custo de mercado. Ressalta ainda que outros tipos de combustíveis como a casca do arroz, a castanha do caju, a poda da árvore do caju e o capim tem sido experimentado para combustão em fornos de indústrias localizadas na região nordeste.

Em se tratando da região norte, o ceramista relatou que já realizou testes com a queima da casca do dendê e castanha do caju, todavia, devido à elevada quantidade de fumaça gerada na queima do dendê e a fim de evitar riscos de intoxicação dos trabalhadores, faz-se necessária a instalação de sistemas de filtro que impedem a entrada da fumaça para dentro da indústria.

O empresário acredita que o resíduo do dendê futuramente será um dos principais resíduos aproveitados para combustão nos fornos das indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá, dado a crescente presença de indústrias e investimentos, no entorno deste Município, voltados para o cultivo e beneficiamento do dendê.

Além do custo inicialmente mais baixo, outro aspecto considerado determinante para reduzir despesas envolvendo a utilização do caroço do açai e o pó de serragem, é a maior possibilidade da realização do frete do retorno, onde a disponibilidade desses combustíveis em vários Municípios permite garantir com maior segurança o retorno carregado, com biomassa alternativa, do mesmo caminhão utilizado na distribuição das peças cerâmicas para seus mercados consumidores. O ceramista explica que antigamente o caminhão além de ser utilizado exclusivamente para o fim de transportar a lenha nativa dos locais de extração muitas vezes ao ir para o mato nem sempre voltava no mesmo dia. Atualmente, com o aproveitamento do caroço do açai, a realidade é diferente, pois

segundo o ceramista, em época da safra do caroço, a indústria chega a receber três até quatro caminhões carregados por dia, vindos do Município de castanhal.

Sendo uma das seis empresas do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá a integrar o projeto carbono social, a primeira vez que a indústria recebeu crédito de carbono foi em 2008, aproximadamente um ano após a entrada da empresa no projeto. Segundo o ceramista, a venda desses créditos é oscilante, onde eventualmente surge no mercado de carbono clientes interessados em comprar e pagar aquilo que as administradoras dos créditos se dispõem a vender. No ano passado a indústria realizou poucas vendas de créditos de carbono devido ao baixo número de interessados em negociar no mercado de carbono.

Para o ceramista os padrões exigidos para que a indústria permaneça recebendo crédito de carbono são altos, resultando em elevados custos para a indústria. O ceramista explica que as outras indústrias que não fazem parte do projeto e por isso não recebem crédito de carbono, podem queimar qualquer tipo de combustível renovável, enquanto que na sua indústria os únicos combustíveis atualmente autorizados para queima, de acordo com o projeto carbono social, são o pó de serragem e o caroço de açaí. O entrevistado ressalta que em consequência disto muitas das vezes é obrigado a arcar com despesas altas com a aquisição de combustíveis para os fornos de sua indústria.

O ceramista explica que no ano passado seu retorno financeiro com a venda de crédito de carbono correspondeu a aproximadamente 10% do valor gasto com a compra de combustíveis (caroço de açaí e pó de serragem) alternativos, ressaltando, conforme visto anteriormente, a obrigatoriedade da indústria em relação ao destino dado ao ganho financeiro obtido. Para o ceramista o principal fator que o tem motivado a permanecer, no sistema de venda de crédito de carbono é o compromisso socioambiental de sua indústria.

4.5.3 Indústria cerâmica “U”

Em relação ao tipo de combustível utilizado, o gerente de produção da indústria explica que aproveita o pó de serragem para a queima nos fornos e utiliza a mistura do caroço do açaí e pó de serragem apenas para secagem das peças cerâmicas. No caso da mistura entre os dois combustíveis, sua proporção corresponde a três partes de pó de serragem para apenas uma de caroço do açaí.

Esses combustíveis originam-se dos Municípios de Aurora do Pará, Concórdia do Pará, Belém, Paragominas, Benfica e São Miguel do Guamá. Antes de serem queimados, estes combustíveis não sofrem qualquer tipo de tratamento.

A indústria relata que antigamente consumia aproximadamente 4.000 m³ (700 toneladas) de lenha nativa, queimada em 9 (nove) fornos tipo caieira, todavia, com sua adesão, ao projeto criado pelo Instituto Ecológica, denominado “carbono social”, a indústria deixou de utilizar esse combustível, passando a utilizar o caroço do açaí e o pó de serragem, mudança esta que exigiu alto investimento inicial para a indústria, uma vez que os 9 (nove) fornos tipo caieira foram derrubados para a construção de 3 (três) fornos tipo Paulista e um tipo Hoffman, apropriados para queimar tanto o caroço do açaí quanto o pó de serragem. Segundo relato do entrevistado a qualidade (absorção de água, resistência à compressão e uniformidade na coloração) final do produto cerâmico, queimado com pó de serragem, revelou-se superior a anteriormente obtida na queima de lenha nativa.

Quanto ao fornecimento do pó de serragem e caroço do açaí, o entrevistado esclarece que a dificuldade encontrada em sua aquisição se dá em razão do alto preço atribuído a venda dos dois tipos de biomassa e a escassez desses resíduos, uma vez que, em alguns períodos a demanda por estes tem se mostrado maior que sua oferta, resultando, segundo a visão do entrevistado, em um valor pago maior ao eventualmente cobrado pela lenha nativa caso esta voltasse a ser comercializada. O ceramista relatou que já realizou testes com a queima da casca do coco, entretanto não obteve sucesso, pelo alto teor de fumaça provocado por esta biomassa. Outra possível alternativa seria o uso de dendê e o capim elefante, este, no entanto escasso na região norte.

Sendo uma das seis empresas do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá a integrar o projeto carbono social, a indústria recebe crédito de carbono há cinco anos, ressaltando que a venda desses créditos é oscilante, variando com o preço do dólar ou do euro. O valor atualmente pago pela tonelada de carbono é de R\$ 1,50 e no ano passado a empresa adquiriu com a venda de seus créditos a quantia de R\$ 200 mil.

O ceramista destaca que as exigências para que a indústria negocie seus créditos no mercado de carbono são muito grandes, como sua licença de funcionamento atualizada, alvará, vistoria do corpo de bombeiros, documentação tanto da empresa quanto dos seus sócios em dia e etc.

Para o ceramista o principal fator que o motiva a permanecer, no sistema de venda de crédito de carbono é o compromisso socioambiental de sua indústria.

4.5.4 Indústria cerâmica “P”

Segundo o gerente de produção, a biomassa atualmente utilizada para queima nos fornos da indústria é o pó de serragem o qual veio a ser a única biomassa utilizada devido a forte disputa entre as indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá pela aquisição do caroço do açai, o que resultou na escassez e falta deste combustível para a indústria “P”.

O pó de serragem origina-se de serrarias legalizadas localizadas nos Municípios de Tomé-Açu e Paragominas e ao chegar à indústria, esse combustível não recebe nenhum tipo de tratamento antes de ser queimado.

A circunstância que levou a cerâmica a deixar de utilizar a lenha nativa foi sua escassez, resultado do intenso desmatamento ocorrido na região de São Miguel do Guamá e a forte atuação das fiscalizações ambientais que atualmente proibiram definitivamente a extração ilegal de lenha nativa para fins energéticos em fornos cerâmicos.

Segundo o entrevistado a utilização do pó de serragem além de ter contribuído para o fim do desmatamento ilegal de árvores, trouxe benefícios para os trabalhadores da indústria, a exemplo do forneiro que deixou de ser exposto ao calor gerado na combustão da biomassa em razão de mudanças realizadas nos fornos, necessárias à queima desse tipo de combustível.

Ainda segundo o relato do entrevistado não há dificuldades no fornecimento do pó de serragem, uma vez que este é adquirido dentro de padrões legais de comercialização, onde as partes interessadas só poderão negociá-lo se possuírem registro no CEPROF-PA.

A qualidade final do produto cerâmico (absorção d'água, resistência à compressão e uniformidade na coloração), produzido com a queima do pó de serragem, revelou-se superior a anteriormente obtida com a queima de lenha nativa uma vez que no caso da lenha nativa havia certo descontrole por parte do forneiro em relação ao fogo produzido, onde em várias situações ocorria excesso de fogo, causando a perda na qualidade da peça cerâmica fabricada. Com o pó de serragem

é possível realizar a queima de forma controlada e automática, resultando em fornadas de peças cerâmicas com uma cor apenas.

O gerente de produção explica que para a indústria poder realizar a queima do pó de serragem, foram necessárias adaptações nos fornos, como a construção de caixas de alvenaria nas “bocas” dos fornos, as quais recebem os combustíveis para a queima. Foi realizado também o automatismo em uma caixa de alvenaria onde nela foi instalado um equipamento denominado “reductor” e dois “caracóis”, os quais giram para introduzir mais biomassa no forno, sob a ação programada de um temporizador e termômetros.

Analisando o valor atualmente pago pelo pó de serragem, o entrevistado acredita que este é muito menor ao eventualmente cobrado pela lenha nativa caso esta voltasse a ser comercializada. Ainda hoje a indústria encontra serrarias localizadas em São Miguel do Guamá que oferecem gratuitamente o pó de serragem. Para o entrevistado tal realidade não aconteceria se fosse com a madeira (lenha nativa ou legalizada).

A indústria realizou testes com outros tipos de combustíveis a fim identificar novas oportunidades de suprimento energético. Como resultado a indústria comprovou a eficácia da combustão do caroço do dendê, sendo ainda melhor, o dendê adicionado a serragem, haja vista que a combustão somente do dendê, resulta na liberação de seu óleo, prejudicial a qualidade (absorção d’água, resistência a compressão e uniformidade na coloração) final do produto cerâmico. Realizou ainda testes com a castanha do Pará e castanha do caju, a qual deve ser queimada juntamente com o pó de serragem devido à liberação também de óleo quando queimada sozinha.

Segundo o gerente, a indústria permanece queimando apenas o pó de serragem, devido seu proprietário acreditar na abundância desse combustível, o que o faz se sentir menos preocupado com sua possível escassez, todavia admite que certamente recorrerá as biomassas já testadas diante de uma possível falta do pó de serragem.

Além do custo mais baixo, outro aspecto considerado determinante para reduzir despesas envolvendo a utilização do pó de serragem, é à diminuição alcançada no tempo de queima no forno, onde o tempo de queima das peças cerâmicas com a utilização do pó de serragem foi reduzido em 40% do tempo gasto

para queima com a lenha nativa, o que conseqüentemente resultou em redução de mão-de-obra e despesas com energia.

