AVALIAÇÃO DO CAROÇO DE AÇAÍ "*IN NATURA*" PARA USO COMO AGREGADO GRAÚDO LEVE

Marco Antônio Barbosa de Oliveira[(1)]; Kleber Roberto Matos da Silva[(2)]; Marcos Vitor Mescouto Miranda[(3)]; Ruan Pinheiro Costa[(4)]; Stefany Costa Brandão[(5)] (1) Docente, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Pará – marco.barbosa@ifpa.edu.br; (2) Docente, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Pará – donkleber@hotmail.com; (3) Técnico em estradas, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Pará – marcosvitormiranda@gmail.com; (4) Técnico em estradas, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Pará – ruan02costa@outlook.com; (5) Tecnologia em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – stefanycostabrandao@hotmail.com;

RESUMO

O beneficiamento do açaí, fruta nativa da Amazônia, aproveita apenas 15% de cada fruto de açaí, que pesa cerca de 1g, ou seja, somente 15% deste é comestível (polpa com casca), sendo necessários cerca de 2,5 kg de frutos para produzir 1 L de suco da fruta, o restante representa o caroço, contendo a semente oleaginosa. Nos locais onde se prepara esse alimento, encontram-se os caroços secos amontoados (biomassa residual), representando um resíduo a ser destinado, SOUSA (2017) [(1)]. Com a finalidade de reduzir a quantidade de resíduos direcionados aos canais e bueiros, que obstruem e causam alagamentos, tem ocorrido a uma procura por usos alternativos do caroço. Deste modo, este estudo tem objetivo de avaliar o caroço de açaí *"in natura"* para uso como agregado graúdo leve, a partir da caracterização granulométrica, massa unitária e específica, conforme NBR NM 248 ABNT:2003[(2)], NBR NM 45 ABNT:2006[(3)] e NBR NM 53 ABNT:2009[(4)]. Constatou-se que caroço de açaí se enquadra na faixa granulométrica e massa unitária, de acordo com a ASTM C330/330M-17ª [(5)]. Portanto, aponta potencialidade do caroço de açaí *"in natura"* como agregado graúdo leve para aplicação em concreto leve não estrutural, sendo sua aplicação imprescindível para a redução de resíduo que seria descartado inadequadamente.

Palavras-chave: *materiais; resíduos sólidos; caroço; açaí; granulometria; massa unitária; massa específica*

EVALUATION OF THE AÇAÍ SEED "IN NATURA" FOR USE AS A LIGHTWEIGHT COUSE AGGREGATE

ABSTRACT

The processing of açaí, a native fruit of the Amazon, takes advantage of only 15% of each açaí fruit, which weighs about 1g, that is, only 15% of it is edible (pulp in shell), requiring about 2.5 kg of fruits to produce 1 L of fruit juice, the remainder represents the stone, containing the oilseed. In the places where this food is prepared, there are the heaped dry lumps (residual biomass), representing a waste to be destined, SOUSA (2017) [(1)]. In order to reduce the amount of waste directed to the channels and culverts that obstruct and cause flooding, there has been a search for alternative uses for lump. In this way, this study has the objective of evaluating a açaí "in natura" lump for use as a lightweight aggregate, based on the granulometric characterization, unit and specific mass, according to NBR NM 248 (ABNT, 2003), NBR NM 45 (ABNT, 2006) and NBR NM 53 (ABNT, 2009). Açaí seed was found to fit within the granulometric range and unit mass, according to ASTM C330 / 330M-17a and ASTM C331 / 331M-17. Therefore, it points out the potency of açaí "in natura" as a lightweight aggregate for application in light non-structural concrete and its application is essential for the reduction of residue that would be inappropriately discarded.

Key-words: seed; açaí; granulometry; unit mass; Especific mass

1 INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe Oleracea*) é nativo da Amazônia brasileira, do seu fruto é extraído o suco, polpa ou simplesmente açaí, como é conhecido na região, representando um importante alimento para populações locais, com produção anual de frutos no Brasil por volta de 219.885 t/ano (IBGE: 2017) [6].

