

Análise bibliográfica da (re) utilização do caroço de açaí na indústria da construção civil

Bibliographic analysis of the (re) use of açaí seeds in the construction industry

DOI:10.34117/bjdv8n4-272

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Mateus Gonçalves de Oliveira

Mestrado em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético
Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)
Endereço: Rua Geraldo Ramalho S/N, Centro, Santana do Araguaia - PA
CEP: 68560-000
E-mail: mateus.oliveira@unifesspa.edu.br

Diego Lucena de Sousa

Mestrado em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rodovia BR 422 km 13 – Canteiro de Obras UHE - Vila Permanente Tucuruí
PA, CEP: 68464-000
E-mail: diego3mf@hotmail.com

Milleno Ramos de Souza

Mestrando em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rodovia BR 422 km 13 – Canteiro de Obras UHE - Vila Permanente Tucuruí
PA, CEP: 68464-000
E-mail: millenoramos@gmail.com

Marcelo Rassy Teixeira

Doutorado em Engenharia de Estruturas
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01, Prédio Itec, 2º andar, sala 233 – Guamá, Belém
PA, CEP: 66075-110
E-mail: mrt@ufpa.br

Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro

Doutorado em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rodovia BR 422 km 13 – Canteiro de Obras UHE - Vila Permanente Tucuruí
PA, CEP: 68464-000
E-mail: lucianapc@ufpa.br

Suanne Honorina Martins dos Santos

Mestre em Ciências Ambientais

Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

Endereço: Rua Geraldo Ramalho S/N, Centro, Santana do Araguaia - PA

CEP: 68560-000

E-mail: suannemartins@unifesspa.edu.br

RESUMO

O presente trabalho visou realizar e avaliar o levantamento de estudos já concluídos sobre a utilização do caroço de açaí, cujo objetivo foi dar uma destinação adequada para este material que ainda é considerado rejeito, principalmente no estado do Pará, onde se encontra a maior produção do fruto no País. Assim, a partir das informações adquiridas em diversos artigos que versaram a respeito da utilização do caroço de açaí, foi possível constatar que este resíduo poderá ser utilizado, seja de imediato ou no futuro com o desenvolvimento de novas técnicas, em materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais.

Palavras-chave: caroço de açaí, rejeito, novas técnicas.

ABSTRACT

The present work aimed to accomplish and evaluate the survey of already concluded studies on the use of the açaí lump, whose objective is to give an adequate destination for this material, which is still considered reject, mainly in the state of Pará, where the highest production of the fruit is found in the country. Like this, from the information acquired in several articles that dealt with the use of açaí lump, It was possible to verify that this residue will can be use, either immediately or in the future with the development of new techniques, in materials of pozzolanic form, filler, small aggregate, energy utilization, incorporation in structural ceramic.

Keywords: açaí lump, reject, new techniques.

1 INTRODUÇÃO

Com o conceito de sustentabilidade mais presente nos dias de hoje, se torna inevitável a utilização e reutilização de materiais e seus resíduos. Assim, tendo em vista a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), devem-se desenvolver sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para melhorias dos processos de produção e o reaproveitamento de resíduos sólidos, assim como, a recuperação e o aproveitamento energético. Desta forma, a região Norte do Brasil, especialmente no estado do Pará, por ser um polo agroindustrial de açaí, conseqüentemente um grande gerador de resíduos de caroços deste fruto, encontra-se aí uma grande fonte material, aliando o aproveitamento do rejeito do açaí na sua utilização em diversas áreas de interesse, incluindo a construção

civil. Nesse sentido, segundo Cordeiro et al. (2019, p.46), afirma que a indústria da construção civil apresenta a “capacidade de incorporar resíduos e subprodutos em vários de seus seguimentos, como, por exemplo, o emprego de cinzas e escórias na produção de cimentos, concretos e argamassas”. Assim, necessita realizar uma avaliação quanto a viabilidade técnica, econômica e ambiental para que um resíduo possa se transformar em insumo da indústria citada.

Diante de estudos já realizados por pesquisadores sobre possíveis utilizações do caroço de açaí na indústria da construção civil, surge em um momento preponderante, já que o modelo praticado principalmente na construção civil no Brasil, em toda a sua cadeia de produção, ocasiona vários prejuízos ambientais, pois se faz do uso massivo de matérias primas não renováveis e consome elevada quantidade de energia, tanto na extração, transporte e processamento.