Em relação às indústrias cerâmicas que recebem crédito, verifica-se como condição necessária a permanência dessas empresas no mercado de carbono a adoção de práticas favoráveis ao andamento do projeto que estão inseridas. No caso da marca “carbono social” os compromissos assumidos pelas cerâmicas investigadas compreendem no geral a utilização de combustíveis de biomassa de pó de serragem e caroço do açaí, oriundos de empresas certificadas, o controle das notas fiscais emitidas na aquisição de todo combustível adquirido para queima nos fornos cerâmicos e a obrigatoriedade em destinar o ganho financeiro oriundo da venda de créditos de carbono em atividades assistências na comunidade local, bem como em benefícios para os trabalhadores da própria indústria além de investimentos em recursos humanos e tecnológicos voltados a manutenção das iniciativas de desenvolvimento sustentável que garantirão o acesso da indústria cerâmica ao mercado de crédito de carbono.

4.6 REUNIÃO E AGRUPAMENTO DOS RESULTADOS

4.6.1 1º Grupo: Fontes de evidências para identificação de oportunidades de combustíveis alternativos

Com base no fato da literatura apontar para a viabilidade da combustão de resíduos vegetais não lenhosos em fornos cerâmicos, apurou-se como evidências da existência de novos combustíveis alternativos para as cerâmicas do distrito industrial de São Miguel do Guamá, a prática da atividade agrícola, extrativismo vegetal e agroindustrial, desenvolvidas em vários Municípios do Estado do Pará, onde dentre as culturas identificadas nestas atividades encontram-se as 10 (dez) consideradas para esta pesquisa as quais se admite serem potencialmente viáveis para queima em fornos cerâmicos.

4.6.2 2º Grupo: Fontes de evidências para viabilidade da redução de custos com aquisição dos novos combustíveis

Com base no levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará, realizado em novembro de 2012 pelo IBGE, observou-se que em todos os Municípios atendidos pela produção cerâmica das 08 (oito) indústrias submetidas ao segundo momento de entrevistas, ocorre a prática de atividades geradoras de resíduos vegetais não lenhosos, nesse caso apurou-se como evidência para viabilidade da redução dos custos com aquisição desses novos combustíveis a prática do frete de retorno que dentre outras vantagens permite assegurar um valor reduzido cobrado pelo frete.

O fato da queima de combustíveis de resíduos vegetais não lenhosos em fornos cerâmicos possibilitar a obtenção de ganhos financeiros com a venda de créditos de carbono representa outra evidência que pode contribuir para viabilidade da redução de custos com a aquisição de novos combustíveis. Atualmente 06 (seis) indústrias cerâmicas pesquisadas recebem créditos de carbono com a queima do pó de serragem e caroço de açaí.

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

Verificou-se, em campo, a experiência de indústrias que há anos vem utilizando biomassa de resíduos vegetais não lenhosos, na queima de peças cerâmicas os quais permitiram não somente contrair benefícios econômicos, mas também assegurar por mais tempo seu suprimento energético. Essas indústrias que representam quase 100% das indústrias associadas ao SINDICER e localizadas no Município de São Miguel do Guamá, no geral têm utilizado o caroço do açaí, o pó de serragem e a lenha de serrarias legalizadas em substituição a lenha nativa. Todavia, segundo o mesmo sindicato há um consenso por parte desses ceramistas de que a demanda por essas biomassas tem sido cada vez mais disputada, dado a procura crescente por parte inclusive de outros segmentos industriais.

Ressalta-se quanto ao distrito industrial cerâmico em questão que ao longo de sua trajetória, diferentes tipos de biomassa foram utilizadas para o atendimento da demanda energética dos fornos dessas indústrias. Ainda no seu período artesanal, a biomassa exclusivamente utilizada foi a lenha retirada da floresta

nativa, a qual resultou em um intenso desmatamento florestal na região de São Miguel do Guamá.

A escassez resultante da utilização desses combustíveis e muito mais o rigor das ações de fiscalização de órgãos ambientais no combate ao desmatamento e ao uso ilegal de produtos florestais, fez com que o uso de lenha nativa por essas indústrias desse lugar ao aproveitamento de resíduos industriais e agroindustriais, especialmente oriundos do beneficiamento do açaí e da madeira em tora, fornecidos por diferentes Municípios do Estado do Pará.

Dessa forma, observando a trajetória da atividade ceramista do distrito industrial do Município de São Miguel do Guamá, as fases correspondentes ao emprego de novos combustíveis nos fornos cerâmicos dessas indústrias, ou seja, a mudança para outro tipo de biomassa, no geral se deu em razão da escassez ou restrições impostas por órgãos ambientais os quais impuseram limites para a utilização desses tipos de biomassa.

Ante o exposto, as fases representadas pela inserção de novas biomassas na etapa de queima das peças cerâmicas, até aqui compreenderam dois momentos distintos, o primeiro referente ao emprego de lenha nativa e o segundo referente ao aproveitamento de pó de serragem, caroço de açaí e lenha de serrarias legalizadas. Associado a esses momentos tem-se, conforme Figura 7, a previsão da ocorrência do terceiro momento, representado pela proposta de utilização de novos combustíveis alternativos.

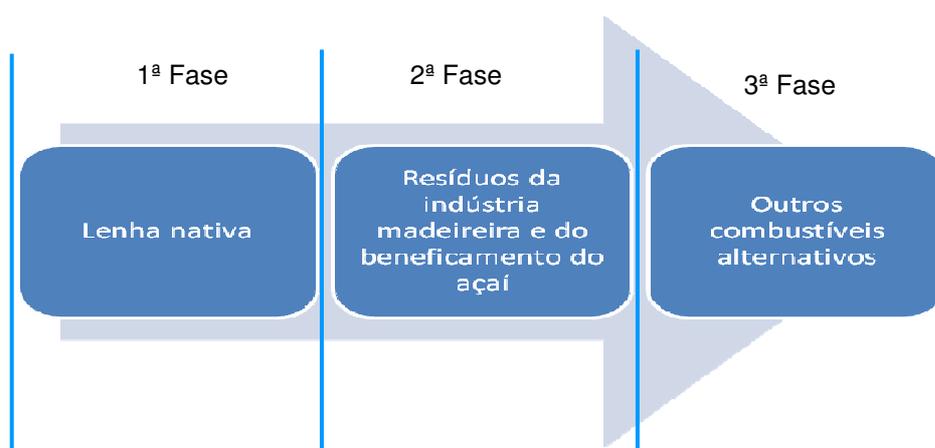


Figura 8 - Fases correspondentes a inserção de novas biomassas
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Seguindo a sequência das entrevistas realizadas no estudo de caso são apresentadas as análises dos dados coletados em campo.

Em relação ao distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, destaca-se que 76% das 42 indústrias ligadas ao distrito são associadas ao Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER) e apenas 22 indústrias associadas encontram-se instaladas no Município de São Miguel do Guamá.

4.7.1 Quanto ao perfil das indústrias cerâmicas e aquelas que recebem crédito de carbono

Considerando a variável “produção de peças”, apresentada na classificação adotada por Santos (2003), ver tabela 04, os dados obtidos por meio do questionário n°1 (indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá e associadas no SINDICER) revelaram a existência apenas de indústrias cerâmicas de médio e grande porte, onde seus percentuais corresponderam a 50% para cada perfil.

Em relação à identificação das 10 (dez) indústrias cerâmicas de médio porte, verificou-se que a maior produção, alcançada por uma dessas indústrias, chegou a 600.000 peças/mês em quanto que a menor produção registrada, por outra indústria, chegou a 400.000 peças/mês. Referente às 10 (dez) indústrias cerâmicas de grande porte, a maior produção registrada foi de 2.732.36 peças/mês em quanto que a menor foi de 720.000 peças/mês.

Foi observado ainda que apenas 30% das indústrias cerâmicas entrevistadas recebem crédito de carbono, sendo apenas 2 (duas) dessas consideradas de médio porte.

Os dados levantados em campo revelaram a ausência de indústrias de pequeno porte, todavia a confirmação da presença de indústrias de médio porte garantiu a continuidade da proposta inicial apresentada para esta pesquisa que foi de concentrar os estudos apenas nas empresas de pequeno ou médio porte.

4.7.2 Quanto às indústrias cerâmicas que possuem em comum mais de 01 (um) mercado consumidor e os Municípios representados por estes mercados

Dentre as 08 (oito) indústrias cerâmicas de médio porte consideradas no segundo universo, 06 (seis) apresentaram em comum mais de 01 (um) mercado consumidor. A indústria com maior número de mercados é responsável pelo fornecimento a 08 (oito) Municípios e a com menor número é responsável pelo fornecimento de apenas 02 (dois) Municípios.

De acordo com a análise dos dados levantados, o Município de Belém é o único atendido pelas 06 (seis) indústrias cerâmicas identificadas, fato que reflete sua maior participação na demanda estadual por peças cerâmicas produzidas no Distrito Industrial de São Miguel do Guamá.

Outro aspecto observado foi que a indústria cerâmica de médio porte com maior produção cerâmica/mês não é a que detêm o maior número de mercados consumidores (representados por Municípios) ao contrário disso, o maior número de mercados consumidores pertence à indústria com menor produção cerâmica/mês, esta correspondente a 400.000 peças.

Em relação aos Municípios atendidos pela produção cerâmica das 06 (seis) indústrias identificadas, constatou-se que o mais próximo do Distrito Industrial Cerâmico de São Miguel do Guamá é o Município de Mãe do Rio com 49,8 km de distancia enquanto Paragominas que é o mais distante encontra-se a 159 km.

O quantitativo de indústrias cerâmicas consideradas adequadas ao critério estabelecido para a seleção nesta etapa do estudo de caso, mostrou-se favorável à viabilidade da realização das entrevistas semi-estruturadas, merecendo destaque o fato de que para essas indústrias, a possibilidade do fornecimento de biomassa não lenhosa ocorrer a partir de dois ou mais Municípios produtores, pode significar maior garantia do suprimento energético necessário à produção cerâmica dessas indústrias.

4.7.3 Quanto às oportunidades de combustíveis (alternativos) de biomassa de resíduos agrícolas, de extrativismo vegetal ou de segmentos agroindustriais

a) Belém

No caso dos entrevistados do Município de Belém, avaliou-se como positiva a possibilidade do aproveitamento dos resíduos gerados em ambas as atividades, uma vez que tanto o caroço do açaí quanto a casca da castanha do Pará apresentam potencial para combustão em caldeiras ou fornos.