Durante o beneficiamento, a polpa representa 15% do peso total do fruto e é aproveitado de forma tradicional, no consumo alimentar, sorvetes e outros produtos derivados e o caroço correspondem a 85%. Levando isso em consideração, seu beneficiamento produz um resíduo em quantidade exorbitante, resíduo que se tornou um inconveniente para os moradores da região metropolitana de Belém, principalmente ao que se refere ao seu descarte. Pois, como o caroço não possui destino certo, o mesmo é considerado um resíduo de produção, no qual se for lançado no meio sem nenhum controle pode provocar problemas ambientais, como observa Tinoco:2005 citado por Luamin: 2014 [7].

Atualmente a região metropolitana de Belém encontra-se com mais de 3.000 pontos de venda da polpa do açaí. Sua comercialização está em torno de 201.553 t/ano, ou seja, 91,6% da produção é realizada no Pará, de acordo com pesquisa realizada no site do IBGE, referente ao ano de 2017 [6]. Segundo a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2012) [8], que dispõe sobre os princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, o manejo dos resíduos sólidos e a limpeza urbana devem centrar-se no atendimento às dimensões ecológica, ambiental, cultural, demográfica, social, institucional, política, econômica, legal e ética. Visando a sustentabilidade ambiental nas cidades brasileiras – seja pela destinação adequada de resíduos, seja pela redução do consumo de recursos naturais – faz-se necessário um maior desenvolvimento da gestão dos serviços públicos envolvidos (SILVA, 2016) [9]. Para tanto, o conhecimento dos instrumentos legais que possuem conexão com a temática de saneamento, assim como o correto diagnóstico da situação dos municípios e as variações em escala regional são fundamentais para a proposição de uma política eficiente.

Souza (2017) [1] discursa a respeito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) [8], que os caroços de açaí são considerados como resíduos de atividade comercial, logo a responsabilidade para a coleta e destinação é de seu gerador, no caso os batedores. Como não são realizadas fiscalizações nos estabelecimentos responsáveis pelo processamento do fruto, ocorre uma grande

problemática quanto à disposição inadequada dos caroços de açaí, contribuindo para problemas ambientais e sanitários de uma cidade.

Com a falta de gestão, encontram-se caroços em lixões a céu aberto, canais e esquinas da cidade, de forma que o descarte inadequado dos resíduos dos frutos do açaí pós-beneficiamento tem modificado a paisagem natural do ambiente, trazendo desconforto aos habitantes que vivenciam esta situação diariamente, e contribuindo para o entupimento de córregos, esgotos e igarapés. Visando a mitigação de transtornos causados pela disposição do caroço de açaí em locais inadequados, tem-se a procurar uma alternativa à esta problemática.

Em vista disso, os resíduos de caroços de açaí já são utilizados como combustível de biomassa verde, para geração de energia elétrica, mecânica e gás combustível para algumas comunidades quilombolas, etc., como uma forma de reaproveitamento do material que antes seria descartado. Outra linha de pesquisa é a das fibras de açaí que, nos últimos anos, vêm sendo investigadas para aplicação na construção civil, devido a suas propriedades mecânicas, como aditivos para materiais compósitos poliméricos, potencializando suas propriedades físicas (GOES *et. al.:* 2014;[10] MARTINS *et. al.:* 2009[11]).

Para se iniciar a aplicação do resíduo em diversas atividades, dentre elas na construção civil, primeiramente deve-se realizar ensaios para determinação da granulometria do material, analisando através disso e em comparação com NBR NM relevante, se a utilização do resíduo é viável. Entretanto, é importante destacar que não existe uma granulometria ideal para um determinado agregado, o que se busca de modo geral, é a compatibilização entre os requisitos físicos e econômicos. Areias muito grossa, por exemplo, produzem misturas de concreto ásperas e com baixa trabalhabilidade, já as muito finas farão com que ocorra um aumento no consumo de água (consequentemente, o consumo de cimento para uma dada relação água/cimento e são antieconômicas. SOUZA: 2010 apud ROSÁRIO: 2013[12].

Agregado leve possui uma característica importante para obtenção de concreto leve. De acordo com Mehta e Monteiro:2008[13], são considerados agregados leves quando possuem geralmente massa unitária inferior a 1120 kg/m³, em função da microestrutura celular ou porosidade elevada. Segundo ACI 213R:2003[14], concreto com agregado leve possuem baixa massa específica, que propiciam redução de custos e facilidade de transporte.