Assim, mediante este cenário de degradação em que o planeta se encontra, a corrida por soluções que visem a (re) utilização e a busca por materiais renováveis vem ganhando a cada dia mais adeptos. Portanto, os impactos que o resíduo do caroço do açaí no Estado do Pará maior produtor e beneficiador do produto gerado do Brasil, destinado ao consumo interno e para a exportação ocasiona impactos negativos principalmente nos descartes nos córregos, igarapés e rios nos locais de beneficiamento e venda.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), em seu artigo 1º, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a dispor (...), assim como a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, a responsabilização aos agentes públicos e privados a que organiza a forma com que o país lida com o lixo, ou seja, a destinação e reaproveitamento dos resíduos urbanos por eles gerados. Ainda em seu § 1º, afirma que as pessoas físicas e jurídicas quer sejam de direito público ou privado, são responsáveis, direta ou indiretamente, pelas ações relativas à gestão integrada ou o gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo Metha e Monteiro (1994), o concreto é o material mais utilizado na construção civil, sendo constituído por um aglomerante hidráulico, isto é, cimento hidráulico, agregados miúdos ou graúdos e miúdos, água e fibras conhecidas como discretas descontínuas é denominado concreto reforçado com fibras. Esse também pode conter pozolanas e outros aditivos geralmente usados em CCV (concreto convencional) com a finalidade de reduzir os custos, melhorar a trabalhabilidade do concreto no estado

fresco podendo, em determinados casos, melhorar a sua resistência à fissuração térmica, à expansão álcali-agregado e ao ataque por sulfatos.

Assim, na atual conjuntura considerar somente o estudo de concretos convencionais (CCV) nos moldes tradicionais torna-se para algumas situações fator de limitação e encarecendo ainda mais as obras passando a ser inviável. Pois o mercado da construção civil estar mais exigente e concorrente, com isso, as técnicas construtivas demandam concretos que apresentem características distintivas e especiais, como: os concretos de alto desempenho, de alta resistência, altos teores de adições pozolânicas, aparentes, coloridos, brancos, autoadensáveis, com fibras, e sustentáveis, entre outros.

Portanto, com o advento de novas tecnologias na indústria da construção civil verifica-se a necessidade do uso de outros produtos como o caroço e fibras naturais do açaí em diversas a utilização como: em materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais, dentre outros.

3 METODOLOGIA

Este estudo constitui-se de uma revisão da literatura especializada, no qual se realizou uma consulta a trabalhos com base experimental comparativa que versavam sobre a temática do uso do caroço do açaí na indústria da construção civil.

Assim, os critérios de inclusão para os estudos encontrados foram à abordagem do caroço de açaí empregado na mistura em diversos materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais. Logo, buscou-se estudar e compreender os principais parâmetros e forma de aplicações empregadas nos estudos encontrados que versaram sobre o uso do caroço de açaí como material compósito.

4 RESULTADOS

Foram encontrados 5 artigos nas bases de dados consultadas que versavam sobre a utilização do caroço de açaí em materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais.

4.1 CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE APROVEITAMENTO DA CINZA DO CAROÇO DO AÇAÍ COMO MATERIAL POZOLÂNICO

Com o objetivo de se verificar o potencial pozolânico tal estudo realizou duas etapas, sendo a primeira com o beneficiamento do caroço de açaí, visando transformá-lo em uma pozolana e a segunda na produção de misturas de concreto, utilizando a cinza produzida (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007)

O primeiro passo foi à realização da caracterização química e morfológica do material visando verificar se o mesmo atenderia os aspectos para materiais pozolânicos conforme NBR 12653 (ABNT, 1992) por meio do ensaio de fluorescência de raio-x. Assim, a partir dos resultados obtidos, a principal característica evidenciada em sua composição química foi o alto percentual de perda ao fogo, demonstrando a grande necessidade de controle no processo de beneficiamento deste material para que o mesmo possa atender os níveis estipulados em norma, que é de 10% (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007)

Após o estudo da morfologia do material por meio da difração de raio-x, cujo o difratograma obtido demonstrou por meio de seu comportamento ser um material com uma estrutura inteiramente amorfa, o que aumenta a possibilidade da utilização deste material para fins pozolânicos, realizou-se a calcinação do material na caldeira do Laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará. Neste processo, coletou-se aproximadamente 377 kg de caroço de açaí, que foi previamente seco ao ar livre e em seguida queimado na caldeira a uma temperatura média de 300°C por 210 minutos, que proporcionou em torno de 3,2 kg de cinza. Na amostra desta cinza, realizou-se novamente o ensaio de perda ao fogo residual, onde se obteve o valor de 42,31% (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007)