O proprietário da agroindústria que beneficia o açaí informou que sua contribuição para o abastecimento energético do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, poderia ocorrer, não somente por meio da oferta do caroço do açaí, mas também, por meio dos resíduos gerados no beneficiamento do cupuaçu e do cacau.

Outro fato aparentemente favorável ao avaliar a oferta das duas biomassas é que os meses representados pelas maiores safras ocorrem para uma cultura no primeiro semestre e para outra no segundo semestre, resultando com isso em um equilíbrio na disponibilidade anual desses resíduos. Por outro lado avalia-se que na mesma condição descrita acima o aproveitamento na queima dessas biomassas misturadas poderia ser comprometido.

Quanto ao caroço do açaí, verificou-se que seu aproveitamento em fornos cerâmicos ocorre sem tratamento, porém não a nível comercial, pois no caso da empresa entrevistada esses resíduos são apenas doados pela agroindústria. Vale analisar com relação à doação deste resíduo que possivelmente isto ocorre devido à oferta do caroço ser maior ou igual à demanda por este tipo de combustível, obrigando a agroindústria a proceder a sua doação uma vez que a não destinação adequada desses resíduos implicaria automaticamente em sanções resultantes de fiscalizações ambientais. Em relação à casca da castanha do Pará verificou-se que sua comercialização ocorre para outros segmentos indústrias interessados em seu aproveitamento e ainda sem qualquer tipo de tratamento.

De acordo com os dados analisados ambos os segmentos mostraram-se animados com a possibilidade de obtenção de lucros com a comercialização do caroço do açaí e casca da castanha do Pará para as indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá.

b) Castanhal

No caso dos entrevistados do Município de Castanhal, avaliou-se como positiva a possibilidade do aproveitamento do resíduo do açaí, uma vez que seu caroço apresenta potencial para ser utilizado como insumo energético. Quanto à casca do cupuaçu sabe-se que seu aproveitamento para geração de energia tem sido considerado favorável.

Em relação à agroindústria que beneficia o açaí, percebeu-se que caso sua participação na oferta de biomassa fosse concretizada, mesmo no futuro, sua contribuição para o abastecimento energético do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, representaria somente o fornecimento do caroço do açaí.

Outro fato aparentemente favorável ao avaliar a oferta das duas biomassas é que os meses representados pelas maiores safras ocorrem para uma cultura no primeiro semestre e para outra no segundo semestre, resultando com isso em um equilíbrio na disponibilidade anual desses resíduos. Por outro lado avalia-se que na mesma condição descrita acima o aproveitamento na queima dessas biomassas misturadas poderia ser comprometido.

Quanto ao caroço do açaí, verificou-se que seu aproveitamento em fornos cerâmicos ocorre sem tratamento, porém não a nível comercial, pois no caso da empresa entrevistada esses resíduos são apenas doados pela agroindústria. Vale analisar com relação à doação deste resíduo que possivelmente isto ocorre devido à oferta do caroço ser maior ou igual à demanda por este tipo de combustível, obrigando a agroindústria a proceder a sua doação uma vez que a não destinação adequada desses resíduos implicaria automaticamente em sanções resultantes de fiscalizações ambientais. Em relação à casca do cupuaçu foi observado que a forma da agroindústria se desfazer desses tipos de resíduos, sem qualquer tipo de tratamento, é doando a segmentos interessados em seu aproveitamento.

De acordo com os dados analisados ambos os segmentos mostraram-se animados com a possibilidade de obtenção de lucros com a comercialização do caroço do açaí e casca do cupuaçu.

c) Bragança

No caso dos entrevistados do Município de Bragança, avaliou-se como positiva a possibilidade do aproveitamento dos resíduos gerados nas 03 (três) atividades, uma vez que a casca do arroz, a casca da mandioca e o sabugo do milho apresentam potencial para combustão em caldeiras ou fornos.

Em relação à atividade agrícola responsável pelo cultivo do arroz percebeu-se que caso sua participação na oferta de biomassa fosse concretizada, sua contribuição no futuro, para o abastecimento energético do distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, poderia ocorrer não somente por meio da oferta da casca do arroz mais também por meio de resíduos gerados a partir de atividades agroflorestais.

No caso da atividade de extrativismo, responsável pelo cultivo da mandioca e do milho a situação seria diferente uma vez que a contribuição dessas atividades seria apenas com o fornecimento da casca e do sabugo respectivamente.

Outro fato ao avaliar a oferta desses 03 (três) tipos de biomassas é que os meses representados pelas maiores safras ocorrem no geral no segundo semestre, o que favoreceria a queima misturada desses resíduos, porém podendo tal procedimento ser comprometido no primeiro semestre.

Foi observado que o aproveitamento dos 3 (três) tipos de resíduos ocorre sem tratamento e não em nível comercial, embora existindo interesse, segundo os dados levantados, pela comercialização dos 4 (quatro) tipos de resíduos gerados para as indústrias cerâmicas de São Miguel do Guamá.

4.7.4 Quanto aos demais aspectos das indústrias cerâmicas que possuem em comum mais de um mercado consumidor

De acordo com os dados levantados junto as 06 (seis) indústrias cerâmicas pesquisadas, verificou-se que o transporte responsável pela distribuição das peças cerâmicas aos mercados consumidores ocorre no geral por três formas:

- a) Veículo da própria indústria cerâmica juntamente com frete de outros veículos;
- b) Veículo da própria indústria cerâmica juntamente com veículo providenciado pelo comprador do produto cerâmico;

- c) Veículo fretado pela indústria cerâmica juntamente com veículo providenciado pelo comprador do produto cerâmico

A distribuição das parcelas correspondentes às três formas descritas acima, é apresentada abaixo conforme Figura 9. Nela percebe-se que metade das indústrias entrevistadas realiza o fornecimento da produção cerâmica utilizando veículo próprio em conjunto com veículo fretado.

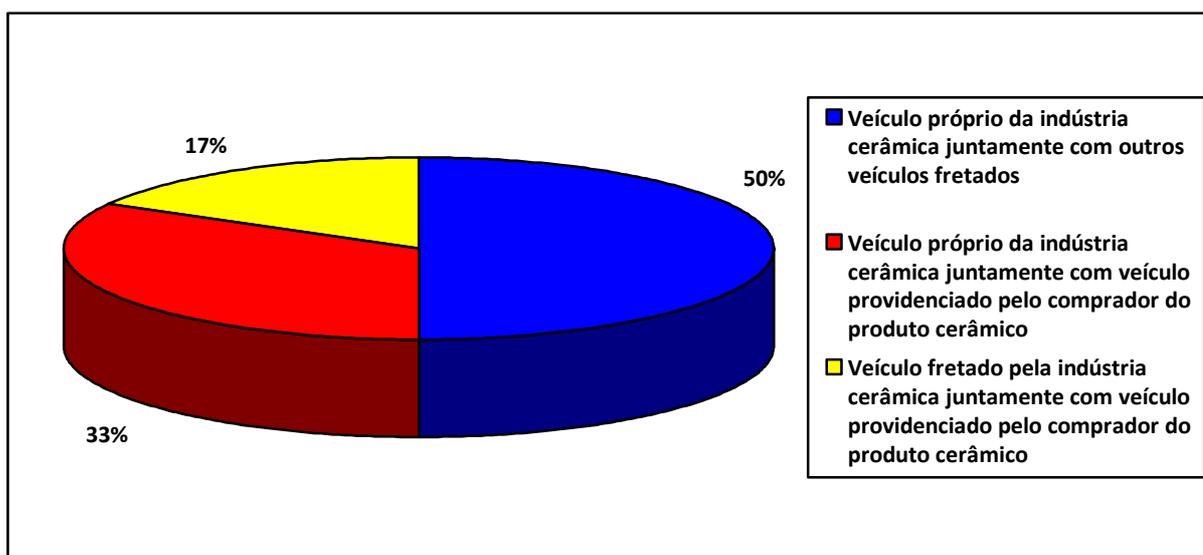


Figura 9 - Formas de fornecimento da produção cerâmica das 06 (seis) indústrias entrevistadas no quarto momento de entrevistas semi-estruturadas.

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa

No caso de ser adotado o frete de retorno como alternativa para redução do valor das despesas envolvidas com transporte entende-se que benefícios sociais e ambientais são também gerados com esse tipo de prática, tanto no uso de transporte fretado quanto em transporte próprio, onde o elemento chave para a obtenção desses benefícios encontra-se diretamente relacionado à operação de carga de retorno do mesmo caminhão utilizado para o fornecimento das peças cerâmicas.

Desse modo, admite-se como alternativa, para reduzir os custos relativos à operação de transporte de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos para o distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá, a prática do frete de retorno, pelos motivos acima mencionados.

Em relação ao tipo de biomassa utilizada para queima nos fornos cerâmicos, os dados apresentados demonstraram que o pó de serragem e a lenha oriunda de

madeiras certificadas são os únicos combustíveis utilizados por todas as 06 (seis) indústrias entrevistadas. As parcelas correspondentes aos outros combustíveis utilizados por essas indústrias são apresentadas de forma resumida na Figura 10 abaixo:

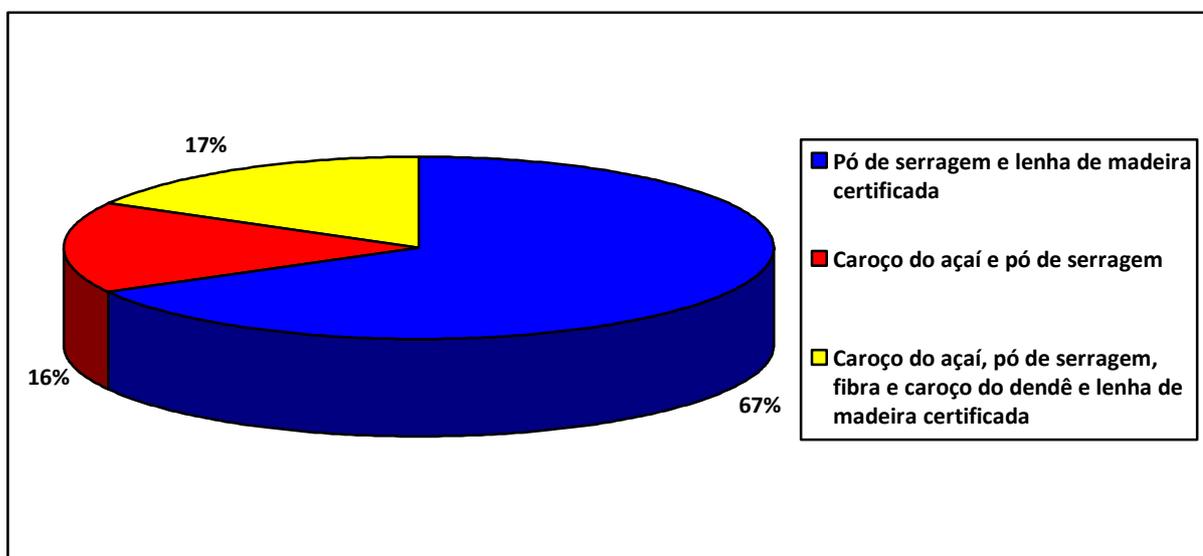


Figura 10 - Combustíveis utilizados nos fornos das indústrias cerâmicas entrevistadas
Fonte: elaborado pelo autor da pesquisa

Na situação em questão, a constatação do aproveitamento de resíduos da agroindústria para fins energéticos pode significar não somente a possibilidade do aproveitamento de novos combustíveis alternativos, mas também o compromisso de que a oferta de recursos energéticos para o abastecimento de fornos cerâmicos ocorra sobre tudo visando à preservação de recursos naturais não renováveis e ainda a redução de impactos ambientais associados à extração desses recursos e a geração de energia térmica resultante de sua combustão.