Diversas propriedades dos concretos são influenciadas pela substituição de agregados tradicionais por agregados leves, dentre as quais a massa específica, trabalhabilidade, resistência mecânica,

módulo de elasticidade, propriedades térmicas, retração, fluência e a espessura da zona de transição entre o agregado e a matriz de cimento, Rosario:2013[12].

2 METODOLOGIA

Utilizou-se um programa experimental para atingir os objetivos da pesquisa quanto a avaliação do caroço de açaí "*in natura*" para uso como agregado graúdo leve.

2.1 MATERIAIS

Inicialmente houve a coleta do caroço de açaí, conforme a NBR NM 26 ABNT: 2001[15], que estava armazenado em maxis sacos "*big bag*" de polipropileno provenientes do box da feira, localizada na Av. 25 de setembro no Município de Belém do Para (Figura 1).

Figura 1 - Local de coleta do Caroço de Açaí (Autoria Própria, 2019)



Em seguida, ocorreu à lavagem para retirada de fibras moídas durante processo de extração do suco ou polpa de açaí (Figura 2). E espalhou-se sobre lona à temperatura ambiente para secagem por uma semana (Figura 3). Por conseguinte houve secagem em estufa à temperatura de 50ºC com verificação de constância de massa a cada 24 horas para perda apenas de umidade. Obteve-se massa constante após terceiro dia desse procedimento de secagem com ciclo de 24 horas.

Figura 2 - Lavagem do Caroço (Autoria Própria, 2019)



Figura 3 – Secagem do Caroço (Autoria Própria, 2019)



2.2 MÉTODOS

Houve a caracterização granulométrica, massa unitária e específica, respectivamente, conforme a NBR NM 248 ABNT: 2003[2], NBR NM 45 ABNT: 2006[3] e NBR NM 53 ABNT: 2009[4], conforme é utilizada para agregado graúdo normal. Posteriormente houve enquadramento do caroço de açaí na faixa granulométrica e massa unitária, de acordo com a ASTM C330/330M-17a (5).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

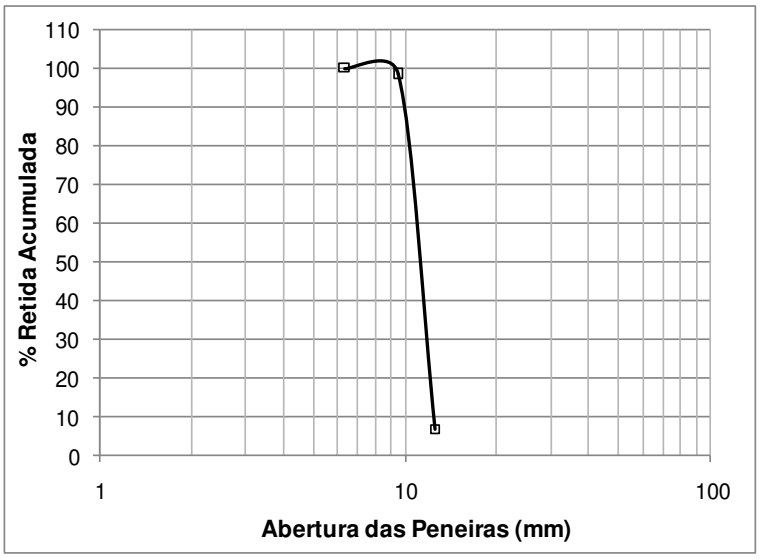
O resultado médio de três determinações da composição e curva granulométrica do caroço de açaí, respectivamente, está apresentado na Tabela 1 e mostrado na Figura 4. Na Tabela 1 apresenta-se a caracterização física do caroço de açaí (CA), que ocorreu a partir de ensaio padronizado para agregado graúdo normal, conforme NBR NM 248:2003[2]. A massa retida total (998,7g) obtida não

difere acima de 0,3% da massa inicial de 1000 g, segundo a NBR NM 248 ABNT:2003[2]. Verificou-se que houve enquadramento do caroço de açaí para agregado graúdo leve na faixa granulométrica, entre 9,5 mm e 4,75 mm, e de massa unitária obtida de 640 kg/m³, respectivamente, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2 da ASTM C330/330M-17ª [14], visto que na Tabela 2 tem-se massa unitária de 880 kg/m³ para enquadrar-se como agregado graúdo leve.