Apesar do resultado de perda ao fogo está acima do percentual estabelecido pela NBR 12653, foi dado prosseguimento ao estudo através da moagem obteve-se um diâmetro médio de aproximadamente 8 μ m. Assim, a partir desta etapa, foi dado início ao ensaio de pozolanicidade. Utilizando-se como base para a realização das misturas a NBR 5752 (ABNT, 1992) que propõem a realização de duas misturas, uma que foi definida de referência e outra que teve a substituição 35% de cimento pela cinza do caroço de açaí. Na execução dessas misturas, foi utilizado o cimento CP-I, visto que o mesmo é praticamente puro, o que evitaria a interferência de outros materiais pozolânicos que poderiam está presentes (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007)

Segundo Cordeiro, Henriques e Souza (2007), a relação água/cimento na mistura com a cinza superou o valor máximo, definido pela NBR 12653 (ABNT, 1992), que é de 15%. Este comportamento evidenciou a maior presença de finos na argamassa com adição mineral, o que ratifica a elevada finura desta adição mineral obtida no processo de moagem.

Mediante a tal estudo, conseguiu-se atingir o objetivo principal, visto que pode-se verificar o uso da cinza do caroço de açaí como adição pozolânica a produção do concreto, onde obteve-se resultados interessantes (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007)

Apesar dos resultados obtidos no presente trabalho não terem proporcionado o comportamento esperado, quanto ao uso em misturas de concreto, constata-se haver a possibilidade da obtenção de pozolanas oriundas do caroço de açaí, principalmente quando se observa as características químicas e mineralógicas deste resíduo. Assim, com base nos resultados obtidos, tem-se que o resíduo estudado pode, futuramente, apresentar condições de ser classificado como uma pozolana, porém, para isto, deve-se haver um aprimoramento no processo de calcinação para que o resultado de perda ao fogo obtida neste trabalho possa ser diminuído de modo a atender ao mínimo exposto em norma (CORDEIRO; HENRIQUES; SOUZA, 2007).

4.2 AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO CONCRETO PRODUZIDO COM A CINZA DO CAROÇO DO AÇAÍ (CCA)

O presente estudo buscou utilizar a cinza do caroço de açaí na produção de concretos convencionais a fim de proporcionar melhorias por meio da diminuição da permeabilidade do mesmo, como também, oferecer uma forma de utilização desse resíduo tão facilmente descartado no meio ambiente (QUEIROZ et al., 2015)

Como programa experimental para este trabalho foram utilizadas variáveis como a relação água/cimento (0,40, 0,50 e 0,60), taxas de substituição do cimento por cinza de 0%, 10% e 20%, e os materiais utilizados foram o cimento Portland CPI, areia lavada, seixo, cinza do caroço de açaí e aditivo superplastificante (QUEIROZ et al., 2015)

Após a caracterização dos materiais foi realizada a coleta dos caroços de açaí em alguns pontos do município de Castanhal/PA e em seguida a secagem e queima. Sendo este último passo foi obtido por meio do processo de geração de energia para a produção de materiais cerâmicos e devido a este processo foi produzida uma cinza sem o controle de temperatura e tempo. Logo após partiu-se para o beneficiamento da cinza que foi realizado por meio de um micronizador de partículas, cujo se obteve resultados

satisfatórios com a uniformidade no tamanho e na forma tanto das fibras quanto das partículas da cinza, bem como reduzindo o diâmetro da partícula em até $0,5 \mu\text{m}$ classificando-o como Fíler (QUEIROZ et al., 2015)

A caracterização da cinza do caroço de açaí foi realizada por meio de ensaios de difração de raio-x, massa unitária, massa específica e índice de vazios. Ainda de acordo com o resultado do DRX, a cinza apresentou alguns picos que evidenciam a falta de amorficidade de sua estrutura, classificando-a como estrutura cristalina (QUEIROZ et al., 2015)

Posteriormente as caracterizações, foi realizada a dosagem do concreto baseada no método IPT/USP (Helene e Terzian, 1993) e logo após foi feita a execução das misturas e concretagem dos corpos de prova. Assim, foram realizados aos 28 dias os ensaios de Absorção por Imersão e o ensaio de Absorção por capilaridade segundo os procedimentos descritos na NRB 9778 (ABNT, 2009) e NRB 9779 (ABNT, 2012) (QUEIROZ et al., 2015)