Quanto à demanda mensal dos combustíveis utilizados, foi observado que mesmo tratando-se de serem todas indústrias cerâmicas de médio porte, o consumo mensal de biomassas para a produção cerâmica de cada uma das 06 (seis) indústrias apresentou variações, chegando o menor consumo total corresponder a 396 m³/mês e o maior a 2.080m³/mês. De acordo com os dados levantados apenas das indústrias cerâmicas “L”, “Y” e “T” as quais souberam informar seus respectivos consumos de forma separada para cada tipo de biomassa, propôs-se o gráfico da Figura 11 apresentado o consumo energético mensal de cada uma dessas indústrias.

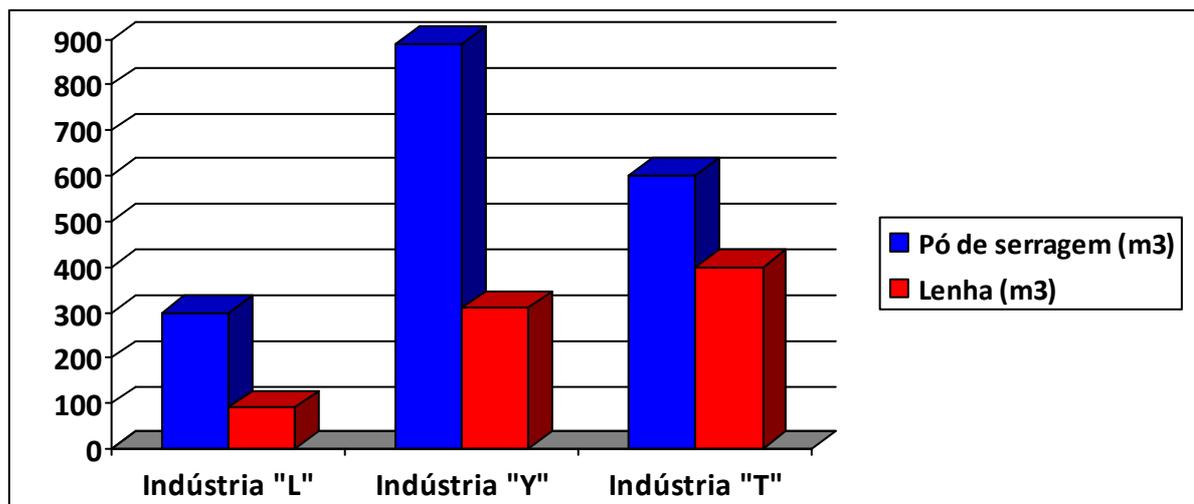


Figura 11 - Consumo mensal de combustíveis das indústrias "L", "Y" e "T".
Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa

No caso de serem conhecidos os quantitativos de resíduos agroindustriais correspondentes a cada tipo de biomassa, torna-se relevante determinar a demanda equivalente de energia térmica correspondente a produção cerâmica de cada uma das indústrias que consomem esses quantitativos.

Desse modo, identificando o poder calorífico inferior (PCI) em base seca disponível em cada unidade de massa de combustível bem como a quantidade de massa correspondente a cada volume de combustível utilizado, é possível estimar a quantidade de energia demandada para produção cerâmica de cada uma das indústrias investigadas utilizando a equação abaixo.

$$E = R \times PCI$$

onde:

E = Energia (MJ)

R = Massa de resíduos (kg)

PCI = poder calorífico inferior em base seca (MJ/kg)

Quanto a esse aspecto é apresentada na Tabela 18 a estimativa da quantidade de energia demandada a partir da produção cerâmica atualmente gerada pelas indústrias pesquisadas. Para tanto se adotou como valores para massa específica aparente e poder calorífico inferior (PCI) em base seca respectivamente os seguintes:

- Pó de serragem: 250 kg/m³ e 16,75 MJ/kg;
- Lenha: 175 kg/m³ e 17,10 MJ/kg.

Assim os valores encontrados para a demanda de energia térmica foram:

Tabela 21 – Estimativa da quantidade de energia térmica demandada para produção cerâmica das indústrias “L”, “Y” e “T”

Indústria	Biomassa	Consumo m ³ /mês	Massa (kg)	Energia térmica (MJ/mês)	Total (MJ/mês)	Produção cerâmica (pçs/mês)	MJ/1000 pçs
“L”	Pó de serragem	300	75000	1256250	1543530	500.000	3087
	Lenha	96	16800	287280			
“Y”	Pó de serragem	882	220500	3693375	4636012	600.000	7727
	Lenha	315	55125	942637			
“T”	Pó de serragem	600	150000	2512500	3709500	400.000	9274
	Lenha	400	70000	1197000			

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

De forma geral observa-se que a indústria “T” apresentando menor produção cerâmica/mês emprega maior quantidade de energia, demonstrando com isso proporcionar baixa eficiência energética na combustão das referidas biomassas.

A determinação da demanda por energia térmica, correspondente à atividade cerâmica de cada empresa, mostra-se relevante não somente para prever a quantidade de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos que seria necessária ao atendimento da produção cerâmica dessas indústrias, mas também para avaliar a disponibilidade ou não desses resíduos junto aos segmentos responsáveis pela sua geração.

A fim de avaliar o potencial teórico de geração de energia térmica a partir da queima de resíduos agroindustriais, propôs-se a demonstração dos valores apresentados na Tabela 19, considerando para tanto, apenas os resíduos das culturas do arroz, milho e mandioca, oriundos dos Municípios atendidos pela produção cerâmica apenas das indústrias cerâmicas “Y” e “T” da Tabela 18. Os quantitativos de resíduos adotados foram determinados a partir da produção agrícola apresentada no levantamento sistemático da produção agrícola do Estado do Pará realizada pelo IBGE (2012).

Tabela 22 – Estimativa da quantidade de energia térmica gerada na combustão de resíduos agrícolas

Indústria	Município	Culturas	Resíduos gerados (kg)	PCI (MJ/kg)	Energia térmica (MJ/mês)
“Y”	Paragominas	Arroz	5471400	14,17	77529738
		Milho	26704700	12,14	324195058
		TOTAL			401724796
“T”	Castanhal Bragança	Mandioca	8032500	12,56	100888200
		TOTAL			100888200

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Apesar das condições consideradas para o cenário em questão, por opção do pesquisador, terem restringido a possibilidade de inserção de outros tipos de resíduos agrícolas e conseqüentemente o número de Municípios produtores, ficou evidente, no caso das indústrias “Y” e “T”, a possibilidade do suprimento energético em seus fornos cerâmicos ocorrer por meio da disponibilidade dos resíduos agroindustriais identificados, uma vez que a estimativa do potencial teórico para geração de energia térmica destes resíduos superou a demanda energética atualmente correspondente à produção cerâmica dessas indústrias, sendo com isso favorável o aproveitamento desses resíduos com base em sua disponibilidade e oferta energética.

Quanto aos combustíveis atualmente utilizados, verificou-se que as principais dificuldades encontradas pelos ceramistas estão relacionadas ao rigor das fiscalizações ambientais, ao alto valor cobrado pela venda dessas biomassas e a sua disponibilidade uma vez que a oferta desses combustíveis tem sido ameaçada pela sua escassez. A fim de representar o comportamento dessas dificuldades, propôs-se o gráfico da Figura 12 nele pode ser verificado que a dificuldade encontrada pelo maior número das indústrias é concernente a oferta desses combustíveis, ameaçada pela tendência de sua escassez.

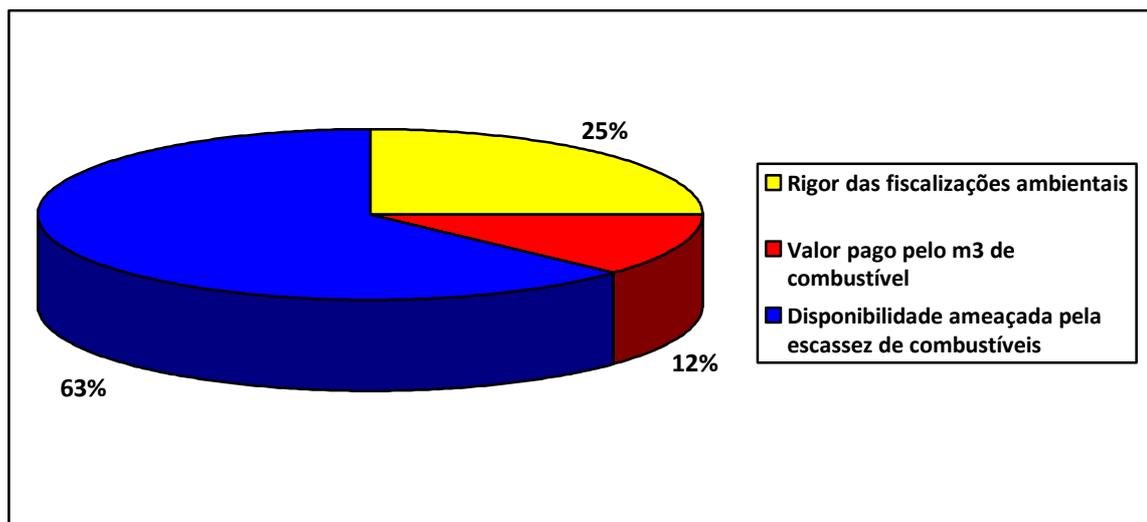


Figura 12 - Dificuldades encontradas pelas 06 (seis) indústrias pesquisadas
 Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Embora as ações de fiscalização ambiental sejam vistas como uma dificuldade a ser enfrentada pelo ceramista, o fato de não terem sido apresentados argumentos que justificassem tal posicionamento, levou este pesquisador a não considerar uma posição conclusiva a cerca deste assunto, cabendo, todavia ressaltar que de acordo com a indústria “V”, a comercialização desses resíduos, ocorrendo em conformidade com critérios legais, é seguramente realizada sem ameaça de restrições impostas por órgãos ambientais.