Tabela 1 - Composição Granulométrica do Caroço de Açaí (Autoria Própria, 2019)

Peneiras (mm)	*Massa Retida (g)*	*Retida (%)*	*Retida acumulada (%)*	*Método de ensaio (NBR)*
12,5	65,85	6,59	6,59	
9,5	917,97	91,91	98,51	
6,3	14,00	1,40	99,91	ABNT NBR NM 248 (2003)
Fundo	0,90	0,09	100,00	
Total	998,70			
Modulo de finura		0,99		ABNT NBR NM 248 (2006)
Massa Unitária (g/cm³)		0,64		ABNT NBR NM 45 (2006)
Massa Específica Real (g/cm³)		1,49		ABNT NBR NM 53 (2009)
Dimensão Máxima Característica (DMC)		12,5 mm		ABNT NBR NM 248 (2006)

Figura 4 - Curva granulométrica do caroço de açaí (Autoria Própria, 2019)



Observou-se que a massa unitária e módulo de finura do caroço de açaí apresentou-se abaixo dos valores em comparação ao agregado graúdo de outros autores que utilizaram caroço de açaí ou

agregado graúdo sintético ou natural, conforme apresentado na Tabela 2. Nota-se que houve proximidade com resultado de massa unitária de caroço de açaí desta pesquisa com utilizado no estudo de Souza:2013[19].

A massa especifica do material em estudo apresentou-se baixa em comparação com a massa especifica de demais agregados graúdos, conforme apresentado na Tabela 2, com mais proximidade ao de Rosario:2013[12]. Considerado que a maioria dos agregados naturais possui massa especifica entre 2,6 g/cm³ e 2,7 g/cm³ NEVILLE e BROOKS:2013[21] os resultados para o caroço de açaí e para o agregado sintético de lama vermelha apresentado por Rosário (2013) [12] estão com valores de massa especifica abaixo do esperado, o que não significa que não são aplicáveis como agregado leve, pelo contrário, de acordo com CARASEK:2007[22] agregados com massas especificas baixas podem resultar em uma argamassa leve, e a mesma está diretamente ligada a sua trabalhabilidade, ou seja, o nível de trabalhabilidade é proporcional a leveza das argamassas, ademais, reduz o esforço realizado pelo operário para aplicar a argamassa aumentando sua produtividade.

A quantidade de vazios, determinada pela subtração da massa especifica e a massa unitária, obteve o resultado de 0,85. De acordo com Neville e Brooks:2013[21] a durabilidade do concreto com sua capacidade de permeabilidade, a quantidade de vazios presentes na massa de concreto abre espaços para a ação de agentes químicos, além de reduzir a resistência mecânica da estrutura. Assim, um concreto com menor número de vazios (poros) se torna um concreto mais resistente e durável, pois a presença de água e contaminantes passa a ser menor.

Tabela 2 – Analise comparativa dos resultados (Autoria Própria, 2019)

Propriedades	**Author 2019**	**Souza 2013[19]**	**Rosário 2013[12]**	**Oliveira *et. al.* 2015[18]**	**Luamim *et. al* *2013*[7]**
	Caroço de Açaí		Agregado Sintético LV	Agregado Natural Graudo	
MU (g/m³)	0,64	0,69	11,8	1.46	1,56
ME (g/cm³)	1,49	2,10	1,30	2,53	2,53
DMC (mm)	12,5	-	19	12,5	25
MF	0,99	-	3,18	4,93	3,84

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as conclusões desse estudo, houve proximidade dos resultados obtidos pelos agregados não convencionais mencionados e os agregados naturais/sintéticos referenciados, como esperado a MU e ME do agregado em questão se mostrou útil quando se procura uma maior trabalhabilidade do material e principalmente, a redução do peso da estrutura. A partir da análise dos resultados de granulometria obtidos para possível aplicação do caroço de açaí, podemos concluir que, tem pontos positivos, podendo ser amplamente aproveitado se empregado da forma correta.