Para o primeiro ensaio em que a NBR 9778 (2005), absorção de água por imersão é o processo pela qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso em relação à sua massa em estado seco. O presente trabalho objetivou analisar a capacidade de absorção de água nos concretos produzidos com a cinza comparando os resultados de substituição de 10% e 20% com o concreto de referência de 0% de substituição. Sendo que os resultados foram mais satisfatórios para o fator a/c de 0,60, onde as taxas de absorção dos concretos produzidos com a cinza apresentam-se inferiores quando comparados ao concreto de referência. Esse comportamento se deve ao efeito microfíler da CCA, apresentado um alto fator de empacotamento, densificando desta forma o concreto proporcionando uma diminuição de sua porosidade resultando em uma menor absorção de água (QUEIROZ et al., 2015)

Para o segundo ensaio em que a NRB 9779 (ABNT, 2012), esta estabelece o método para a determinação da taxa de absorção de água através de sua ascensão pelos poros do concreto. Mediante os resultados pode-se observar nos resultados dos ensaios, as taxas de absorção de água por capilaridade nos concretos produzidos com a CCA apresentam melhorias quando comparados ao concreto de referência. Na relação a/c 0,40 os resultados do concreto de referência e com 10% de substituição se sobrepuseram, já o resultado com 20% de substituição apresentou uma menor taxa de absorção. Na relação a/c 0,50 os resultados apresentaram uma pequena diferença nos concretos com a CCA e o concreto de referência com uma variação de 0,01%. Entre tanto os resultados obtidos

na relação a/c 0,60 apresentaram taxas de absorção inferiores ao concreto de referência, comprovando efeito microfíler da CCA (QUEIROZ et al., 2015).

Assim, mediante os resultados pode-se constatar que o referido estudo evidenciou-se como satisfatório ao analisar os dados constatou-se a viabilidade do emprego da CCA na produção de concretos frente à durabilidade, dando a este resíduo um destino alternativo ao seu descarte, bem como um consumo menor do cimento diminuindo o impacto produzido no processo de fabricação (QUEIROZ et al., 2015).

4.3 INCORPORAÇÃO DA CINZA DO CAROÇO DE AÇAÍ (CCA) EM FORMULAÇÕES DE CERÂMICA ESTRUTURAL

Neste artigo foi avaliado “o efeito da incorporação da cinza do caroço de açaí em formulações de cerâmicas estruturais”. Sendo preparadas formulações, “com percentuais de rejeito de até 15% em peso, usadas na confecção de corpos-de-prova por prensagem, para queima nas temperaturas de 950°C, 1050°C e 1150°C” (MARINS *et al.*, 2014, p.1)

Segundo as formulações adotadas: F0, F1, F2 e F3, conforme tabela 1, a densidade aparente das formulações F0, F1 e F2 aumentou devido a elevação da temperatura, por sua vez, a formulação F3 foi diferente para 1150°C, logo apresentando uma diminuição de sua densidade, ocasionando a fusão do material. Já a porosidade aparente diminui com o aumento do teor de CCA nas três primeiras formulações, ao passo que essa diferença se torna relativamente mais expressiva com a elevação da temperatura de sinterização devido a cinza provocar o aumento da fusão incipiente, formando assim, a fase líquida a qual preencheu parcialmente a porosidade microestrutural (MARINS *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Formulações adotadas

Formulações	Argila (%)	Caulim (%)	CCA (%)
F0	70	30	0
F1	70	25	5
F2	70	20	10
F3	70	15	15

Fonte: Marins et al. (2014)

Com isso, foi demonstrado que o efeito da temperatura de sinterização sobre a resistência mecânica das cerâmicas aditivadas com CCA gerou um aumento linear força de ruptura em função da temperatura. Este aumento foi alcançado pela maior densificação do material. Sendo que, mesmo nas amostras com elevado teor de CCA, teve um aumento

satisfatório na resistência mecânica dos corpos sinterizados, o que comprova a aplicabilidade destes materiais em funções estruturais. Desta maneira, constata-se que F3 sinterizada a 1050°C apresentou resultados mais satisfatórios de resistência mecânica, já para F1 e F2 sinterizadas a 1150°C obtiveram módulo de ruptura maior. Contudo, essa diferença nos resultados é baixa, desse modo, o consumo de energia é maior para a temperatura mais elevada (MARINS et al., 2014)