O fato da maioria das indústrias cerâmicas admitir que a oferta dos resíduos agroindustriais, utilizados para fins energéticos, encontra-se cada dia mais escassa, pode representar a oportunidade para que a oferta de novos combustíveis alternativos seja impulsionada dada a previsível procura por novos combustíveis por parte dessas indústrias.

4.7.5 Quanto às indústrias cerâmicas que recebem crédito de carbono

A ocorrência dessas indústrias no distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá compreende tanto as de médio como de grande porte, concernente aos combustíveis utilizados foi observado que as 05 (cinco) indústrias cerâmicas, envolvidas em projetos que visam a redução de gases de efeito estufa, tendo a garantia da marca carbono social, utilizam o pó de serragem em seus fornos, ressaltando que em 02 (duas) delas a utilização dessa biomassa ocorre em

conjunto com o caroço do açaí. Quanto a isto se denota que para a validade do referido projeto nessas indústrias, os tipos de biomassas atualmente autorizadas para a queima nos fornos dessas cerâmicas são o pó de serragem e o caroço do açaí, contudo não sendo descartada a possibilidade do aproveitamento de novos resíduos de mesma natureza, capazes de gerar créditos de carbono em sua queima.

No âmbito das indústrias cerâmicas pesquisadas e tendo como garantia dos projetos desenvolvidos a marca Carbono Social, constatou-se que no geral o compromisso assumido por cada uma dessas indústrias para a obtenção e venda de créditos de carbono são iguais.

4.7.6 Análise econômica no âmbito do transporte de novos combustíveis alternativos

Diante das análises até aqui apresentadas, as quais reconheceram a possibilidade do aproveitamento de biomassa de resíduos agrícolas (agroindustriais e de extrativismo) em fornos de indústrias cerâmicas, acrescenta-se a importância da avaliação econômica envolvendo a operação de transporte desses combustíveis, uma vez que só o custo atribuído a este serviço, no caso das indústrias cerâmicas pesquisadas no quarto momento de entrevistas, corresponde a cinco vezes ao valor cobrado apenas pela biomassa.

Com a intenção de enfatizar o comportamento econômico envolvendo o custo da aquisição de combustíveis alternativos, propôs-se realizar a avaliação econômica relativa ao fornecimento apenas da casca da castanha do Pará para o distrito industrial de São Miguel do Guamá, considerando para tanto o transporte em caminhão com capacidade de 24 m³ (5,8 toneladas de resíduo) saindo abastecido do município de Paragominas e com o valor de frete a R\$ 4,00/km.

Assim, considerando o valor de 240 kg/m³ para a massa específica aparente da casca da castanha do Pará, foi permitido chegar aos seguintes resultados:

4.7.6.1 Demanda da atual biomassa utilizada (t)

Considerando a média dos valores correspondentes à demanda energética mensal das indústrias “L”, “Y” e “T”, o valor encontrado para representar

hipoteticamente a demanda mensal de biomassa/mês é de 432m³, ou seja, 98 toneladas de combustíveis.

4.7.6.2 Consumo mensal da casca de castanha do Pará (t)

Sendo 5,8 toneladas a massa de casca da castanha do Pará transportada em 1 (uma) viagem e 17 (dezesete) o número de viagens realizadas em 01 mês de transporte, chega-se ao consumo mensal de casca da castanha do Pará igual a 98,6 toneladas.

4.7.6.3 Total de quilômetros percorridos em 01 (um) mês de fornecimento de casca da castanha do Pará

Considerando a distância de Paragominas a São Miguel do Guamá de 159 km e sabendo que o número de viagens realizadas em 01 (um) mês de transporte equivale a 17 (dezesete), o total de quilômetros percorridos em um mês de fornecimento de casca de castanha do Pará equivale a 2703 km.

4.7.6.4 Custo total de 01 (um) mês de frete para transporte da casca da castanha do Pará

Sendo R\$ 4,00/km o valor do frete cobrado para o transporte de peças cerâmicas do Distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá para o Município de Paragominas e considerando o total de quilômetros percorridos em um mês de fornecimento de casca de castanha do Pará para São Miguel do Guamá, o custo total de 01 (um) mês do frete correspondente equivale a R\$ 10.812,00.

4.7.6.5 Custo por tonelada de casca da castanha do Pará

Considerando o valor determinado para o custo total de 01 (um) mês de frete e sendo 98,6 toneladas o consumo mensal da casca da castanha do Pará, o valor correspondente à tonelada transportada da casca da castanha do Pará, saindo do município de Paragominas para o município de São Miguel do Guamá equivale a R\$109,65.

4.7.6.6 Distância máxima viável para o transporte de biomassa vegetal

O valor pago pela carrada de 24m³ de lenha (4200 kg) bem como do pó de serragem (6000 kg), tem sido um dos principais fatores responsáveis pela procura por combustíveis alternativos, assim não sendo interessante para o ceramista pagar pela biomassa vegetal valor superior ao cobrado por aqueles.

Com o objetivo de determinar a distância máxima, economicamente viável, para o transporte e aquisição de biomassa vegetal para o distrito industrial cerâmico de São Miguel do Guamá é apresentada a equação abaixo:

$$\frac{C_{biomassa} + C_f \times d}{m_{biomassa} \times PCS_{biomassa}} \leq \frac{R\$/MJ}{aceitável}$$

Onde:

$$\frac{R\$/MJ}{aceitável} = \frac{C_{cl}}{V_{tl} \times \rho_{ap} \times PCS_{lenha}}$$

Logo:

$$d \leq \left[\frac{R\$/MJ}{aceitável} \right] \times \frac{m_{biomassa} \times PCS_{biomassa} - \frac{C_{biomassa}}{C_f}}{C_f}$$

Onde:

$C_{biomassa}$ = Custo de biomassa (R\$);

C_f = Custo do frete (R\$);

d = Distância máxima viável para o transporte da biomassa para SMG (km);

$M_{biomassa}$ = Massa de biomassa em uma carrada (kg);

$PCS_{biomassa}$ = Poder calorífico superior da biomassa (MJ/kg);

$\frac{R\$/MJ}{aceitável}$ = Preço aceitável para lenha (R\$);

V_{tl} = Volume transportado de lenha (m³);

ρ_{ap} = Massa específica aparente da lenha (kg/m³);

PCS_{lenha} = Poder calorífico superior da lenha (MJ/kg);

C_{cl} = Custo da carrada da lenha (R\$).

Supondo que o valor comercializado da lenha seja de R\$ 650,00 (incluindo frete) e o m³ da casca da castanha do Pará seja encontrado a R\$5,00 (R\$0,02/kg), a distância máxima viável para o transporte dessa biomassa é assim determinada:

$$\begin{aligned} \frac{R\$/MJ}{\text{aceitável}} &= \frac{650}{24 \times 175 \times 17,1} \\ \frac{R\$/MJ}{\text{aceitável}} &= \frac{650}{71820} \\ d &\leq \left[\frac{650}{71820} \right] \times \frac{5760 \times 20,28}{4} - \frac{115,20}{4} \\ d &\leq 235 \text{ km} \end{aligned}$$

Em relação à distância de 235 km, vale ressaltar que esta deve ser considerada apenas para o transporte da casca de castanha do Pará logo, não devendo a mesma ser admitida para outros tipos de resíduos, uma vez que os valores referentes ao PCS e massa específica aparente (ρ_{ap}) variam de acordo com o tipo de biomassa vegetal transportada.

A título de exemplo será calculada abaixo a distância máxima, economicamente viável, para o transporte e aquisição do caroço de açaí, da fibra de coco e da fibra de dendê, considerando para cada biomassa o preço de R\$ 5,00/m³ (0,02/kg):

a) Caroço de açaí

$$\begin{aligned} \frac{R\$/MJ}{\text{aceitável}} &= \frac{650}{71820} \\ d &\leq \left[\frac{650}{71820} \right] \times \frac{5760 \times 19,16}{4} - \frac{115,20}{4} \\ d &\leq 221 \text{ km} \end{aligned}$$

b) Fibra de coco

$$\begin{aligned} \frac{R\$/MJ}{\text{aceitável}} &= \frac{650}{71820} \\ d &\leq \left[\frac{650}{71820} \right] \times \frac{6768 \times 18,67}{4} - \frac{135,36}{4} \\ d &\leq 252 \text{ km} \end{aligned}$$

c) Fibra de dendê

$$\frac{R\$}{MJ} / \text{aceitável} = \frac{650}{71820}$$

$$d \leq \left[\frac{650}{71820} \right] \times \frac{4800 \times 16,55}{4} - \frac{96}{4}$$

$$d \leq 156 \text{ km}$$

Com base nas distâncias limites acima determinadas e levando em conta as culturas agrícolas e seus Municípios produtores, ambos apresentados na Tabela 15, foram identificados, conforme figuras abaixo, os Municípios cujas distâncias para São Miguel do Guamá não extrapolaram aqueles limites, sendo por tanto considerados aptos para o fornecimento de resíduos da castanha do Pará, do caroço de açaí, da fibra do coco e da fibra do dendê:

