



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ - UFOPA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS - IEG
PROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – PC&T

KEVIN DE MATOS COSTA
RAÍSSA COELHO ALMEIDA

**ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA CINZA PROVENIENTE DO CAROÇO DO
AÇAÍ DESPOLPADO.**

SANTARÉM
2017

KEVIN DE MATOS COSTA
RAÍSSA COELHO ALMEIDA

**ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA CINZA PROVENIENTE DO CAROÇO DO
AÇAI DESPOLPADO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Engenharia e Geociências da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. MSc. Thiago Augusto de Sousa Moreira.

SANTARÉM
2017

Aos familiares e amigos, grandes incentivadores deste trabalho e que, acima de tudo,
sempre acreditaram nos nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela vida, pela coragem e persistência que sempre nos acompanham em todo e qualquer desafio.

Ao orientador, Prof. MSc. Thiago Augusto Moreira, pelo acompanhamento, orientação e compreensão.

Ao Instituto de Engenharia e Geociências e toda a equipe do Programa de ciência de Tecnologia da Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio recebido.

Ao laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM do Instituto de Biodiversidades e Florestas por ter cedido espaço físico para a produção da cinza.

Aos queridos professores que tivemos em toda carreira escolar e acadêmica.

A todos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

“É preciso saber aonde queremos chegar. Não precisamos saber o que vamos passar, só precisamos passar e fazer de tudo para superar cada etapa”.

Hungria Gustavo

“O sucesso parece ser, em grande parte, uma questão de continuar depois que outros desistiram”.

Willian Feather



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ATA DE AVALIAÇÃO DE TCC

No dia dezessete de março do ano de dois mil e dezessete, na sala 210 do Bloco de salas de aulas do Instituto de Geociências e Engenharia da Universidade federal do Oeste do Pará no Campus Tapajós, às dezoito horas, reuniu-se a Banca Examinadora de TCC composta pelo Prof. MSc. Thiago Augusto de Sousa Moreira (orientador e presidente da banca), Prof. MSc. Manoel José Oliveira da Cruz e Prof. MSc. Paulo Henrique Lobo Neves. A reunião teve por objetivo avaliar o trabalho de conclusão de curso em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia dos estudantes Kevin de Matos Costa e Raíssa Coelho Almeida, sob o título: "**CARACTERIZAÇÃO DA CINZA PROVENIENTE DO CAROÇO DO AÇAÍ DESPOLPADO**". O trabalho foi aberto pelo orientador. Cada examinador arguiu os estudantes, com tempos iguais de perguntas e respostas. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a Banca Examinadora por sua **APROVAÇÃO**, com nota 9,7. Nada mais havendo a tratar, foi a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

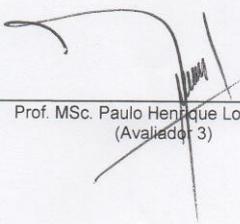
Santarém, 17 de março de 2017.



Prof. MSc. Thiago Augusto de Sousa Moreira
(Orientador)



Prof. MSc. Manoel José Oliveira da Cruz
(Avaliador 1)



Prof. MSc. Paulo Henrique Lobo Neves
(Avaliador 3)

RESUMO

A crescente geração de resíduos oriundos das atividades industriais e comerciais se tornou uma grande preocupação por parte da sociedade nos últimos anos. Nos modelos atuais de gestão e produção, o conceito de sustentabilidade e/ou reaproveitamento de resíduos estão cada vez mais presentes. Um dos setores que mais reaproveitam resíduos é o da Construção Civil, por utilizar materiais muitas vezes descartados com menor valor de mercado e ainda, por possuírem características de resistência e durabilidade iguais ou melhores que os materiais convencionais utilizados no ramo. Diante disto, propôs-se o estudo da cinza proveniente do caroço de açaí despulpado nas “amassadeiras” locais, a fim de avaliar a influência da queima, da temperatura e tempo ideal necessário para caracterização desta cinza como material com propriedades pozolânicas. Para isto, no programa experimental, amostras de sacas de caroço de açaí foram coletadas, haja vista a necessidade de se desenvolver um processo específico de produção da cinza com análise dos diferentes fatores que podem influenciar ou não o reaproveitamento deste resíduo.

Palavras-chave: Resíduos, caroço de açaí, cinza, pozolana.

ABSTRACT

The growing generation of residue from industrial and commercial activities has become a major concern for society in recent years. In current models of management and production, the concept of sustainability and / or reuse of waste are increasingly present. One of the sectors that reuse most residue is the Civil Construction, because it uses materials that are often discarded with less market value and because they have characteristics of strength and durability equal to or better than the conventional materials used in the industry. In view of this, it was proposed to study the ash of the açai's lump with removal of the pulp in the "amassadeiras", in order to evaluate the influence of the burning, grinding degree, temperature and ideal time required to characterize this ash as a material with properties Pozolanics. For this, in the experimental program, samples of açai seed sacks were collected, due to the need to develop a specific process of ash production with analysis of the different factors that may influence or not the reuse of this residue.

Keywords: Residue, açai's lump, ash, pozolana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1: Amostra coletada para Análise.....	27
Figura 3.2: Lavagem da Amostra.....	28
Figura 3.3: Secagem da Amostra.....	28
Figura 3.4: Moagem das amostras no Moedor de Resíduos.....	29
Figura 3.5: Amostras sendo retiradas do forno Mufla.....	30
Figura 3.6: Moagem no graal de pequenas quantidades de cinza.....	30
Figura 4.1: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 45 minutos.....	31
Figura 4.2: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 1 hora.....	32
Figura 4.3: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 2 horas.....	32
Figura 4.4: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 3 horas.....	33
Figura 4.5: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 4 horas.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Componentes do açai.....	16
Tabela 4.1 Rendimento cinza do açai.....	31

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 4.1: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 45 minutos.....	35
Gráfico 4.2: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 1 hora.....	35
Gráfico 4.3: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 2 horas.....	36
Gráfico 4.4: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 3 horas.....	37
Gráfico 4.5: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 4 horas.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
MCAR	Metacaulim de Alta Reatividade
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
CB	Cinza de Folha de Bananeira
IP	Índice de Pozolanicidade
Al ₂ Si ₂ O ₇	Metacaulinita
C-S-H	Silicato de Cálcio Hidratado
SiO ₂	Dióxido de Silício

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS.....	14
1.1.1. Objetivos Específicos.....	14
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. CAROÇO DO AÇAÍ.....	15
2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS.....	17
2.3. POZOLANAS.....	18
2.4. ADIÇÕES DE MINERAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.4.1. Sílica Ativa.....	20
2.4.2. Cinza Volante.....	21
2.4.3. Cinza de Casca de Arroz.....	22
2.4.4. Cal Hidratada.....	23
2.4.5. Argila Calcinada.....	24
2.4.6. Metacaulim.....	24
2.4.7. Cinza da Casca da Castanha de Caju.....	25
2.4.8. Cinza do Bagaço de Cana de Açúcar.....	26
2.4.9. Cinza da Folha de Bananeira.....	27
3. METODOLOGIA MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	27
3.1. COLETA DE AMOSTRAS.....	27
3.2. LAVAGEM.....	28
3.3. SECAGEM.....	28
3.4. MOAGEM E SECAGEM.....	29
3.5. QUEIMA DAS AMOSTRAS.....	29
3.6. MOAGEM COM GRAAL.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1. RENDIMENTO DE CINZA.....	31
4.2. DRX.....	31
4.3. FTIR.....	34
5. CONCLUSÕES.....	39
6. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos tem se tornado nos últimos anos um problema de preocupação mundial crescente. Muitos rejeitos, sejam industriais ou urbanos, na maioria dos casos, acabam por poluir o meio ambiente, causando problemas em sua armazenagem e sistemas alternativos de aproveitamento do mesmo. Além disso, materiais alternativos podem ser extraídos e aproveitados de formas mais baratas desses rejeitos sem afetar suas características de desempenho dos materiais usados convencionalmente.

Um desses exemplos é o caso do açaí, que exerce uma participação significativa nesse processo, e se tratando do beneficiamento do açaí, existem hoje várias empresas nesse ramo, que exportam para diversas regiões do Brasil e do Mundo. No entanto, a produção em larga escala, também, gera enormes quantidades de resíduos que, caso não tenham uma destinação adequada podem gerar sérios danos ao meio ambiente. Um dos pontos preocupantes para as empresas é o que fazer com os resíduos (caroços) deixados pós-beneficiamento da polpa do açaí, o qual é acumulado em grandes quantidades e muitas vezes não é aproveitado, sendo descartado no ambiente. Com isso surge a questão: buscar alternativas para seu aproveitamento de forma interessante economicamente para as empresas, reduzindo, também, os possíveis impactos ambientais.