Também foi constatado que o diagrama de gresificação relativo às formulações estudadas, demonstrado pela curva de gresificação, é traçada mediante dados de absorção de água e retração linear de queima, após o processo de sinterização, juntamente em um mesmo gráfico. Sendo que a referida curva, é usada para determinar a tolerância da massa cerâmica a variações de temperaturas e condições de processamento, assim, nesse sentido pode servir como instrumento de controle de qualidade, porque quando se sabe a faixa ideal de AA (absorção de água) ou RLq (retração linear de queima), consegue-se determinar qual a temperatura ideal de queima do material, sem que posso ter gasto desnecessário de energia no processo. Portanto, a adição de CCA provoca a diminuição da temperatura de queima, neste caso, comportando-se como um fundente (MARINS *et al.*, 2014).

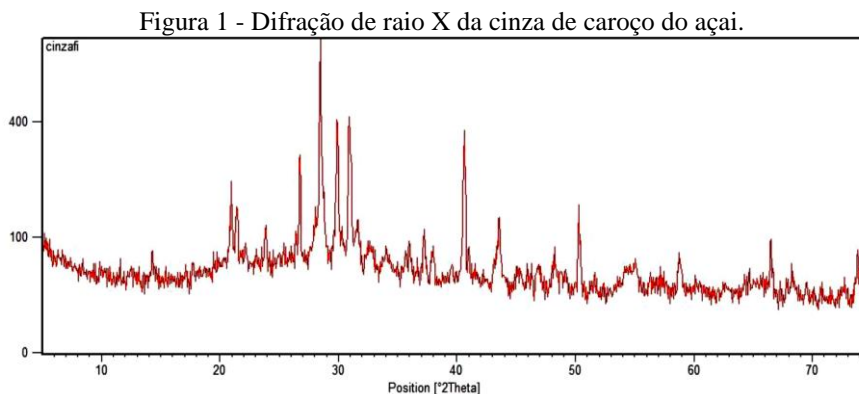
4.4 ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO PELA CINZA DO CAROÇO DO AÇAÍ

Segundo Paes et al. (2015, p.1), “este avaliou a substituição da areia pela cinza do caroço do açaí, nas propriedades mecânicas de argamassas de revestimento, a partir dos teores de 0%, 10%, 20% e 30%”. Tal avaliação se deu no estado plástico, sendo aferido: consistência, ar incorporado, retenção de água e densidade de massa. Já no estado endurecido; resistência à flexão e compressão, retração e absorção de água. Sendo verificado que o teor ótimo de substituição ficou entre o intervalo de 10% e 20% (PAES et al., 2015).

Sendo que a cinza do caroço de açaí foi obtida no município de Castanhal-PA por meio da queima do caroço em um forno a lenha (com tempo e temperatura não controlados) (PAES et al., 2015)

Assim, de forma indireta, teve como objetivo verificar se a cinza atendia a critérios de materiais pozolânicos (propriedades cimentícias), uma vez que não foi feito o ensaio de pozolanidade. Desta forma, foi realizado o ensaio de difração de raio X no laboratório de Geociências da Universidade Federal do Pará. Sendo que o resíduo foi

obtido calcinado, assim, foi necessário realizar apenas ensaio citado anteriormente, visando com isso, se verificar a morfologia de sua estrutura interna, levando em conta a análise qualitativa das fases cristalinas presentes (PAES et al., 2015).



Fonte: Paes et al. (2015)

4.4.1 Avaliação das argamassas de revestimento – Estado Plástico

Conforme Paes et al. (2015, p.9), “ao se adicionar a cinza as argamassas, em substituição parcial a areia, houve a necessidade de se adicionar um pouco mais de água as argamassas a fim de se obter a trabalhabilidade desejada”. Esta constatação teve como consequência a alteração também dos valores de densidade de massa, entretanto, em sentido inverso, isto é, com diminuição dos valores encontrados para esta propriedade. Por sua vez, em relação ao teor de ar incorporado, o incremento de CCA nas argamassas não ocasionou uma elevação de ar nas misturas. Assim, praticamente o valor não alterou em relação aos percentuais de substituições, em virtude, possivelmente a observância ao teor recomendado pelo fabricante de 200ml/50kg de cimento (PAES et al., 2015)

Assim, foi percebido que a adição parcial da CCA nas argamassas deixava-as com acabamento superficial mais “áspero”, em comparação com a argamassa de referência, o que demonstrou que a cinza do caroço de açaí não fornece característica plastificante mesma. (PAES et al., 2015)