Em termos de preservação ambiental, com a utilização do CA como agregado graúdo para a confecção de concreto leve não estrutural, tem-se uma diminuição de enchentes e de possíveis vetores de doenças que, devido ao acumulo de resíduos, possam surgir. É comum observar a disposição inadequada deste resíduo pelas esquinas, calçadões e terrenos baldios, qualquer medida que possa influenciar os próprios moradores a acondicionar corretamente estes resíduos e trazer materiais e técnicas inovadoras deve ser influenciada.

Deste modo caroço de açaí apresenta características que habilitam a ser utilizados na dosagem de concretos como agregado graúdo leve, contudo é necessária uma análise das proporções de agregado graúdo normal/caroço de açaí e tratamento por ser matéria orgânica, para que a se tenha um resultado mais exato dos benefícios da utilização do caroço de açaí em concreto leve não estrutural.

5 REFERÊNCIAS

1. SOUSA, M. S. ; DE OLIVEIRA, IZABELLE FERREIRA ; TAVARES, L. C. ; Teixeira, L. Girard ; TEIXEIRA, G. S. ; LOBÃO, Lucy Anne Cardoso ; COELHO, P. D. B. . **Quantificação do caroço de açai para produção de carvão ativado no tratamento de água**. In: 3º Congresso Internacional RESAG 2017, 2017, Belo Horizonte. Anais do 3º Congresso Internacional RESAG 2017, 2017. p. 1-7
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Comitê: ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados. 6 páginas, 2003.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Comitê: ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados. 8 páginas, 2006
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**. **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Comitê: ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados. 8 páginas, 2009.

5. ASTM C330 / ASTM C330/330M-17ª. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete, ASTM International, West Conshohocken, 2017.

6. IBGE 2017 – **Quantidade produzida na extração vegetal do açaí, unidade territorial: Brasil e Grande região**. Acesso em: 05/02/2019 AS 23:24. Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289 >

7. LUAMIM, S. Tapajós; Ana G. A. da Silva; Francine F. da Silva; Felipe J. L. Reis; Mariana V. P. Lira; Paulo S. L. Souza**. A influência da cinza do caroço de açaí em propriedades mecânicas e absorção de água de concretos.** in: ANAIS DO 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2014 – 56CBC, 2014, p. 1-2.

8. BRASIL. Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010 – **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (PNRS).

9. SILVA, J. S.. **Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS.** Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA), v. 12, p. 61-70, 2016.

10. GOES, R. O.; MORENO, S. O.; TAVAR, F. F. C. **Produção e avaliação das propriedades físicas e mecânicas de "madeira sintética" processada a partir do resíduo do beneficiamento do açaí**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, SC, 2014.

11. MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. **Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do açaí** (Euterpe oleracea mart.) Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, n. 4, p.1150-1157, 2009.

12. ROSÁRIO, Kátia Alrelhio. **Concreto com utilização de agregado graúdo sintético produzido a partir da lama vermelha:** Estudos de dosagem, propriedades e microestrutura. Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.

13. MEHTA, P.K; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais** – 3ª Edição. Ed.: IBRACON. ISBN, p. 674, 2008.

14. American Concrete Institute – ACI. Guide For structural lightweight aggregate concrete, **ACI 213R-03**. ACIA Manual of Concrete Practice, 2003.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Comitê: ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados. 10 páginas, 2001.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 7211**. Agregados para concreto - Especificação. Comitê: ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados. 11 páginas, 2005.

17. SOUSA, A.C.A; CARVALHO, T.S.; COSTA, J.H.B; SILVA, K.R.M. **Caracterização de agregado miúdo utilizado para a construção civil em Belém do Pará**. XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Belém, 2017.

18. OLIVEIRA, M.A.B. **Tubos de concreto com fibras de aço e agregados de Belém do Pará**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2015.

19. SOUZA. R. J. Q. DE. **Validação Tecnológica Do Caroço Do Fruto Do Açaí Como Material Alternativo Na Pavimentação De Baixo Volume De Tráfego**. Universidade Federal Do

Amazonas Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Recursos Da Amazônia (Ppg-Engram). Manaus, 2013.

20. NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed., [s.l., s.n.], 2013.

21. CARASEK, H. Argamassas. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007 p863-804.