O aproveitamento de resíduos na área da Construção Civil tem se tornado bastante frequente, já que os materiais alternativos geralmente são mais baratos e, muitas vezes possuem características de resistência e durabilidade iguais ou melhores que os materiais convencionais.

Um conceito de grande apelo na realidade contemporânea é o de agir de forma sustentável, essas atitudes conceituam um novo modelo de relação homem natureza no qual a primeira parte deve usar de recursos e artifícios para manter um sistema equilibrado causando o mínimo possível de degradação ambiental. A necessidade de se transpor as dificuldades advindas dessa nova condição forçou a implantação do ideal de reutilizar (VIEIRA 2013).

Esse contexto se torna mais pertinente para a engenharia, haja vista que se trata de uma indústria modificadora do meio físico e que por si só traz impactos diretos ao meio ambiente, de modo que o reaproveitamento de resíduos se apresenta como a melhor solução para este problema. Desta forma, podemos identificar com facilidade um resíduo abundante no nosso estado, que é o caroço de açaí, decorrente da herança sociocultural em que o açaí é o alimento mais constante da dieta da população, sendo assim um resíduo recorrente e de difícil

destinação, caracterizar a cinza proveniente da queima do caroço despulpado pode nos dar mais opções para a utilização desse rejeito.

1.1.OBJETIVOS

Investigar e caracterizar a cinza proveniente da queima do caroço de açaí despulpado, verificar a viabilidade do uso do produto na construção civil sob o ponto de vista técnico e estudar técnicas para aprimoramento da produção da pozolana.

1.1.1. Objetivos Específicos

Encontrar a temperatura ideal para combustão;

Encontrar o tempo ideal de queima sem degradar o material analisado;

Caracterizar a cinza proveniente da combustão;

Calcular o rendimento da produção de cinza;

Avaliar as propriedades pozolânicas das cinzas produzidas.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo e caracterização da cinza proveniente da queima do caroço do açaí despulpado apresenta-se subdividido em seis capítulos conforme segue:

O capítulo 1 trata da introdução, apresentando um resumo sobre a geração de resíduos como grande justificativa para estudo e caracterização da cinza a fim de utilizá-la em diversos seguimentos de mercado que se baseiam em conceitos de sustentabilidade para reaproveitar materiais barateando-os, entre eles o da construção civil.

O capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica sobre os temas como: caroço do açaí; reaproveitamento de resíduos; pozolanas e adições de minerais.

O capítulo 3 detalha a metodologia utilizada para produção da cinza oriunda do caroço de açaí despulpado, descrevendo todas as etapas do processo de produção.

O capítulo 4 descreve os resultados obtidos e analisados. Em seguida, as discussões, correlacionando os diversos resultados.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho.

O capítulo 6 denota as referências bibliográficas que foram utilizadas no presente texto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O CAROÇO DO AÇAÍ

Açaizeiro (*euterpe oleracea* Mart) é uma palmeira que ocorre em várias regiões da Amazônia, sendo que a procura pela polpa dos frutos para fabricação de sorvetes, licores, xaropes, etc. vem sendo alavancada devido ao seu delicioso sabor e alta potencial energética (PARÁ, 2007). Segundo Júnior (2010), é um produto de grande relevância socioambiental e econômica para a região. De acordo com Mochituri et al (2011) o açaí destaca-se pela grande abundância, facilidade de manejo, importância social e mercado promissor. O “vinho do açaí” (suco da polpa) constitui-se num dos principais alimentos das populações ribeirinhas e vem rapidamente ganhando espaço no mercado de bebidas energéticas do país, por apresentar diversos benefícios nutricionais, rico em ferro, fibras, carboidratos, lipídios e proteínas. Por ser rico em antioxidantes e aminoácidos, o açaí é tido como uma das frutas mais nutritivas da Bacia Amazônica (JÚNIOR, 2010). Segundo Pará (2007) estas características já conhecidas pela população local, também vêm ganhando espaço nos grandes centros nacionais, causando um aumento significativo na procura pelo produto. A produção de polpa, bebida ou vinho de açaí é realizada em dois segmentos de mercado. O primeiro segmento é dos chamados “batedores de rua” ou manipuladores artesanais, esses estabelecimentos são os responsáveis pelo abastecimento do mercado local, gerando alimento, emprego e renda para milhares de paraenses. O segundo segmento é o das agroindústrias, que possuem como mercado consumidor, outros Estados da Federação, principalmente da Região Sudeste e também outros países da América do Norte e da Europa. (PARÁ, 2007, p. 6).

O açaizeiro, além do fruto para produzir a polpa, oferece diversas possibilidades de aplicação de produtos e subprodutos, o que o caracteriza a planta com imenso potencial para exploração de maneira sustentável.

Tabela 2.1: Componentes do açaí

Componente		Produtos e subprodutos
Gema Apical		Palmito para alimentação humana e ração animal
Folhas		Cobertura de casas, parede, cesto, tapetes, chapéu, esteira, adorno caseiro, celulose, ração animal, adubo orgânico, cobertura morta e sombreamento de sementeiras e peçonhas.
Frutos	Polpa	Alimento, suco, creme, sorvete, licor, geleia, mingau, pudim, produção de álcool, Frutos pigmento para tintas, produção de energia
	Caroço	Adubo orgânico, carburante e aterro
Cacho (inflorescência)		Vassoura, artesanato e adubo orgânico
Estipe (caule)		Construção civil, construções rurais, lenha, adubo orgânico, celulose, isolamento térmico e pequenas armadilhas
Raízes		Vermífugo
A planta		Paisagismo.

Fonte: Padilha (2005)

Por ser uma palmeira cespitosa, ou seja, tem capacidade de emitir brotações, que surgem na base da planta, crescendo em touceiras característica dá açazeiro possui uma grande capacidade de regeneração, facilitando a sua exploração de forma sustentável (PADILHA, 2005). Na região Amazônica possui imensas áreas nativas de produção de frutos. Esta produção a princípio provinha somente do extrativismo e a partir da década de 90 passou a ser obtida também de açazais nativos manejados e de cultivos realizados em áreas de várzea e terra firme. (PARÁ, 2007). Dados do IBGE (2010) indicaram que a Região Norte é responsável por 91% da produção nacional de açaí. No Estado do Pará a produção de frutos sustenta uma cadeia produtiva que envolve dezenas de milhares de famílias, as quais tiram seu sustento desse importante segmento da fruticultura regional (PARÁ, 2007). É o maior produtor nacional de açaí, com uma produção de 106 562 toneladas, o que representa 85,6% de um total de 124 421 toneladas. Dos 20 maiores municípios produtores de frutos de açazeiros nativos do País, apenas dois (Luís Domingues e Carutapera, no Maranhão) não são do Pará (IBGE, 2010). O Pará exporta o produto para vários Estados, principalmente do Sudeste do Brasil. No entanto, existe também exportação para o mercado internacional (PARÁ, 2007). Isso traz ganhos tanto econômicos como sociais para o Estado, além de um amplo reconhecimento de um recurso natural de suma importância para a Amazônia. Contudo, nessa cadeia produtiva, pouco aproveitamento tem sido dado ao caroço do açaí.

2.2. OS RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS

De acordo com a política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) os resíduos devem ter uma destinação, ambientalmente, adequada. Sendo pelo processo de reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outras destinações, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Pontos comerciais informais de processamento e venda do açaí conhecidos como Amassadeiras, são muito comuns nas Cidades Paraenses. Estima-se que existam mais de 2 mil amassadeiras de açaí somente em Belém, com produção total em torno de 10 t/dia de polpa. Considerando que o processamento é feito em áreas urbanas, o rejeito, geralmente, é tratado como lixo urbano, trazendo transtorno para a coleta (PADILHA, 2005). Devido à crescente demanda por polpa do fruto do açaí, a instalação de indústrias para atender essa demanda é atualmente uma atividade com expansão na Região, gerando renda e melhorando a qualidade de vida para as populações ribeirinhas e urbanas (Mochiutti et al, 2011). No entanto, do processamento, basicamente é obtida a polpa. O caroço (endocarpo e amêndoa) é o principal subproduto do processamento e é considerado resíduo. De acordo com Gantuss (2006) o caroço corresponde a 83% do fruto açaí.

Devido o grande consumo do açaí na região e agora em nível nacional, muitas pesquisas têm sido feitas, basicamente sobre o “vinho”, mas quase nenhuma relacionada com aos resíduos, pois o que se vê, principalmente na região, são caroços jogados pelas ruas e nos lixões, sem nenhum tratamento (REIS, 2002). Júnior (2010) aponta como uma possível solução para esse desperdício, a produção de carvão ativado, a partir dos produtos residuais coletados, conferindo a esse resíduo valor agregado, auxiliando na renda de comunidades ribeirinhas onde esses produtos são descartados e diminuindo o impacto dos mesmos à natureza.