Já quando decidiu aumentar o teor de substituição para 30% de CCA, além do aspecto “áspero”, mencionado anteriormente, observou ainda, uma maior dificuldade em se realizar a mistura dos componentes, porque a argamassa demonstrou-se mais “pesada”. Estas duas características percebidas neste estudo na argamassa (ásperas e pesadas), em obra, provavelmente, levaria o responsável oficial pedreiro a adicionar mais aditivo incorporador de ar à mistura, tendo o objetivo a alcançar as mesmas condições de trabalhabilidade/plasticidade da argamassa de referência, o sem dúvida afetaria o seu

desempenho no estado endurecido, principalmente, no que tange às resistências mecânicas, diminuindo-as (PAES et al., 2015)

Conforme a figura 1, a cinza apresenta alguns picos que evidenciam a falta de amorficidade de sua estrutura interna. Esta característica foi preponderante para que não ocorresse atividade pozolânica. Mesmo assim, a fim da verificação se a mesma poderia maximizar melhorias em sua microestrutura por meio do efeito filler, considerou-a nas misturas das argamassas (PAES et al., 2015)

Segundo as pesquisas realizadas por Martins, Matoso e Pessoa (2005) apud Paes et al. (2015), a utilização do caroço de açaí que é um resíduo dentre tantos que vem sendo estudado nos últimos anos, constatou que o mesmo apresenta comportamento térmico nas fibras que recobrem o seu caroço, desse modo, sua utilização na construção civil é necessário. Pois segundo a referida pesquisa, foi avaliado tal comportamento de suas fibras, e logo foi concluído que as mesmas apresentam adequadas estabilidades térmicas até por volta de 230°C. Sendo que, segundo estes autores, o comportamento alcançado foi semelhante de outras fibras naturais consolidadas a muitos anos na indústria, como a do coco e do sisal, assim, fica evidente que o desempenho mencionado abre novos horizontes para a área industrial, sendo um destes para o desenvolvimento de novos materiais.

4.4.2 Avaliação das argamassas de revestimento – Estado Endurecido

Segundo Paes et al. (2015, p.11), “os resultados das resistências (compressão e flexão) mostram que entre o percentual de 10% a 20% se encontra o teor ótimo de substituição da areia pela cinza, com valor, inclusive, superior (10% de CCA) ao da argamassa de referência (sem adição de CCA)”. Dessa maneira, a incorporação de cinza do caroço de açaí, possivelmente, contribuiu na diminuição da porosidade e tornou a microestrutura das argamassas mais densa e compacta, resultando assim em um material com desempenho superior (10% de adição) ao da argamassa de referência (sem a adição da CCA). Com isso, o efeito físico (efeito microfíler) incidiu pelo reduzido tamanho das partículas da CCA, que ao se introduzir entre os grãos de cimento e da areia e se alojarem nos interstícios da pasta, reduz o espaço até então disponível para a água e em consequência atua como pontos de nucleação dos produtos de hidratação, o que proporciona uma característica de refinamento na estrutura de poros (PAES et al., 2015)

De acordo com Lima (2009) apud Paes et al. (2014), o fato das argamassas com a referida cinza terem obtido valores acima dos de referência pode ter sido ao efeito físico

de empacotamento das partículas, uma vez que o valor da massa específica da amostra com a cinza terem sido menores do que o da argamassa executada somente com a areia.

Ainda conforme Paes et al. (2015, p.13), “a absorção de água das argamassas é uma propriedade ligada ao desempenho e a durabilidade destas, uma vez que fornece indícios de seu comportamento frente à penetração de agentes agressivos”. Assim, está diretamente ligada à microestrutura e às propriedades que administram os mecanismos de transporte de água. Portanto, os resultados de absorção de água demonstraram que, assim como para as propriedades de compressão axial e bem como para a tração na flexão, para os teores de substituição parcial da areia pela CCA, entre o intervalo de 10% e 20%, houve uma diminuição desta, em comparação a argamassa de referência. Logo, pode-se afirmar que a adição da CCA que, possivelmente densificou a matriz das argamassas, para os teores encontrados, alterou o tamanho e distribuição dos poros, modificando sua microestrutura, resultando com isso, em benefícios também para esta propriedade (PAES et al., 2015)

4.5 ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA QUEIMA DE CAROÇOS DE AÇAÍ PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL-PA