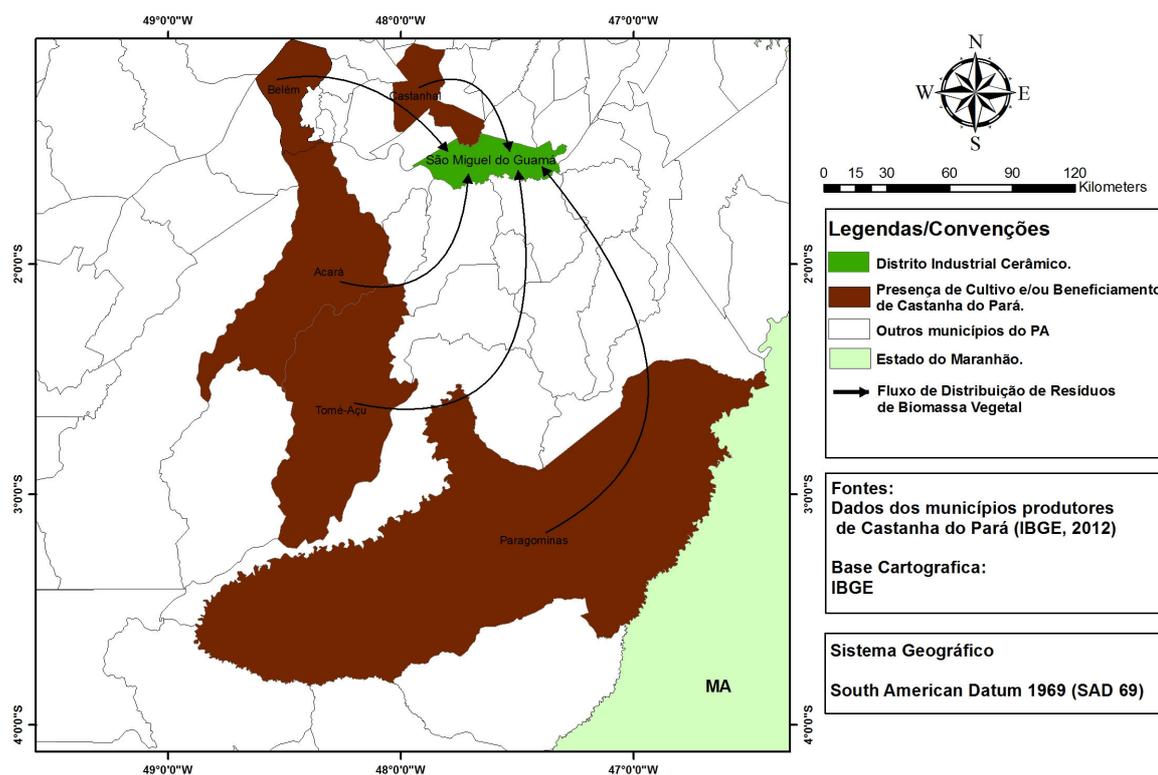


Figura 13 - Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal
Fonte: Elaborada pelo autor.

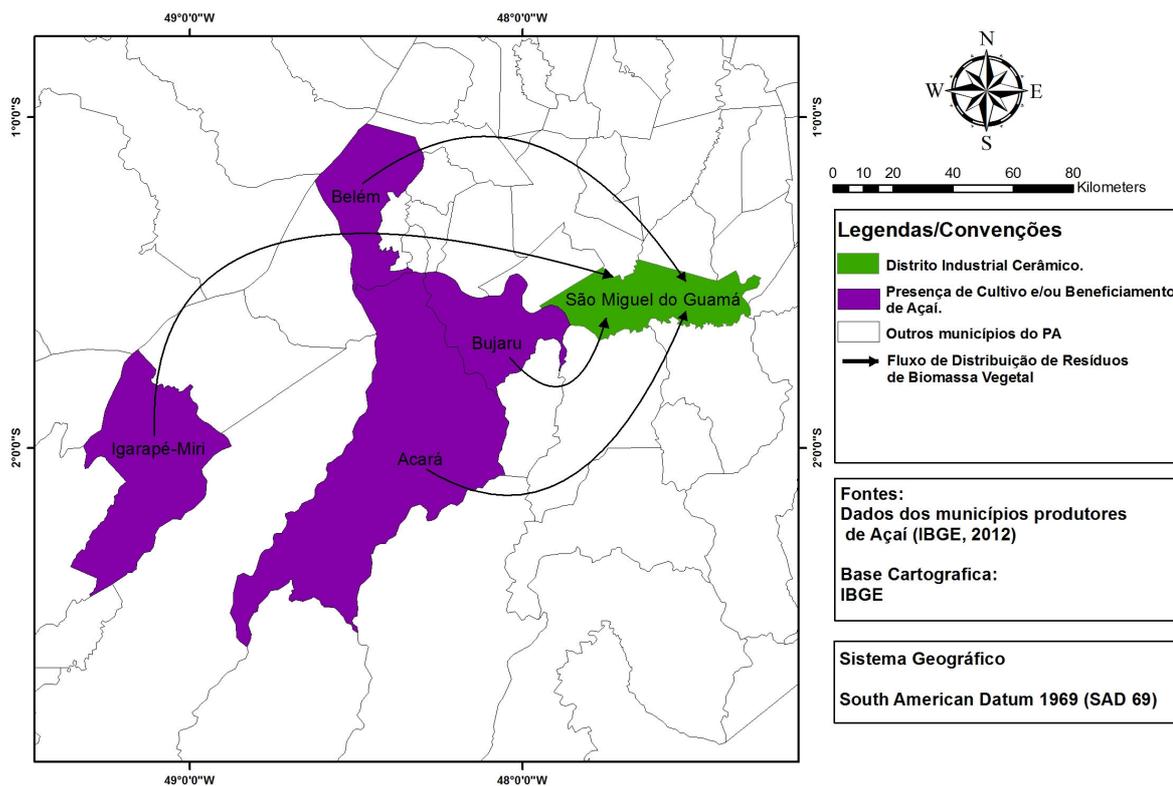


Figura 14 - Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal
Fonte: Elaborada pelo autor.

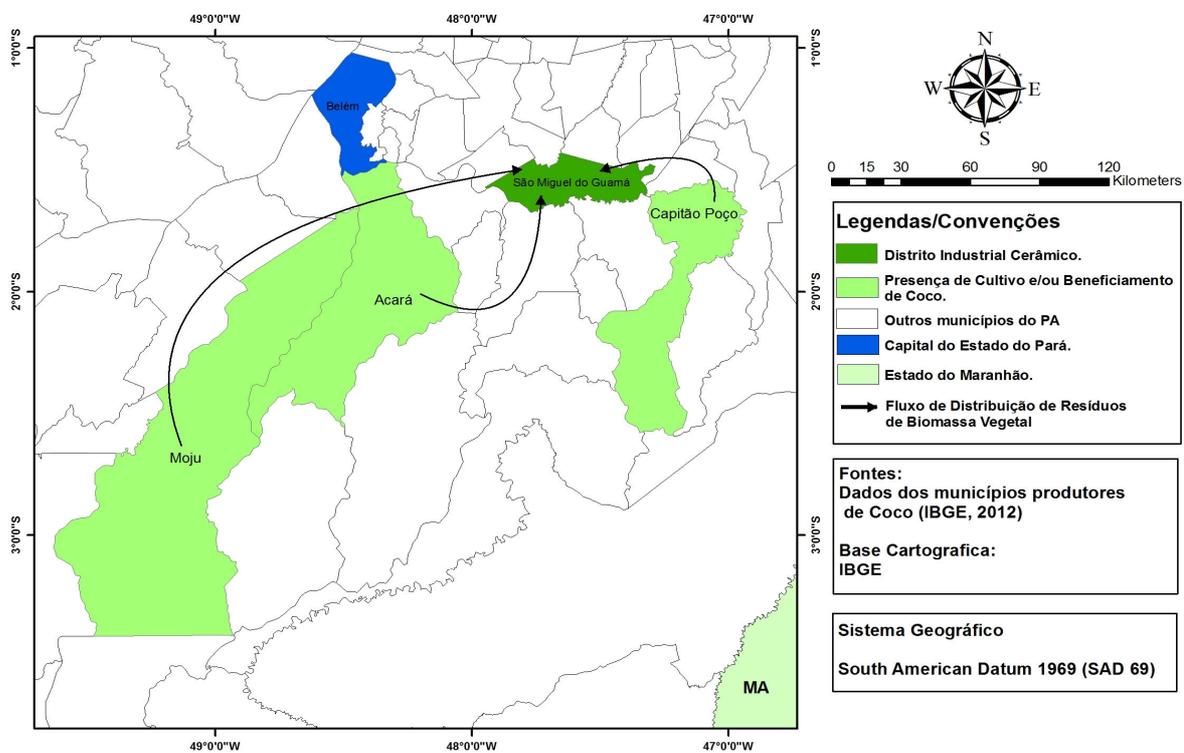


Figura 15 - Municípios do Estado do Pará com potencial de oferta de biomassa vegetal
Fonte: Elaborada pelo autor.