De acordo com Silva (2011) os resíduos provenientes da produção de açaí, principalmente, para olarias são comercializados como biomassa para alimentar caldeiras e fornos, substituindo, assim, a lenha e reduzindo com isso o desmatamento, sendo deste modo uma fonte de energia limpa. A caracterização da cinza proveniente dessa combustão traria novas alternativas para a utilização deste rejeito.

2.3. POZOLANAS

Pozolana é um material natural ou artificial que contém sílica em forma reativa. Numa definição mais formal segundo a NBR 12653/1992, a exemplo da definição dada pela American Society for Testing and Materials (ASTM), em sua norma C 125-03, pozolanas são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

Os primeiros sinais da utilização de pozolanas foram observados em construções Gregas e Romanas, aproximadamente 2000 anos a.C.. Segundo LEA (1971) apud MEHTA (1987), existem evidências de estruturas Minoanas na Ilha de Creta, construídas entre 1500-2000 a.C., contendo fragmentos de cerâmica (argila calcinada) em argamassas. Já os romanos descobriram que, misturando uma cinza vulcânica encontrada nas proximidades do monte Vesúvio (Itália) chamado pozolana com cal hidratada (que entra em proporção variável, de 25% a 45%), obtinham um aglomerante que endurecia sob a água (KAEFER, 1998).

Porém com o advento do cimento portland no século 19, o cimento pozolânico (ou mais corretamente cal-pozolana) deixou de ser utilizado na fabricação de concreto estrutural (MEHTA, 1987), pois o cimento portland endurece e adquire resistência a uma taxa mais elevada. Este é composto principalmente por silicatos os quais, quando hidratados, produzem silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), responsáveis pela resistência do concreto, e hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), que não possui características cimentícias.

Assim sendo, a principal propriedade de uma pozolana é a sua capacidade de reagir e se combinar com o hidróxido de cálcio, formando compostos estáveis de poder aglomerante, tais como: silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Dessa forma, em compostos a base de cimento Portland, o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação dos silicatos, reage com a pozolana, utilizada como substituição parcial do cimento, resultando em uma produção extra de silicatos de cálcio hidratados, que são produtos mais estáveis do cimento hidratado (OLIVEIRA e BARBOSA, 2006).

As pozolanas são normalmente utilizadas de duas formas: como substituição parcial do cimento ou como adição em teores variáveis em relação à massa ou volume do cimento, conforme (SILVEIRA, 1996) apud SANTOS (2006). Porém, independentemente de como a pozolana é utilizada, a reação pozolânica e os benefícios associados são os mesmos (MEHTA,

1987). Porém, deve-se considerar que cada material possui suas características próprias, o que proporciona resultados (valores) diferentes.

2.4. ADIÇÕES DE MINERAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os agregados minerais são compostos por uma mistura que pode reunir pó de quartzo, materiais metálicos, escória granulada de alto forno, sílica ativa, metacaulin, pigmentos e aditivos. O uso dessas adições tem proporcionado concretos cada vez mais resistentes e duráveis, com a simplicidade de apenas melhorar as propriedades já existentes no concreto tradicional.

Quando se substitui parte de cimento Portland por cinza volante, cinza de casca de arroz, escória de alto-forno, sílica ativa, cada uma destas adições minerais atua de modo distinto, de acordo com sua granulometria e atividade química ou física.

O desenvolvimento das reações pozolânicas proporciona a formação de compostos hidratados mais homogêneos e induz a uma diminuição nos teores de hidróxido de cálcio na solução dos poros do concreto, originando uma pasta mais densa e homogênea, substituindo poros grandes por menores, o que dificulta o ingresso e deslocamento de agentes agressivos no interior da pasta. Por efeito físico, as partículas pequenas propiciam um maior empacotamento com o cimento e diminuem o efeito parede da zona de transição, promovendo o aumento da resistência do concreto. A proporção para substituição do cimento por adições varia conforme o tipo de adição.

O uso de adições minerais traz grande benefício à sociedade, por dar um destino a esses resíduos e, principalmente, por reduzir o consumo de energia e poluição do ar gerados pela produção do cimento, ao substituir grande parte desse produto na indústria da construção civil.

De acordo com o tipo de adição e dosagem, diversas características importantes podem ser obtidas:

- Redução do calor de hidratação;
- Incremento de resistência em idades avançadas;
- Melhoria da coesão;
- Diminuição da exudação;
- Melhoria da fluidez do concreto;
- Melhoria da resistência na zona de transição entre a pasta e o agregado;
- Redução da permeabilidade;

- Influência na resistividade elétrica;
- Aumento da resistência química.

Os elementos mais comuns com atividade pozolânica encontrados para adição ou substituição hoje são:

2.4.1. Sílica Ativa

É mais utilizada em concreto de alto desempenho em todo mundo. Sua contribuição consiste na alta reatividade nas primeiras idades, induzindo a um aumento nas resistências mecânicas iniciais e finais; diminuição da taxa de absorção e no aumento da resistência capilar.

A sílica ativa ou microssílica como é conhecida comercialmente é um sub-produto industrial oriundo da produção das ligas de ferro silício (usado na produção de aços comuns) ou silício metálico (usado na fabricação de componentes eletrônicos, silicone e alumínio).

A sílica ativa é produzida em forno elétrico de fusão, do tipo arco voltaico, em temperaturas maiores que 2000°C motivando a reação do quartzo de alta pureza com o carvão. No processo de redução do quartzo, o silício é liberado na forma de gás (monóxido de silício gasoso – SiO) e levado a zonas de temperaturas menores, no qual entra em contato com o ar e oxida na forma de óxido de silício (SiO₂).

Existem vários tipos de sílica ativa referente à composição química, cor, distribuição granulométrica. Esta variação ocorre em função do tipo de liga formada, tipo de forno, composição química e dosagem das matérias-primas.

A sílica ativa é um material muito fino, constituída por altas quantidades de SiO₂ (entre 85% à 98%), com superfícies esféricas amorfas, com diâmetro entre 0,1 e 0,2 µm e área superficial em torno de 20.000m²/kg Mehta (1987) citado por Pinheiro (2008).

Nos materiais cimentícios a sílica ativa pode ser utilizada para aumentar a resistência mecânica e compacidade, em virtude das reações pozolânicas e do efeito microfíler que acontece em função da diminuição da porosidade total devido ao preenchimento dos vazios de gel e de poros capilares. Com isso a sílica ativa é proposta como um produto alternativo para aperfeiçoar as propriedades de concretos e argamassas.

A sílica ativa gera benefícios quando utilizadas no concreto. No concreto fresco a sílica colabora com a diminuição da segregação e da exsudação, porém é necessário a utilização de plastificantes e superplastificantes para garantir a trabalhabilidade da mistura

A adição de sílica ativa em proporções adequadas no concreto endurecido, aumenta resistência à compressão dos concretos, a porosidade e permeabilidade diminuem, e a resistência aos agentes agressivos aumentam, em virtude das partículas finas da sílica ocuparem os vazios entre o cimento e o agregado deixando o conjunto mais denso (COUTINHO, 1997).

2.4.2. Cinza Volante

Melhora a trabalhabilidade e a coesão, diminuindo a exsudação e a segregação, facilitando a operação de transporte, lançamento e o acabamento, pois ocorre o retardamento do tempo de pega, baixo calor de hidratação; redução da permeabilidade e aumento da durabilidade.

As cinzas volantes são resíduos coletados através da precipitação eletrostática ou captação mecânica das poeiras que acompanham os gases de combustão dos fumos de exaustão de centrais termoelétricas alimentadas por carvão. Conforme indicado por Neville (1982) essas cinzas constituem-se nas pozolanas artificiais mais comuns.

As partículas de carvão pulverizado continuam na chama oxidante (1200°C à 1600 °C) motivando a fusão total ou fusão parcial do material e a imensa quantidade de cinza gerada muda em função da qualidade do carvão. Formando assim dois tipos de cinzas : pesadas e volantes.

A granulometria das cinzas pesadas são mais grossas que a granulometria das cinzas volantes, com isso elas caem em tanque de resfriamento e são removidas.

As cinzas volantes possuem partículas muito finas, com isso elas são arrastadas pelos gases provenientes da queima do carvão e coletadas com precipitadores eletrostáticos ou métodos mecânicos que coletam as partículas antes de serem emitidas na atmosfera, representando assim 80 a 85% das cinzas produzidas.

As propriedades químicas das cinzas variam com a composição do carvão e impurezas contidas no processo. De acordo com Camões (2002) 85% da composição química das cinzas possui compostos químicos e cristais de sílica (SiO₂), alumina

(Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3) e cal (CaO). Esta cinza é a mais reativa porque contém a maior parte de cálcio na forma de compostos cristalinos reativos.