Neste tratou de um estudo sobre à produção e viabilidade da utilização energética do caroço de açaí, proveniente da agroindústria do município de Castanhal, Estado do Pará. Assim, teve como objetivo conhecer o volume, disponibilidade e destinação do caroço de açaí produzido no respectivo Município, e com isso, avaliar a potencialidade de uso como insumo energético para gerar calor nos fornos de indústrias cerâmicas locais, que utilizam em sua queima a combustão da biomassa florestal em seus processos produtivos (CARNEIRO et al., 2013)

Segundo Silva (2011) *apud* Carneiro et al. (2013), os resíduos provenientes da produção de açaí, principalmente aqueles utilizados para olarias, são comercializados como biomassa para alimentar caldeiras e fornos, substituindo, dessa maneira, a lenha e reduzindo com isso o desmatamento, sendo assim uma fonte de energia limpa. Sendo que para avaliar o potencial energético de uma biomassa é de suma importância conhecer seu poder calorífico superior (PCS), no qual correspondente à totalidade de calor liberado em sua combustão. Dessa forma, de acordo com Reis et al. (2002); Rendeiro et al. (2008); Silva et al. (2004) *apud* Carneiro et al. (2013), o PCS do açaí é em torno de 4.500 Kcal/Kg.

Com isso, pode compará-lo com o Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), uma madeira muito difundida pelo País, comumente tem sua utilização como combustível para diversos tipos indústrias e cujo seu PCS está em torno de 4.680 Kcal/Kg (ROGERO, 2011). Em posse dessas informações, os valores dos PCS são relativamente próximos, o que se pode inferir que o caroço de açaí é um insumo energético viável e eficiente, além do mais de ser muito rentável. Em mais um estudo, porém com Rendeiro et al. (2008), apud com Reis et al. (2002, p.10), “constataram que a densidade energética do caroço de açaí é em torno de 4.598 MJ/m³, mostrando ser um combustível eficiente para a geração de calor”. Com o exposto, pode ainda afirmar que, para o cultivo do açaí não é necessário ter que devastar extensas áreas de florestas (CARNEIRO et al., 2013)

Os resultados obtidos permitiram sugerir que o caroço de açaí pode sem dúvida ser utilizado como uma fonte de energia térmica nestas industriais, neste caso, as de pequeno porte no município e abranger as demais, independente do porte. Sendo possível concluir ainda, que a biomassa residual do açaí, por ser abundante na Região mostra-se como uma potencial alternativa no quesito energia renovável, porque a sua utilização energética traz benefícios tanto econômicos, como sociais e principalmente ambientais (CARNEIRO et al., 2013)

De acordo com Carneiro et al., (2013, p.12), “os resultados relativos à aplicabilidade do uso do caroço de açaí pelas olarias mostraram-se animadores, uma vez que, as indústrias utilizam a combustão do caroço proveniente da agroindústria do açaí, para a fabricação dos seus produtos finais”.

Já conforme Machado, Gomes e Mello (2010) apud Carneiro et al. (2013, p.12), “o setor cerâmico tem na biomassa florestal – Lenha – sua principal fonte energética, que é queimada em seus fornos, para a cura de telhas e tijolos”. Por sua vez, para Silva e Medeiros (2011) apud Carneiro et al. (2013, p.12) os quais “consideram a utilização da lenha como insumo energético um procedimento arcaico e degradante”. Isso mostra que em regiões com abundância em biomassa residual, esse insumo energético pode ser oferecido em escala industrial, visto que, a quantidade de caroço adquirida é suficiente para suprir as necessidades de produção da indústria (CARNEIRO et al., 2013, p.12)

Para Rendeiro et al (2008) apud Carneiro et al. (2013, p.12), “é grandemente favorável o uso dessa biomassa nativa, que faz parte da cultura local e, devido sua abundância pode ser considerado um suprimento praticamente inesgotável”. Na mesma linha de raciocínio Rendeiro et al. (2008) apud Carneiro et al. (2013, p.12) afirma que, “um detalhe importante que a empresa pode realizar é a silagem da biomassa, ou seja,

armazenar para enfrentar os períodos de entressafra e gerar energia para manter os fornos em funcionamento durante essa época do ano sem recorrer a outras fontes”.