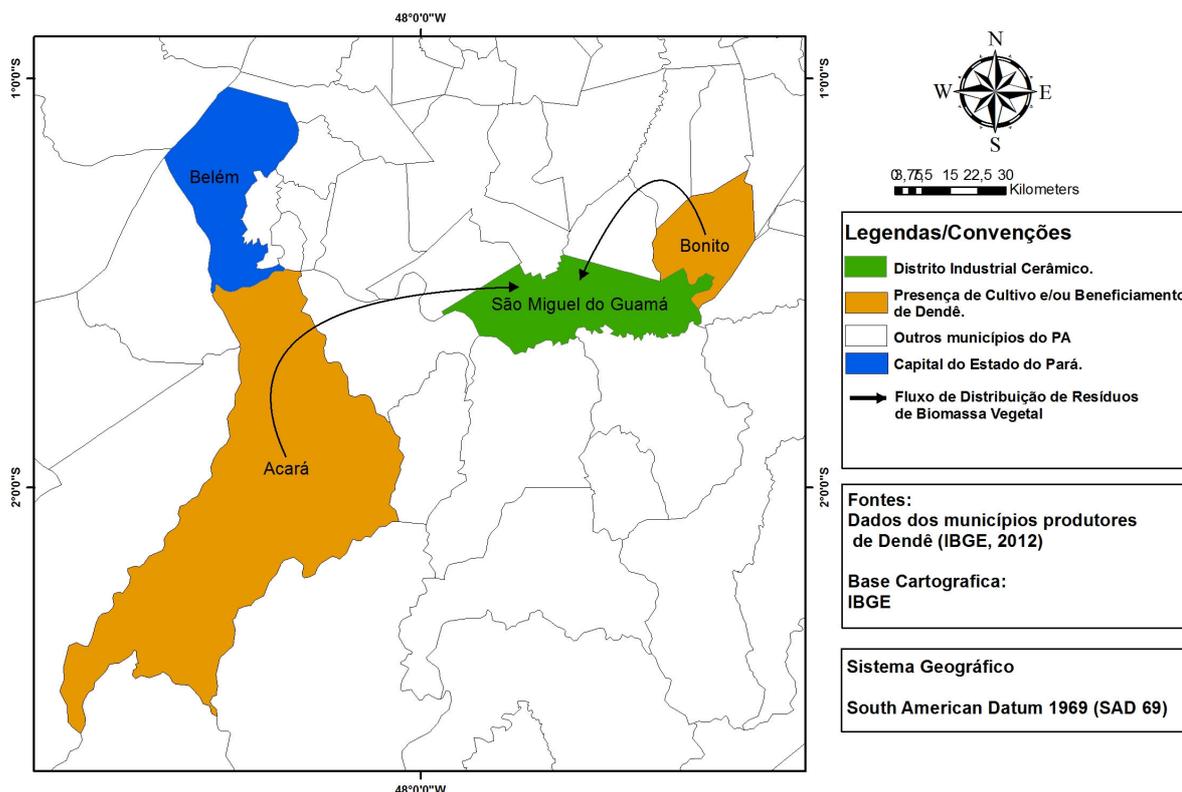


Figura 16 - Municípios do Estado do Pará com potencial para oferta de biomassa vegetal
Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação à análise econômica acima apresentada, percebeu-se que seu foco se voltou para o estudo do custo por tonelada de casca de castanha do Pará transportada e a distância máxima economicamente viável para o transporte deste e dos outros três resíduos analisados, onde a partir do frete adotado, puderam ser determinados seus respectivos resultados.

No caso dos Municípios apontados para o fornecimento dos quatro tipos de resíduos, além do critério de viabilidade econômica de transporte, foi considerado também o de maior produção agrícola do Estado do Pará, sendo por isso admitido que a participação na produção agrícola das culturas que geram esses resíduos, na prática, ocorre por meio de um maior número de Municípios (IBGE, 2012).

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A superioridade da procura por insumos materiais identificados como cerâmica vermelha para construção (CVPC), comparada a de outros tipos de insumos equivalentes, revela quão importante é para o segmento de edificações do Estado do Pará a atuação das indústrias cerâmicas pertencentes ao distrito industrial localizado no Município de São Miguel do Guamá, onde se admite ser indispensável o uso de medidas voltadas a preservação das condições básicas e conseqüentemente da produção cerâmica dessas indústrias.

Nesta pesquisa se constatou que a identificação de fontes alternativas de biomassa para queima em fornos cerâmicos vai ao encontro dos anseios atualmente vivenciados por esses ceramistas uma vez que a oferta dos combustíveis de pó de serragem e lenha nativa tende a se tornar escassa, dada a crescente disputa por esses combustíveis inclusive por outros segmentos industriais.

Como resultado do levantamento realizado no referencial teórico da presente pesquisa, constatou-se a possibilidade de utilização de resíduos agrícolas ou agroindustriais em fornos cerâmicos, baseado em dois aspectos fundamentais: a potencialidade energética presente na biomassa e a disponibilidade desses resíduos, gerados a partir das mais variadas atividades agrícolas e agroindustriais praticadas no Brasil.

No caso das características energéticas fundamentais como PCS, carbono fixo, teor de voláteis e teor de cinzas, associadas à combustão de diferentes tipos de resíduos, seus baixos resultados não inibem necessariamente a possibilidade de seu aproveitamento em fornos cerâmicos, uma vez que os ceramistas dessas indústrias se mostram sobre tudo interessados em pagar pela biomassa baixos valores monetários por sua aquisição.

Dentre os resíduos agrícolas avaliados para fins energéticos em fornos cerâmicos destacam-se em nível nacional a casca do feijão, da mandioca, do coco, do algodão, o sabugo de milho, a casca do amendoim, do arroz, o pó de serragem e o caroço do açaí, este já referido anteriormente, utilizado nas indústrias cerâmicas do Estado do Pará.

Assume importância na fase teórica da avaliação da possibilidade de aproveitamento de biomassa de resíduos vegetais não lenhosos em fornos

cerâmicos, de indústrias localizadas em São Miguel do Guamá; a determinação do potencial de energia térmica gerado na queima desses combustíveis; a disponibilidade mensal para o abastecimento energético dessas indústrias e a análise da compensação econômica de sua aquisição, tendo como parâmetro de referência, os valores pagos pelo pó de serragem e lenha os quais são utilizados para definir o limite para a determinação da distância máxima economicamente viável para o transporte dessas biomassas.

Em relação à fase prática, resta consolidar além da proporção exata entre as misturas de diferentes tipos de combustíveis selecionados para queima, a adequação e inserção de novos equipamentos indispensáveis ao sucesso da queima e à garantia da qualidade (absorção d'água, resistência à compressão e uniformidade na coloração) final do produto.

No âmbito da atividade cerâmica das indústrias "L", "Y" e "T" verificou-se que a demanda energética atualmente associada à produção individual de cada uma dessas indústrias é inferior à oferta energética gerada na combustão dos resíduos gerados nas culturas do arroz, milho e mandioca, sendo com isso favorável o aproveitamento desses resíduos com base apenas em sua disponibilidade e oferta energética.

Considerando a existência de atividades agrícolas e/ou agroindustriais de culturas e Municípios não investigados nesta pesquisa, denota-se que o Estado do Pará com sua participação no cenário nacional da produção agrícola revela-se potencialmente capaz de assegurar a oferta de novos combustíveis alternativos, porquanto se comprovou tanto por meio da literatura pesquisada quanto pelas informações levantadas em campo a existência de atividades agrícolas e agroindústrias geradoras de resíduos aproveitáveis para combustão em fornos cerâmicos. Nesse contexto, merecem destaque a presença das culturas do dendê, arroz, cana-de-açúcar, coco-da-baía, açaí, mandioca, cacau, castanha do Pará, cupuaçu e milho, todas distribuídas em quarenta e oito Municípios do Estado.

Em relação ao caroço de açaí; resíduos da mandioca e o sabugo de milho, suas características energéticas determinadas pela combustão individual de cada uma dessas biomassas demonstraram a maior potencialidade desses na geração de energia térmica.

Juntamente com a oferta de novos combustíveis, disponíveis para venda ou até mesmo para doação, no caso da possibilidade de sua oferta superar sua

demanda, a alternativa da prática do frete de retorno, considerada para viabilidade da redução dos custos envolvidos na aquisição dos novos combustíveis, mostra-se relevante dada à previsão do valor cobrado pelo frete da carga de retorno ser menor ao cobrado na distribuição das peças cerâmicas.

Não obstante, não representando lucro efetivo, a possibilidade de a indústria obter ganhos financeiros com a venda de créditos de carbono representa outra oportunidade, não apenas pelo aumento de sua receita, mas também por outros valores que poderão ser agregados em seus produtos em virtude do compromisso socioambiental assumido.

Como resposta a questão de pesquisa conclui-se que as melhores opções de resíduos vegetais não lenhosos disponíveis para fins energéticos em fornos cerâmicos das indústrias localizadas no Município de São Miguel do Guamá são:

- Resíduos que além de apresentarem potencial para geração de energia térmica como o caroço de açaí, o sabugo do milho e a casca da mandioca, sejam gerados em grandes quantidades, além de apresentarem comportamento favorável durante a combustão nos fornos cerâmicos.
- Resíduos que poderão ser adquiridos e transportados no retorno do caminhão utilizado para a distribuição das peças cerâmicas oriundas da produção das indústrias localizadas no Município de São Miguel do Guamá.
- Resíduos cujo custo final de aquisição não supere o valor pago pelas atuais biomassas utilizadas pelas indústrias cerâmicas, devendo para isso ser observada a distância máxima economicamente viável para seu transporte.

O surgimento de novas pesquisas visando a continuidade da proposta apresentada neste trabalho poderá contribuir para a viabilidade do aproveitamento de biocombustíveis de resíduos vegetais não lenhosos provenientes de biomassa, direcionados a matriz energética das indústrias cerâmicas pesquisadas, especialmente no caso de se determinar a proporção exata a ser adotada para queima misturada de diferentes tipos desses combustíveis.

REFERÊNCIAS

- ABC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações técnicas** – definição e classificação. 2012. Disponível em: <<http://www.abceram.com.br>>. Acesso em: 04 fev. 2012.
- ALBURO, C.S. *et al.* **Calorific values and proximate analysis os sargassum spp. and ulva spp.** USC Chemical Engineering Student Research Annual, 2010.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008.
- ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Setor**. Dados oficiais. 2013. Disponível em: <www.anicer.com.br>. Acesso em: 04 mar. 2013
- ARAGÃO, F.M. et al Caracterização do consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos Municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-se. **Rev. Cien. Elet. Eng. Florestal**, ano. 7, n. 12, p. 1-16, ago. 2008.
- BAJAY, S.V.; FERREIRA, A.L. A energia da biomassa no Brasil. In: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.V.; ROCHA, M.P.G.D. **Uso da biomassa para a produção de energia na indústria brasileira**. Campinas, SP: Unicamp, 2005.
- BRAND, M.A. et al. Influência da pressão e material nas propriedades de briquetes de biomassa florestal. In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE FLORESTAS ENERGÉTICAS**. Belo Horizonte, MG, 2009.
- BRASIL. **Balanco Energético Nacional – BEM**. Brasília: MME, 1982.
- BRAUNBECK, O.A.; CORTEZ, L.A.B. **O cultivo da cana-de-açúcar e o uso dos resíduos**: uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Campinas: UNICAMP, 2005.
- CABRAL JÚNIOR, M. et al. O suprimento de matérias – primas para a Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil. **Revista da Anicer**, Rio de Janeiro, ano 14, n. 73, dez. 2011. Artigo técnico, p. 24.
- CARDOSO, S.A. et al. **Utilização de resíduos de cacau para a produção de energia no Estado do Pará**. Belém: UFPA, 2002.
- CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa (Brasil). **Fontes de Biomassa** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm>> Acesso em: 07 jun. 2012.
- _____. **Banco de Biomassa**: vegetais não lenhosos – Sacarídeos. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/bancobiomassa/vegetaisnaolenhosos/sacarideos.htm>> Acesso em: 07 jun. 2012.

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa (Brasil). **Banco de Biomassa: Vegetais não lenhosos – Amiláceos.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/bancobiomassa/vegetaisnaolenhosos/amilaceos.htm#milho>> Acesso em: 07 jun. 2012.