Metha e Monteiro (1994) expõe que as cinzas volantes podem ser divididas em duas categorias em função das diferenças de composição mineralógica e suas propriedades quanto ao teor de cálcio. A cinza com menor teor de cálcio é comumente um material de combustão do antracito e de carvões betuminosos que possuem quantidades de CaO total menores que 10%. A cinza com elevado teor de cálcio geralmente é um produto de combustão do lignito ou de carvões sub-betuminosos contendo normalmente de 15 a 30% de CaO .

As partículas das cinzas são esféricas o que é vantajoso com relação à quantidade da água de amassadura, são partículas muito finas com diâmetros entre 1 e 150 μm , porém a maior parte está abaixo de 45 μm .

As cinzas volantes podem ser utilizadas no concreto para corrigir a granulometria do agregado miúdo ou como substituição parcial do cimento. A distribuição granulométrica das partículas, as características de superfície e a morfologia da cinza volante usada como adição mineral ao concreto desempenha grande influência no consumo de água, na trabalhabilidade do concreto fresco e na velocidade de propagação da resistência do concreto endurecido.

A utilização das cinzas no concreto fresco como substituta parcial do cimento, reduz a exsudação, auxilia o bombeamento, retarda o início de pega e aumenta a trabalhabilidade. No concreto endurecido a cinza diminui a resistência nas idades iniciais e pode aumentar ou manter a resistência como se fosse um cimento sem adição, nas idades finais.

2.4.3. Cinza de Casca de Arroz

Possui comportamento similar ou até melhor que a sílica ativa. Por isso, alguns pesquisadores a consideram como uma ‘superpozolana’, quando obtida por meio de queima controlada.

A cinza da casca de arroz é um resíduo proveniente do beneficiamento do arroz, é obtida da combustão da casca de arroz, usada pelas indústrias beneficiadoras para se gerar calor e vapor necessários aos processos de secagem e parboilização dos grãos.

Com isso uma elevada quantidade de cinza é produzida, gerando um grande volume de resíduos. Santos (2006) indica que a cinza da casca de arroz é o resíduo agroindustrial que representa um dos maiores volumes de material disposto na natureza.

Calcula-se que cada tonelada de arroz em casca, gera em torno de 200 kg de casca e através da combustão gera 40 kg de cinzas (METHA e MONTHEIRO,1994).

O arroz possui grandes quantidades de sílica, principalmente na casca. Essa sílica geralmente possui uma forma amorfa hidratada de sílica com uma estrutura em estado parecido ao vítreo ou na forma de gel. Quando ocorre a combustão, parte da massa é convertida em cinza, adquirindo-se uma estrutura celular e porosa com alta superfície específica (50 à 100 m²/g) e grande quantidade de sílica em torno de 85 a 95%.

Para que a sílica seja adquirida a partir da casca de arroz, além do processo de combustão, a sílica pode ser obtida a partir de tratamentos físico-químicos da casca, seguidos de queima e através de processos microbiológicos (POUEY, 2006 apud NETTO, 2006).

A cinza da casca de arroz apresenta colorações que variam conforme o processo de combustão da celulose e das transformações estruturais que ocorrem no material frente à variação de temperatura. A cinza mais escura possui maior teor de carbono, visto que possui uma grande quantidade de matéria orgânica que não foi queimada, a cor branca da cinza, indica uma completa oxidação do carbono da cinza e as cinzas de cor branco rosada mostram que existe sílica na forma de cristobalita e tridimita o qual foram queimadas em longos tempos e altas temperaturas.

Em virtude das características de possuir altas quantidade de sílica, forma angular, estrutura altamente celular, área superficial elevada e dependendo do grau de moagem, possuir diâmetro médio inferior à 45 µm, a cinza da casca de arroz torna-se uma superpozolana, acarretando benefícios sobre as propriedades do concreto o qual pode-se citar a redução da permeabilidade.

2.4.4. Cal Hidratada

Tem por finalidade repor parcialmente ou totalmente, as reservas de hidróxido de cálcio para as reações pozolânicas e, ainda, restabelecer a reserva alcalina do concreto, a qual sofre decréscimo variável dependendo da reatividade e teor de cada

adição. A adição de cal hidratada diminui a porosidade total, com a formação de uma estrutura mais densa e acelera a taxa de hidratação do cimento.

2.4.5. Argilas Calcinadas

A argila calcinada consiste em um agregado artificial de argila resultado da transformação de um solo ou folheto argiloso o qual foi anteriormente processado num material inerte e com resistência mecânica à um a determinada finalidade.

Metha (1987) Evidencia que as argilas só apresentam reatividade após passar por um processo térmico, sendo submetidas à temperaturas entre 600 °C e 1000 °C, sofrendo alterações nas suas propriedades físicas e químicas. A estrutura cristalina dos silicatos que compõe a argila é alterada, transformando-a em compostos amorfos que reagem com a cal em uma temperatura ambiente. Contudo não são todas as argilas calcinadas que possuem comportamento pozolânico, pois as argilas que apresentam grande quantidade de minerais muito cristalinos em sua composição, como o quartzo e o feldspato, não produzem um material reativo com a cal.

As caulinitas, montmorillonitas e as ilitas são os minerais que compõe as argilas mais utilizadas para produção de pozolanas (SOUZA SANTOS, 1992).

As argilas ricas em caulinita e montmorilonitas precisam ser calcinadas em temperaturas de 540°C à 980°C para possuir resultados de atividades pozolânicas, porém se as montmorilonitas apresentar muitos cátions de sódio livres, sua utilização em concretos e argamassas, precisa ser restringida em virtude das possíveis reações alcali-aregado. E as argilas ricas em mica, vermiculita e clorita não apresentam atividade pozolânica aceitável quando calcinadas com temperaturas abaixo de 1100°C (MIELENZ 1983 apud METHA, 1987).

O progresso das atividades pozolânicas das argilas calcinadas depende da procedência e da abundância do argilo mineral, das condições de calcinação e da finura do material final (OLIVEIRA, 2006).

2.4.6. Metacaulim

O metacaulim é um subproduto sílico-aluminoso produzido da calcinação do rejeito do caulim, sendo proveniente da calcinação das argilas caulínicas em temperaturas que variam entre 600°C e 900°C. Com esta temperatura ocorre a remoção

dos íons hidroxila da sua estrutura cristalina, resultando na destruição do arranjo atômico e formando a partir dos argilominerais um componente amorfo, possuindo grande estabilidade termodinâmica denominado metacaulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) sendo responsável pela atividade pozolânica, com produção predominante de C-S-H (silicato de cálcio hidratado) e C 4AHX. DAL MOLIN (2005) citado por PINHEIRO (2008).

Para evitar a fusão do material, a temperatura deve ser controlada, porém é necessário garantir que o material produzido seja de alta pureza e reaja com o hidróxido de cálcio – Ca(OH)_2 . De acordo com BARATA (1998), temperaturas acima de 900°C produzem compostos cristalinos com área superficial específica inferior ao necessário e pouca atividade pozolânica.

Conforme Malhotra e Metha (1996) as características físicas do metacaulim, como tamanho das partículas e área específica são um dos fatores essenciais que podem propiciar a alta atividade pozolânica, sendo chamado por alguns autores de metacaulim de alta reatividade (MCAR). Entretanto durante a calcinação das argilas ocorre a aglomeração das partículas resultando em uma maior granulometria. Com isso é necessária realização de moagem para que o metacaulim e o MCAR atinjam todo o potencial de suas atividades pozolânicas. O MCAR também pode ser obtido da indústria produtora de cobertura de papel o qual consiste em um caulim de extrema finura, brancura e pureza.

Segundo Rocha (2005) a alta reatividade do metacaulim pode ser explicada em virtude da sua reação química com o hidróxido de cálcio livre que compõe a pasta de cimento ligado a sua finura o qual gera a realização de micro-preenchimento de poros da mistura.

A utilização do metacaulim em pastas de cimento Portland colabora para uma maior resistência à compressão e durabilidade, pois forma uma estrutura de poros com dimensões menores.

2.4.7. Cinza da casca da Castanha de Caju

A produção da cinza ocorre após misturada da casca com cardo durante o processo de decorticação, que separa a casca da castanha. A cinza é obtida com a queima da casca para a geração de calor nas caldeiras de decorticação (LIMA et al., 2008).

A cinza possui aproximadamente 5% do peso da castanha inicial, e em virtude da produção da cajucultura, a formação dessas cinzas pode chegar anualmente à obter a produção de 15.000 toneladas.