Um exemplo dessa aplicação citada anteriormente é o estudo para a cura de 10 mil tijolos, sendo necessários 35 metros cúbicos de caroço de açaí, em média, da mesma forma que são oferecidos pelas agroindústrias. Assim, apresenta um tempo médio para a queima desta quantidade de material por volta de aproximadamente 45 horas, segundo os dados obtidos. Ao passo que são necessários que vários fornos funcionem ao mesmo tempo, dessa maneira, toneladas de caroços são queimadas diariamente. Mas, esta quantidade de material pode ser reduzida para processar o mesmo número de tijolos, se a empresa realizar um processamento prévio na biomassa, como exemplo; a secagem ao sol por alguns dias. Logo, este processo reduziria o teor de umidade, aumentando com isso, o poder calorífico e o rendimento energético da biomassa. Ainda assim, tornou-se preponderante a substituição da lenha pelo caroço do açaí, devido pelo ganho no aspecto econômico e socioambiental. (CARNEIRO et al., 2013)

5 DISCUSSÕES

Essa pesquisa fez-se necessária para poder confirmar que o caroço do açaí pode ter uma destinação da usual, isto é, descartados na melhor das hipóteses como matéria orgânica, pois sabe-se que segundo Martins, Mattoso, Pessoa (2009), a agroindústria do açaí possibilita na geração de grandes quantidade de resíduos, estes constituídos de caroços e/ou fibras, assim, constrata-se que um grave problema ambiental além da saúde pública. Importante salientar que o não descarte diretamente nos locais de beneficiamento do produto contribui na redução dos impactos negativos que o resíduo do caroço do açaí provoca principalmente nos córregos, igarapés e rios no local de beneficiamento e venda já mencionados.

Logo, as outra formais não usuais do caroço e fibra do açaí como: materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais já mencionados contribuem decisivamente na composição de argamassa, concreto utilizados na construção civil, e bem como na proteção do meio ambiente pois possibilita a diminuição dos principais materiais utilizados na construção civil que são retirados da natureza.

6 CONCLUSÕES

A partir da elaboração deste estudo, foi possível comprovar a importância da realização de pesquisas científicas que visem o desenvolvimento de novas técnicas de (re) utilização de resíduos gerados pela humanidade. Assim, foram constatadas diversas formas de aplicação do caroço de açaí, sendo que este rejeito orgânico vem sendo produzido em grande abundância, principalmente no Estado do Pará, que antes tinha sua produção frisada em pequenos batedores e atualmente vem se intensificando na agroindústria voltada para o sudeste do país e o mercado internacional.

Portanto, pode ser constatada a contribuição da utilização do resíduo de caroço de açaí na construção civil como materiais de forma pozolânica, filler, agregado miúdo, aproveitamento energético, incorporação em formulações de cerâmicas estruturais. Desta forma, a indústria citada passa a ganhar novos parâmetros para se desenvolver e ganhar mercados mediante as novas técnicas desenvolvidas pela comunidade, com isso, a corrida por soluções que visem a (re) utilização e a busca por materiais renováveis contribuem para o cenário de degradação em que o planeta se encontra.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei 12.305** de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DF, Brasília, Planalto, Casa Civil, 2010a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 12 outubro 2020. 13:00h.

CARNEIRO, João da Silva; CAVALCANTE, Bruna da Silva; SILVA, Maria Dulcimar de Brito; SILVA, Renato de Sousa. (2013). **Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no município de castanhal-PA**. Castanhal, Pará.

CORDEIRO, L. de N. P.; HENRIQUES, A.; SOUZA, P. (2007). **Contribuição ao Estudo de Aproveitamento da Cinza do Caroço do Açaí como Material Pozolânico**. Belém, Pará.

CORDEIRO, L. de N. P.; PAES, I. de N. L.; SOUZA, P. S. L.; AZEVEDO, C. M. **Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto**. Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 45-55, jan./mar. 2019.

MARINS, L.F.B.; FREITAS, M.C.; VIEIRA, J. H. A.; RABELO, A. A.; FAGURY NETO, E. (2014). **Incorporação da cinza do caroço de açaí em formulações de cerâmica estrutural**. Cuiabá, MT.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1.ed. São Paulo: Pini, 1994. 119p.

PAES, I.; COSTA, D.; CÂMARA, M.; VIEIRA, S.; CORDEIRO, L. de N. P. (2015). **Argamassas com substituição do agregado pela cinza do caroço do açaí**. Belém, Pará.

QUEIROZ, L.; DIAS, P., CORDEIRO, L. de N. P.; SOUZA, P. (2015). **Avaliação da permeabilidade do concreto produzido com a Cinza do Caroço do Açaí (CCA)**. Belém, Pará.