_____. **Banco de Biomassa: Vegetais não lenhosos – Celulósicos.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/bancobiomassa/vegetaisnaolenhosos/celulosicos.htm>> Acesso em: 07 jun. 2012

COELHO, S.T.; PALHETA, C.E.M.; FREITAS, M.A.V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica.** Brasília: Dupligráfica, 2000.

_____. et al. **Atlas de bioenergia do Brasil** Centro Nacional de Referência em Biomassa (Brasil) - CENBIO. São Paulo, 2008.

_____. et. al. **Panorama do potencial de biomassa no Brasil.** Brasília: ANEEL, 2012.

CORDOVIL, G. V. **Pólo cerâmico e dinâmica territorial do desenvolvimento em São Miguel do Guamá - Pará.** 2010. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

CORONEL, D.A. et al. O aproveitamento dos resíduos do setor florestal de Lages – Santa Catarina. In: **Anais... CONGRESSO SOBER**, 45, 2007, Londrina, 2007.

CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; AYARZA, J.A.C. **Biomassa no Brasil e no mundo: biomassa para energia.** Campinas, SP: UNICAMP, 2008.

DEMIRBAS, A. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. **Progress in energy and combustion science.** Elsevier, v.31, i.2, p.123-170, 2005.

DIEHL, A.A., TATIM, D.C. **Pesquisas em ciências sociais aplicadas.** São Paulo: Pretince Hall, 2004.

DUBEUX, C. B. S. **Mitigação de emissões de gases de efeito estufa por Municípios brasileiros: metodologias para elaboração de inventários setoriais e cenários de emissões como instrumentos de planejamento.** 2007. 258 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

EMMETT, S., SOOD, V. **Green supply chains: an action manifesto.** Wiley, 2010.

ENNES, M.W. **Uso de resíduos e dejetos como fonte de energia renovável.** Brasília: SEBRAE, 2009.

FILHO, L.L.R., BEZERRA, F.D. Informe setorial cerâmica vermelha. **Escritório de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 2010.

GALLUCCI, I.; CUNHA, R.D. **Cerâmica vermelha para construção**: telhas, tijolos e tubos: Relatório Completo. Brasília: SEBRAE/ESPM. 2008. (Série Mercado)

GARCÍA, R., *et al.* **Characterization of Spanish biomass wastes for energy use**. Bioresource Technology. Elsevier, v.103, i.1, p.249-258, 2012.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J. I.; SAMPAIO, S. S. Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do Estado do Pará. **Comunicado Técnico**, Belém, n. 102, dez. 2004.

HALL, D.O.; HOUSE, J.I.; SCRASE, I. **Visão geral de energia e biomassa**: uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Campinas: UNICAMP, 2005.

HOMMA, A.K.O. **O desenvolvimento da agroindústria no Estado do Pará**. 2001. Disponível em: <http://www.cpatu.embrapa.br.br/pup_outros/rev20011213_08.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2012.

_____ et al. Sistema de produção do açaí: introdução e importância econômica. 2006. **Embrapa Amazônia Oriental**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/intro.htm>. Acesso em: 13 jun. 2012.

HUEBLIN, H.J. **Modelo para a aplicação da tecnologia Zeri**. Sistema de aproveitamento integral da biomassa de árvores de reflorestamento. Curitiba. 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/Estadosat/perfil.php?sigla=pa>>. Acesso em: 04 jul. 2012.

_____. **Cidades**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 05 jul. 2012

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas. Brasília, 2012.

IEA - International Energy Agency. **Renewables for heating and cooling**: Untapped Potencial. Paris: IEA, Renewable Energy Technology Development, 2007.

INFOENER. **Resíduos industriais**. Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_residuos.asp>. Acesso em: 18 jun. 2012.

JENKINS, B.M.; EBELING, J.M. **Thermochemical properties of biomass fuels: an analysis of 62 kinds of biomass for heat value**. California Agriculture, May – June 1985.

JENKINS, B.M.; BAXTER, L.L.; MILES JR., T.R.; MILES, T.R. **Combustion properties of biomass**. Fuel Processing Technology 54 (1998) 17-46, Elsevier.

KOBAYASHI, R.S.; SANTOS, A.O.S.; BASTOS, C.N.; SILVA, F.C.O.; SCERNE, R.M.C. Caracterização morfológica de frutos e sementes de clones de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) silvestres da Amazônia brasileira. **Boletim Técnico**, Belém: CEPLAC/SUPOR, n. 19, p. 58, 2001.

LARSON, E.D.; KARTHA, S. **Expanding roles for modernized biomass energy**. Energy for Sustainable Development IV, n. 3, oct. 2000.

MACEDO, I.C.; CORTEZ, L.A.B. O processamento industrial da cana-de-açúcar no Brasil. In: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.V.; ROCHA, M.P.G.D. **Uso da biomassa para a produção de energia na indústria brasileira**. Campinas, SP: Unicamp, 2005.

MANFREDINI, C.; SATTLER, M.A. Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-37, jan./mar. 2005.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 137/2011**, Secretaria de Política Agrícola. Departamento de gestão de risco rural. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=972206141>>. Acesso em: 21 jul. 2012.

MARTINS, C.R.; JESUS JÚNIOR, L.A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional**: panorama 2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. (Documentos, 64)

MIGLIORINI, A.J. **Densificação de biomassa florestal**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n. 2, p. C1-C9, 1980.

MURARA JÚNIOR, M. Uso da biomassa na geração de energia térmica. **Referência**, Revista da Indústria da Madeira, v. 14, n. 127, p. 90-92, maio. 2012.

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.

OLIVEIRA, G.R.; CASTELNOU, A.M.N. Sustentabilidade nas construções: habitação vernácula no sertão do Estado do Piauí. In: **Anais... CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**, Porto Alegre, 2010.

PACIEVITCH, T. **Economia do Pará**. Disponível em:< <http://www.infoescola.com/economia/economia-do-para/>>. Acesso em: 19 jun. 2012

PAULA, L.E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. **Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation**. Cerne, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, abr./jun. 2011.

RAMOS, L.P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas de agro-industriais**. Curitiba: UFPR, 2001.

RAPOSO, D.P.; CAIXETA, J.E.; MAYSA, B.O. **Pesquisa: um processo complexo.** Metodologia da pesquisa e da produção científica. Brasília: Universidade Gama Filho, 2007.

ROCHA, E.P.A.; SOUZA, D.F.; DAMASCENO, S.M. Estudo da viabilidade da utilização de brinquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno. In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 8, Uberlândia, 2009.

SAGRI - Secretaria de Estado de Agricultura. **A fruticultura no Estado do Pará.** 2012. Disponível em: <http://www.sagri.pa.gov.br/files/pdfs/SEB_Cartilha_Frutal_18x21cm_OUT11_FINAL.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

SAMPAIO, L. **Projeto dinamizará produção cerâmica na região do rio capim.** AGÊNCIA PARÁ DE NOTÍCIAS. Secretaria de Estado de Agricultura, PA, 2012.

SANTOS, E.C.S. et al. **Aproveitamento da casca do cupuaçuzeiro para a produção de energia.** 5º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA – AGRENER GD. 2004. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, C.S. **A indústria cerâmica em Barra Bonita (SP) e suas relações com a Usina Hidrelétrica de Bariri:** panorama e perspectiva. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Campinas, 2003. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?down=vtls000295535>>. Acesso em: 2 fev. 2013.

SEBRAE. SEBRAE Nacional MPES formam maioria das fabricantes de cerâmica VERMELHA. In: _____. **Cerâmica vermelha:** estudo de mercado 2008. Disponível em: <<http://www.sebrae.gov.pa.br>>. Acesso em: 4 fev. 2012.

SEDECT - Secretaria de Estado de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia. **Análise setorial do comércio exterior paraense:** fruticultura. 2010. Disponível em: <<http://www.investpara.com/sys/images/stories/downloads/analisesetorialfruticultura.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2012

SILVA, I.T.; SILVA; I.M.O.; ROCHA, B.R.P. Geração de energia a partir de resíduos de mandioca para agricultura familiar no Estado do Pará. In: **Anais... CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL - AGRENER GD**, 4., 2002, Campinas. Campinas, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/AGRENER2002/pdf/0037.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2012.

SOUZA, C.S. **A indústria cerâmica em Barra Bonita (SP) e suas relações com a usina hidrelétrica de Bariri:** panorama e perspectivas. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Geociências, Área de Administração e Política de Recursos Naturais). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2003.

SOUZA, J.E.A. **Avaliação das diversas fontes e tipos de biomassa do Estado de Alagoas:** estudo de suas características físico-químicas e de seu potencial

energético. 2011. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, 2011.

SUSTAINBLECARBON. **Fibra de dendê**. Sustainblecarbon Climate Solutions. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://carbonosustentavelbrasil.wordpress.com/>> Acesso em: 15 abr. 2012.

TAKAHASHI, M.; FAGIOTTO, R. Balanço em massa de indústria de farinha de mandioca em da região de Paranavaí. In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA**, 4, 1990, Londrina, PR, 1990.

TILLMAN, DAVID. A. **The combustion of solid fuels and wastes**. Academic Press, Inc.; UK; 1991.

VALE, A.T.; BARROSO; R.A.; QUIRINO, W.F. Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.) para uso energético. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 4, p. 365-370, 2004.

VIEGA, J.P.S. **Caracterização de resíduos de colheita da mandioca (Manihot esculenta CRANTZ) e avaliação do potencial de co- geração de energia no processo de produção de etanol**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, Área de Térmica e Fluidos). Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2012.

VIEIRA, A.C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia**. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel-PR, 2012.

VILELA, H. **Manejo da biomassa do capim elefante na geração de energia em combustão direta**. 2007. Disponível em:<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geracao_energia.htm>. Acesso em: 17 jun. 2012.

_____; CERIZE, D. **Capim elefante paraíso na geração de energia**. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geracao_energia.htm>. Acesso em: 17 jun. 2012.

XAVIER, M. E. R; KERR, A.S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 3, p. 325-349, dez. 2004.

YIN, R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANETTI, J.B. et al. Balanço de energia na produção de capim-elefante em condições experimentais. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 2010.

ZIGLIO, B.R.; BEZERRA, J.R.M.V.; BRANCO, I.G.; BASTOS, R., RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha de sabugo de milho. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v9n1/115-128.pdf>> Acesso: 12 mar. 2011.