Poucas são as pesquisas encontradas com a cinza da casca de castanha de caju, mesmo que com fins diversos ao da indústria da construção civil, porém pode ocorrer uma possível potencialidade em relação à utilização da cinza de casca de castanha de caju, em virtude dos resultados obtidos com outras cinzas provenientes da agroindústria, devido à grande quantidade de sílica em materiais orgânicos. Cincotto e Kaupatez (1988) citado por Lima (2008).

A cinza da casca de castanha de caju foi avaliada como adição mineral em matrizes de cimento Portland, sendo realizada através de estudos da pozolanicidade e da resistência das argamassas. Para a resistência à compressão das argamassas, os resultados mostraram que só os teores abaixo de 5% de cinza de casca de castanha de caju apresentaram valores que correspondem ao traço convencional sem adição da cinza e os teores de cinza acima de 5% diminuirão em mais de 70% os valores da resistência à compressão das argamassas na idade de 91 dias. Os resultados para o índice de pozolanicidade (IP) com a cinza da casca de castanha de caju não compreenderão o valor mínimo requerido pelas normas, o índice de atividade pozolânica não pode ser o único método julgado para definir a reatividade de uma cinza (LIMA et al., 2008).

2.4.8. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar

A cinza de bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo gerado após a extração do caldo da cana para produção de álcool. Como descreve Paula et al. (2008) 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são empregados na queima em caldeira para geração de vapor em caldeiras. A cinza gerada constitui-se de sílica em sua maior quantidade de SiO₂ (CORDEIRO et al., 2008).

Mesa Valenciano e Freire (2004) utilizaram a cinza do bagaço de cana de açúcar em misturas de solo-cimento. A incorporação dessas cinzas mostraram que à resistência à compressão simples dos solos aumenta aos 60 dias de idade, com a utilização de 3% do cimento ou substituição parcial de 20% de cinza de bagaço de cana-de-açúcar também pelo cimento.

A utilização de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cerâmicas vermelhas por Borlini et al. (2006) indicaram que 10% de incorporação de cinza na massa da cerâmica fecha a porosidade aberta e a incorporação de até 10% de cinza calcinada à 1200°C, não mudou a resistência mecânica comparando a massa cerâmica.

2.4.9. Cinza da folha de bananeira

Kanning (2010) pesquisou a avaliação da atividade pozolânica da cinza de folha de bananeira. Os resultados evidenciaram que a cinza de folha de bananeira apresenta atividade pozolânica superior aos valores mínimos indicados nas normas NBR 5751 (ABNT, 1992) e 5752 (ABNT, 1992), quando são queimadas com temperaturas de 850 °C e posteriormente moídas em moinho de bolas. O tempo ideal de moagem da cinza de folha de bananeira conforme descrito por Kanning (2010) apresenta-se em 30 minutos, com uma massa específica de 2,53g/cm³. Contudo conclui-se que a cinza proveniente da queima da folha de bananeira apresenta atividade pozolânica, podendo ser adicionada em concretos e argamassas.

3. METOLOGIA – MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

3.1.COLETA

O caroço de açaí usado no experimento foi recolhido em um ponto de venda (amassadeira) do produto, na cidade, logo após o seu beneficiamento, garantindo que a matéria prima estivesse em boa qualidade para a realização dos testes.



Figura 3.1: Amostra coletada para Análise

3.2. LAVAGEM

A lavagem se faz necessária devido ao beneficiamento do suco ou vinho deixar uma borra remanescente, a mesma pode interferir nos resultados, portanto, foi realizada a lavagem para retirada deste material.



Figura 3.2: Lavagem da Amostra

3.3. SECAGEM

O processo de secagem é uma das operações mais importantes a serem realizadas, pois o teor de umidade pode comprometer a eficiência da queima. Sendo assim, após serem lavados, os caroços foram deixados expostos ao sol durante um dia e posteriormente levados a estufa por duas horas para retirada do excesso de umidade.



Figura 3.3: Secagem da Amostr

3.4. MOAGEM E SECAGEM

Depois de retirados da estufa, os caroços foram lançados no moedor de resíduos para que fosse melhorado o acesso a parte interna e assim facilitar a secagem e conseqüentemente a queima. Após passados por quatro vezes seguidas, a amostra foi levada novamente a estufa pré-aquecida a 110°C, onde permaneceu por duas horas.



Figura 3.4: Moagem das amostras no Moedor de Resíduos

3.5. QUEIMA DAS AMOSTRAS

Depois de seca, as amostras foram levadas ao forno mufla, onde de acordo com a literatura estudada, foram estipuladas temperatura e tempo de queima. A temperatura usada para a queima foi de 800 °C. As amostras foram divididas em cinco grupos, de acordo com o período de queima, sendo respectivamente: 45 min, 1 hora, 2 horas ,3horas e 4 horas.



Figura 3.5: Amostras sendo retiradas do forno Mufla

3.6. MOAGEM COM GRAAL

Com a amostra retirada do forno, obteve-se a cinza proveniente da queima. Esta, posteriormente, foi levada ao laboratório de caracterização de materiais e móida com o graal durante 30 minutos, para realização do ensaio da análise de FTIR (Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier) e difração de Raios-X.



Figura 3.6: Moagem no graal de pequenas quantidades de cinza

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RENDIMENTO DA CINZA

Com os tempos de queima definidos, o material foi pesado antes e após a queima, sendo possível calcular o rendimento da cinza:

Calculo Rendimento Cinza			
Peso da Amostra (PA)	Peso do Cadinho(PC)	Peso Total (PA)+(PC)	Peso Cinza Açai (PCA)
233,6g	140g	376.36g	47,31g

4.2. DIFRAÇÃO DE RAIOS-X – DRX

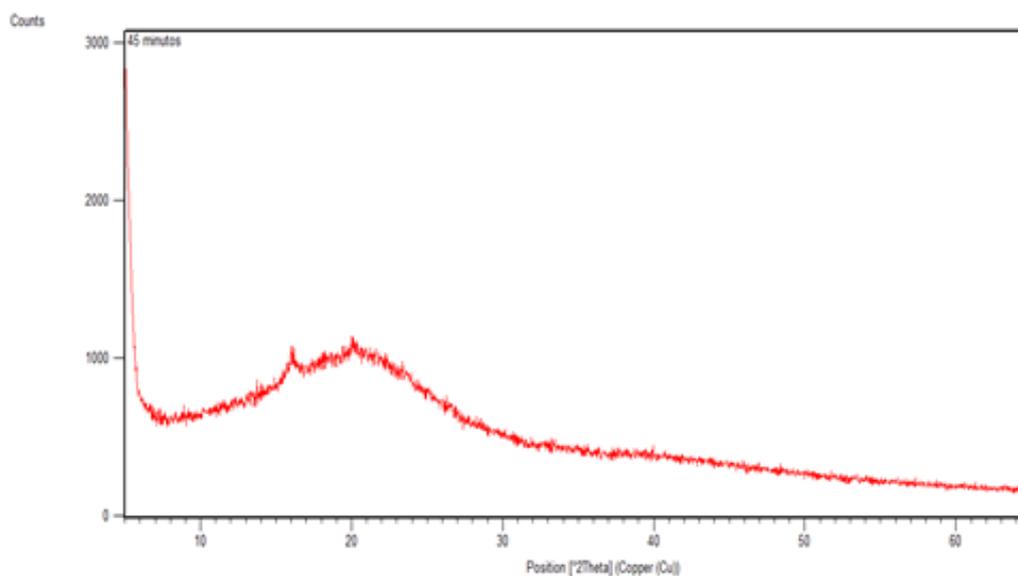


Figura 4.1: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 45 minutos

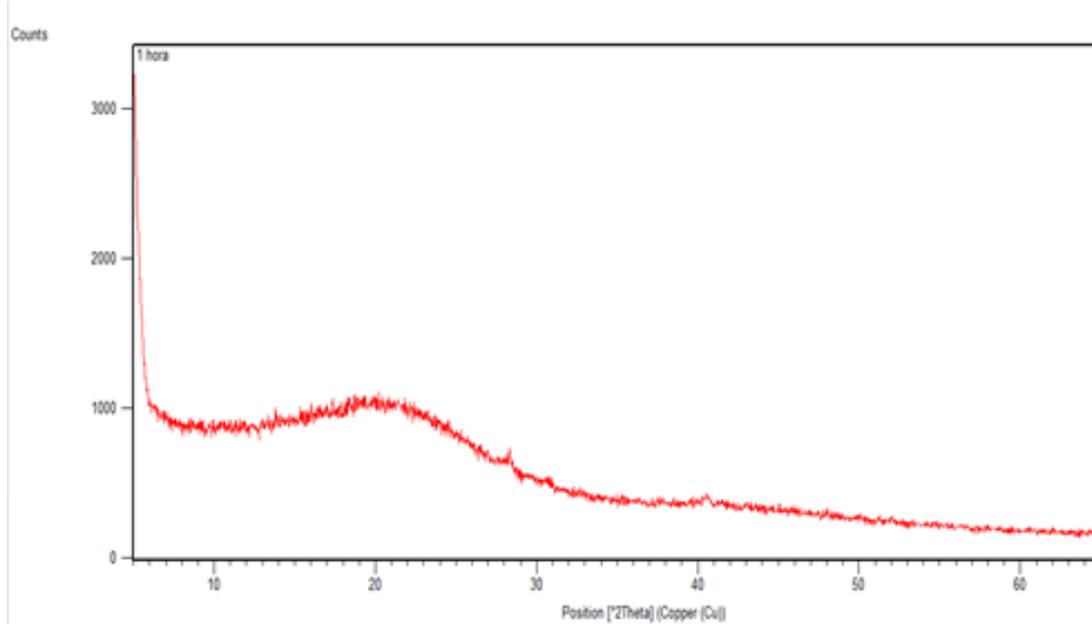


Figura 4.2: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 1 hora

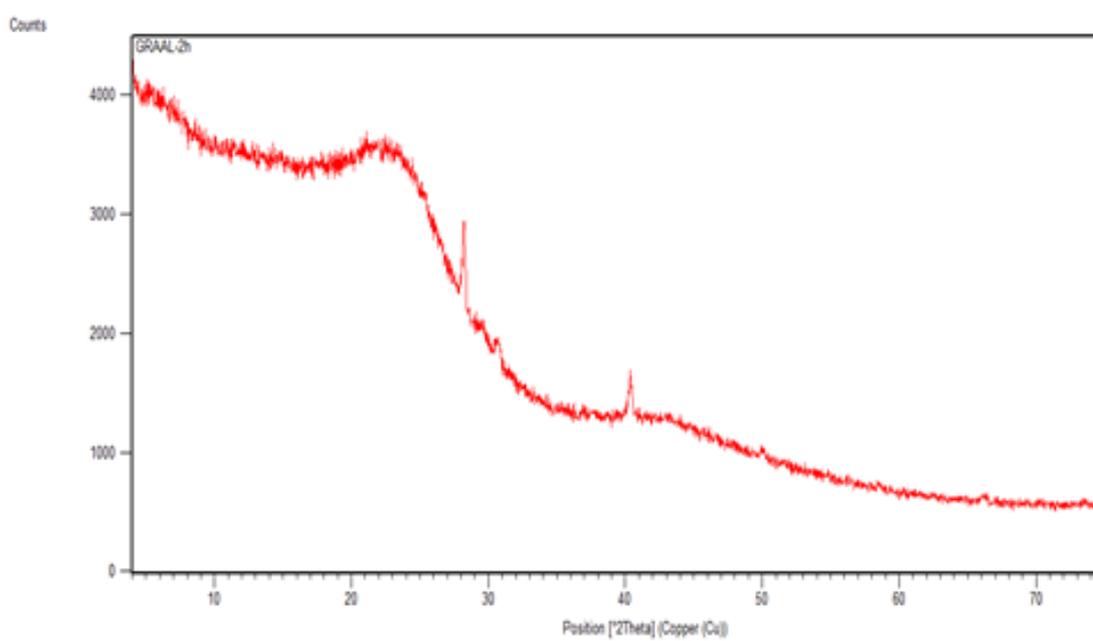


Figura 4.3: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 2 horas

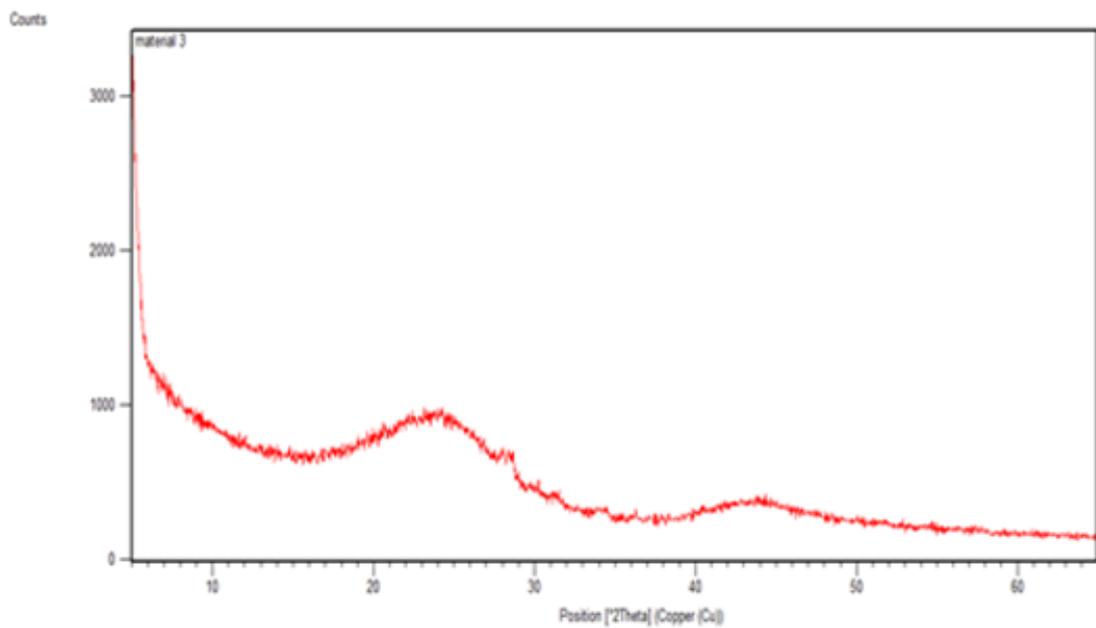


Figura 4.4: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 3 horas

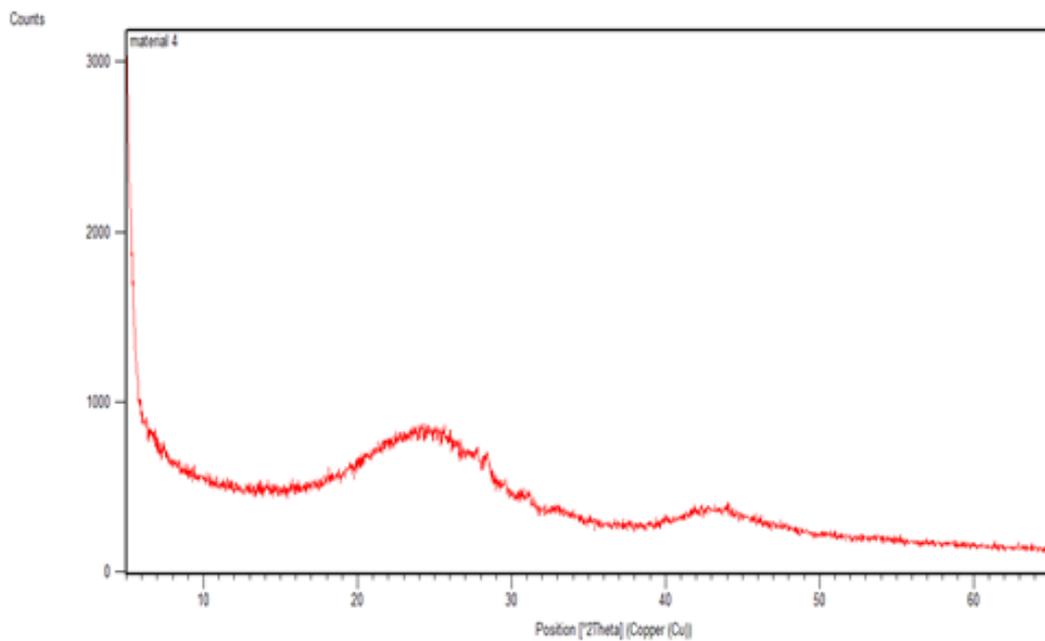


Figura 4.5: Análise de DRX para amostra com tempo de queima de 4 horas

O aparelho de DRX registra uma grande quantidade de informações, e é importante conhecer os dados da amostra analisada. Na literatura existente não se encontra uma análise que afirme a presença de certas substâncias na cinza do caroço do açaí para compara-las com o padrão. A presença de impurezas na amostra e estado amorfo apresentados pelas cinzas

dificultaram a análise das mesmas, pois mascarou a localização correta ou a existência de picos.

Os difratogramas mostrados nas Figuras 4.2, 4.4 e 4.5 não apresentaram picos característicos. Os difratogramas que apresentaram picos mais bem definidos foram obtidos a partir das amostras de 45 minutos(Figura 4.1) e 2 horas de queima(Figura 4.3), porém o baixo número de picos não permite afirmar que determinados elementos estão presentes na cinza.

4.3. ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURRIER – FTIR

Nos dias atuais, dentre os instrumentos utilizados para espectroscopia infravermelha destacamos o espectrofotômetro com transformada de Fourier (FTIR). Transformada de Fourier é um processo matemático pelo qual o interferograma é analisado em seus componentes de frequências com suas amplitudes correspondentes (CIENFUEGOS e VAITSMAN, 2000).

O FTIR é um instrumento com ampla gama de utilizações no mercado, desde setores industriais, farmacêuticos, até mesmo agrícolas, tendo alto potencial na identificação e na caracterização de diversos compostos. É uma técnica que utiliza pouca quantidade e diferentes tipos de amostra, apresenta também rapidez na aquisição dos espectros fornecendo informações essencialmente qualitativas.

A seguir são apresentados os resultados para as 5 (cinco) amostras para o ensaio de FTIR:

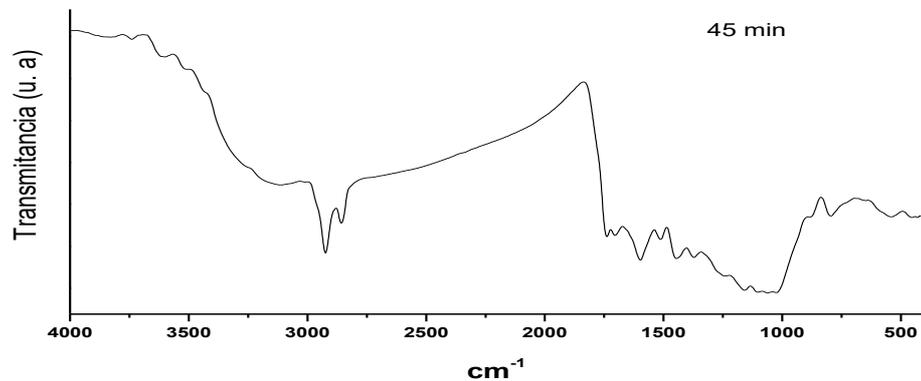


Gráfico 4.1: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 45 minutos

Na amostra de 45 (quarenta e cinco) minutos pôde-se observar a presença da banda de calcita em 713 e 1424 cm^{-1} , um dos polimorfos do carbonato de cálcio (CERQUEIRA; TEIXEIRA, 2009). Bessler e Rodrigues (2008) destacam a presença da calcita também em 874 e 1424 cm^{-1} . A banda em formação localizada em 1048 cm^{-1} refere-se, segundo Souto (2009), ao estiramento da ligação SiO_2 . Em 1442 cm^{-1} , carbonato e em 1643 cm^{-1} , caulinita.

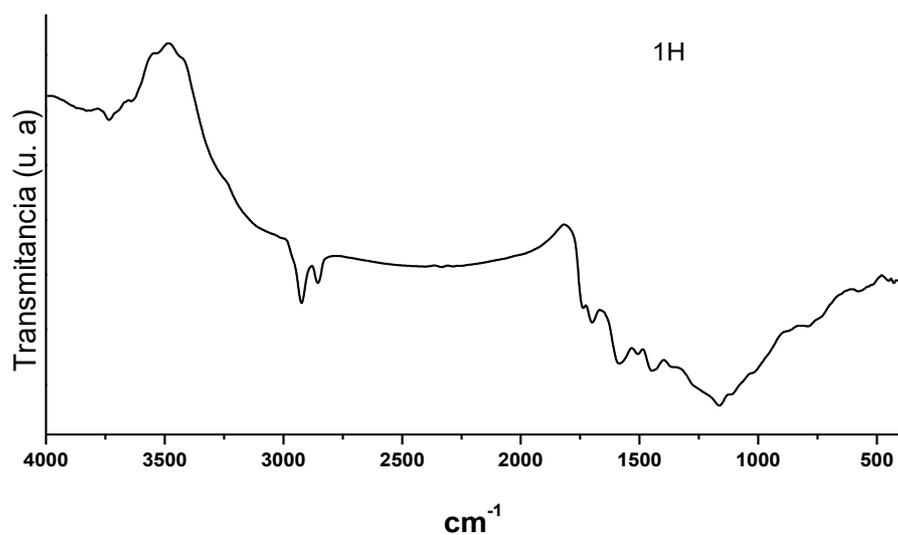


Gráfico 4.2: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 1 hora

A presença de picos menos em 1442 cm^{-1} é atribuído às vibrações devido aos ânions de carbonato. Podemos notar em 1043 cm^{-1} o surgimento da banda de sílica. Em 3000 cm^{-1} e 3693 cm^{-1} ocorre o aparecimento da banda de caulinita e em 3642 cm^{-1} estiramento da banda de OH.

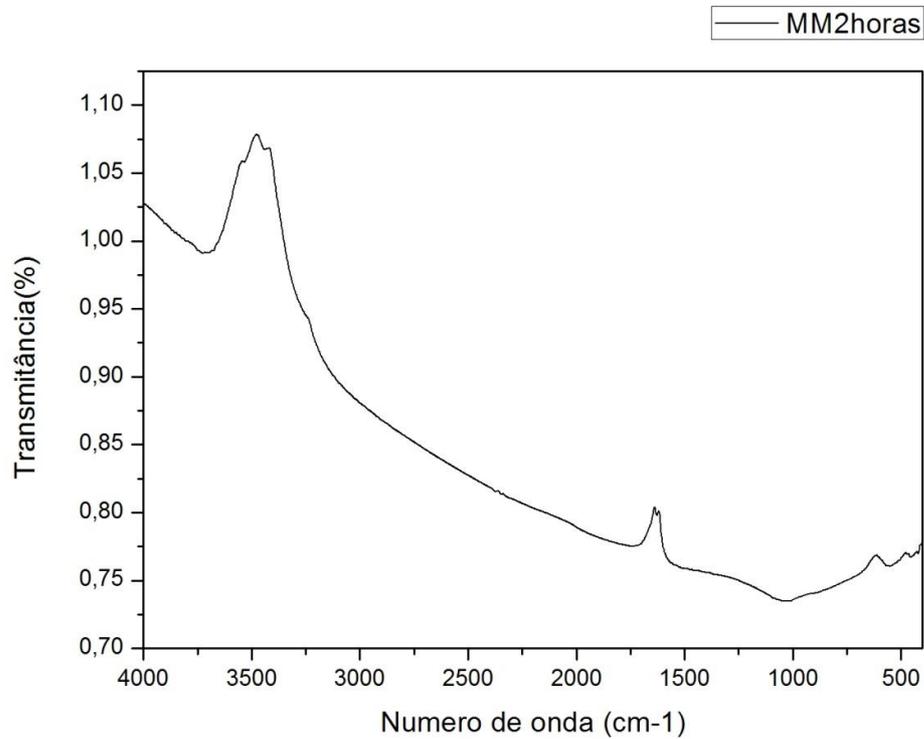


Gráfico 4.3: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 2 horas

No gráfico 4.3 da amostra de 02 (duas) horas é possível identificar a banda 696 cm^{-1} que representa a existência de quartzo. A banda em formação localizada em 1048 cm^{-1} refere-se, segundo Souto (2009), ao estiramento da ligação SiO_2 , está relacionado com as vibrações assimétricas do alongamento das ligações do tipo Si (Al)-O-Si e em algumas literaturas pode-se dizer que refere-se a banda de pozolana.

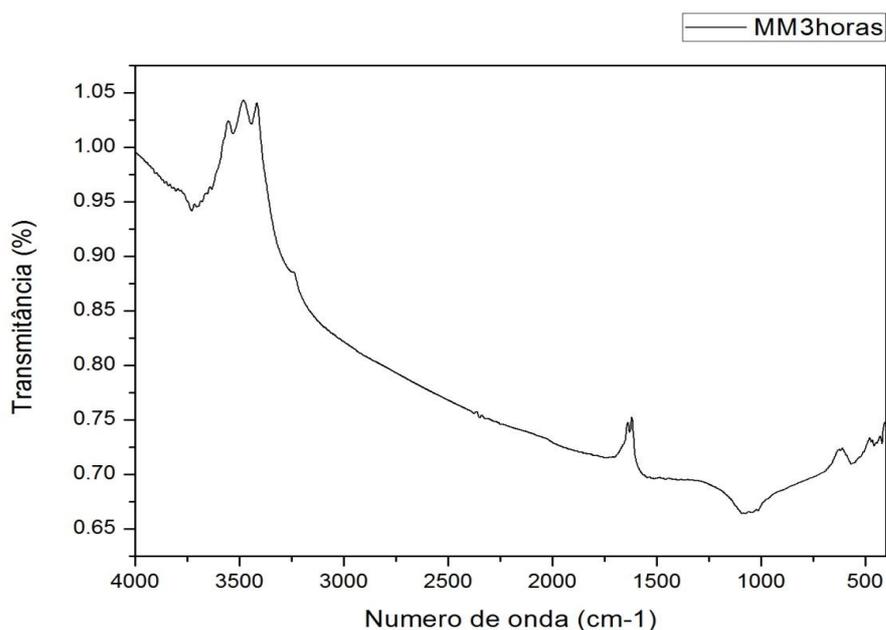


Gráfico 4.4: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 3 horas

Na análise da amostra do gráfico 4.4, 03 (três) horas, identifica-se a banda 439 cm^{-1} que representa quartzo, bem como na banda 696 cm^{-1} . A banda localizada em 1048 cm^{-1} refere-se, segundo Souto (2009), ao estiramento da ligação SiO_2 . Já na de 3693 cm^{-1} , observa-se a presença de caulinita e estiramento de Oh na banda de 3643 cm^{-1} . Próximo dessa região, em 3600 cm^{-1} , constata-se a presença de hidróxido de cálcio (portlandita) (PANZERA et al, 2010).

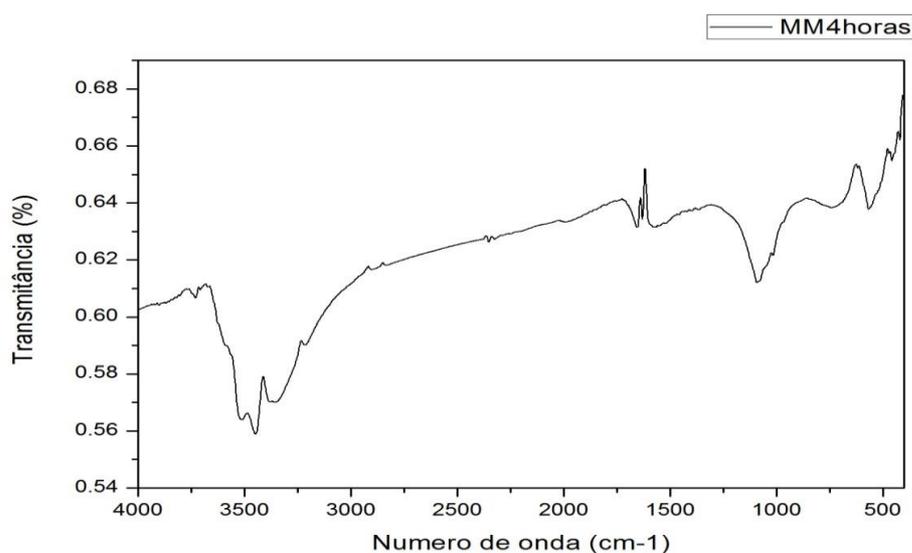


Gráfico 4.5: Análise de FTIR para amostra com tempo de queima de 4 horas

Na amostra apresentada no gráfico 4.5, o pico centrado em 1043 cm^{-1} está relacionado com a presença de pozolana. Os picos correspondentes ao quartzo foram identificados para o espectro 696 e 439 cm^{-1} . A presença de picos mais estreitos como o de banda 1043 cm^{-1} , podem ser atribuídos a com as vibrações assimétricas do alongamento das ligações do tipo Si (Al)-O-Si ou em algumas literaturas, sílica. A banda em 3693 cm^{-1} é referente a presença de caulinita (LIMA et al, 2011) e a banda em 3643 cm^{-1} , de acordo com Souto (2009), correspondem ao estiramento de OH (SOUTO, 2009).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que no ensaio de DRX realizado nas amostras, não é possível determinar a composição de fases presentes, devido o material ter apresentado um difratograma de padrão amorfo e possivelmente uma grande quantidade de impurezas. Sendo assim, para uma análise segura faz-se necessário uma análise química da mesma.

Também se conclui por meio da análise de FTIR, que com o aumento do período (tempo) de queima da cinza, tona-se mais evidente a banda na faixa de 1000 cm^{-1} e 1050 cm^{-1} onde encontramos a presença de sílica e em algumas literaturas a pozolana propriamente dita, fato melhor observado no período de 4 horas de queima.

Para produção em grande quantidades de cinza deve-se alertar para o rendimento da mesma, observou-se que apenas 20% do material colocado para combustão se torna cinza no final do processo.

Por intermédio das análises, conclui-se portanto, que é possível a utilização da cinza do caroço de açaí despolpado como aditivo ou como substituto parcial do cimento Portland, em escala de bancada, para fins de se comprovar a sua atividade pozolânica em laboratório, pois a cinza obtida apresenta elementos que são a composição base de cinzas já usadas no mercado da construção civil.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5752/92**. Pozolanas – Determinação de atividade pozolânica com o cimento Portland. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653/92**. Materiais pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2. ed. Brasília, 2012. 73 p. Disponível em: <http://www.saude.rs.gov.br/upload/1346166430_Lei%2012.305_02082010_politica_residuos_solidos.pdf> Acesso em: 07/08/2016.

CAMÕES, AIRES F. F. L., **Betões de Elevado Desempenho com Incorporação de Cinzas Volantes**. Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade do Minho – Minho: Portugal, 2002.

COUTINHO, A.S., 1997, **Fabrico e Propriedades do betão** – Volume I, 3 ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 401p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção e Extração Vegetal e da silvicultura**. v. 25. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/pevs2010.pdf>>. Acesso em: 07/08/2016.

GANTUSS, C. A. R. **Caracterização física e química de locais de ocorrência do Açaizeiro (euterpe oleracea, mart) no Estado do Amapá e sua relação com o rendimento e qualidade do fruto**. 2006. 79. f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

JUNIOR, O. F. C. **Produção de Carvão Ativado a partir de Produtos Residuais de Espécies Nativas da Região Amazônica**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KAEFER, L.F. **A evolução do concreto armado** . PEF 5707 – Conceção, Projeto e realização das estruturas: aspectos históricos. São Paulo. 1998.

KANNING, R. C. **Avaliação do Potencial Pozolânico da Cinza de Folha de Bananeira**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UTFPR. Curitiba, 2010.

LEA, F.M *The Chemistry of Cemet and Concrete*. 3 rd. ed., New York, Dover Publishing, v. 1, 375p. 1971.

LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A.; CAMPOS, M. F. **Pozolanidade e resistência mecânica das argamassas confeccionadas com cinza de casca de caju**. Revista Minerva. pg. 249-256, 2008.

MEHTA, P.K. **Natural Pozzolan**. In: Supplementary Cementing Materials. Ottawa: V. M. Malhotra. 1987. 427p.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MOCHIUTTI, S. et al. **Geração de Tecnologias para a Produção Sustentável e Processamento de Frutos de Açaí no Estuário Amazônico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17. 2002, Amapá. Anais... Belém: SBF, 2002. p.1-4. Disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/406250/1/857.pdf>>. Acesso em: 08/08/2016.

NEVILLE, A. M. 1923. **Propriedades do concreto**, 1923 - tradução Salvador E. Giammusso. São Paulo: PINI, 1982.

OLIVEIRA, M. P. de, BARBOSA, N. P. **Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento Portland em argamassas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10, n.2, p.490–496, 2006.

PADILHA, J. L.; CANTO, S. A. E.; RENDEIRO, G. **Avaliação do Potencial dos Caroços de Açai para Geração de Energia. Biomassa & Energia.** Viçosa, v. 2, n. 3, p. 231-239, 2005. Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/07-B&E-029-JLPadilha-2005-p231-239.pdf>>. Acesso em: 09/09/2016

PARÁ. Governo do Estado. **Programa Estadual de Qualidade do Açai.** Belém, 2007. 18 p.

PINHEIRO, I. S. **Beneficiamento e caracterização de resíduos gerados na produção de blocos cerâmicos visando à aplicação como adição pozolânica.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em construção civil. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Área de concentração: Materiais de construção civil. UFMG. Belo Horizonte. 2008.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre –RS, 2006

REIS, B. O. et al. **Produção de Briquetes Energéticos a partir de Caroços de Açai.** AGRENER 2002 – ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2004, Campinas. Trabalhos.Campinas:UNICAMP,2002.Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0080.pdf>>. Acesso em: 08/08/2016.

ROCHA, G.G.N. **Caracterização Microestrutural do Metacaulim de Alta reatividade.** Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 2005. Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas.

SANTOS, S. **Produção e Avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida da cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 267p.

SILVA, I. T. et al. **Uso do caroço de açai como possibilidade de Desenvolvimento sustentável do meio rural, da Agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará.** In: AGRENER 2004 – ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas.

SILVEIRA, A. A. A utilização da cinza de casca de arroz com vistas durabilidade de concretos: Estudo do ataque por sulfatos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996. 139 p.