

## A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ORIUNDOS DA REGIÃO NORTE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

### THE USE OF MATERIALS FROM THE NORTHERN REGION IN CIVIL CONSTRUCTION

Lucas Santos Zaramella<sup>1</sup>, Elias de Souza Rodrigues, Fabianna Camilly ferreira gomes, José Zuza da Silva Filho, Kamilly Vitória Santos Lima, Paulo Victor Calado Caldeira Silva, Pedro Augusto de Lima Sampaio, Vitor Vinicius Gil Mendonça e Wuebeson Rodrigues da Silva

#### RESUMO

A produção da polpa de açaí no Estado do Pará é de extrema importância para o setor alimentício das famílias paraenses, entretanto, nas lojas onde se comercializam ou beneficiam o alimento, há um acúmulo significativo de resíduos sólidos orgânicos, e o descarte correto exige atenção dos comerciantes e, conseqüentemente, dos órgãos de fiscalização ambiental. Este trabalho tem como objetivo avaliar o caroço do açaí submetido à tração em concreto simples não estrutural. O emprego do material no concreto garante mitigação e destinação adequada do rejeito, evitando problemas de entupimento de bueiros, assoreamento de cursos d'água e canais de drenagem.

**Palavras-chave:** Caroço de açaí. Concreto leve. Agregado graúdo.

#### ABSTRACT

The production of açaí pulp in the State of Pará is extremely important for the food sector of Pará families, however, in the stores where the food is sold or processed, there is a significant accumulation of organic solid waste, and the correct disposal requires attention from the traders and, consequently, the environmental inspection bodies. This work aims to evaluate the açaí seed subjected to tension in non-structural plain concrete. The use of the material in concrete ensures mitigation and proper disposal of the tailings, avoiding problems of clogging of culverts, silting of water courses and drainage channels.

**Keywords:** Acai kernel. Light concrete. Coarse aggregate.

Data de recebimento: 15/06/2022.

Aceito para publicação: 10/11/2022.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2017), a produção anual de frutos do açaí no Brasil gira em torno de 219.885 toneladas.

Segundo Marins *et al.* (2014) açaí gera muito rejeito, pois o seu caroço constitui cerca de 83% do fruto e é um material orgânico rico em carbono. A destinação correta do resíduo do açaí é um fator muito importante, pois a produção diária deste resíduo é abundante e deve-se ter um destino apropriado para evitar danos ao meio ambiente. Em contrapartida, segundo Cervi (2014) a construção civil utiliza muitas matérias primas não renováveis da natureza, que provocam vários impactos ambientais no processo de extração e utilização, por exemplo, toxicidade, não reutilização, transformação da natureza, etc.

A construção civil precisa buscar tecnologias e sustentabilidade no setor de produção de seus processos, pois ocupa a terceira posição no ranking quanto a contribuição de emissão de gases para efeito estufa da atmosfera (NERI, 2015).

A retirada de agregados graúdos do leito de rios ocorre a partir de extração mecânica, que promove uma grande preocupação ambiental no mundo todo (SILVA *et al.*, 2013). Desta forma, o setor da construção civil deveria fazer uso contínuo de materiais recicláveis, buscar cada vez mais eficiência energética, etc. para ser caracterizada como indústria sustentável (GONÇALVES, 2014).

<sup>1</sup> Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Adventista de São Paulo SP – E-mail: lucas\_zaramello@hotmail.com

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Os materiais e equipamentos utilizados para realização deste estudo foram: prensa hidráulica elétrica digital 100 t modelo I-1025-B, que destina-se a ensaios de determinação da resistência à compressão axial, compressão diametral e tração na flexão de materiais como concretos, argamassas, cerâmicas refratárias e outros materiais; balança comercial digital Toledo 2099 120kg com mastro 110V/220V 420mm x 320mm, que segue os padrões internacionais de qualidade, de acordo com as exigências metrológicas do INMETRO e requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001.

**Figura 1 - Balança digital**



Fonte: autoria própria

**Figura 2 - Prensa hidráulica**



Fonte: autoria própria

Iniciou-se a coleta do material (caroço de açaí “in natura”) de forma aleatória e foram encontrados armazenados em sacos de Ráfia (saco de cebola) localizado na Rua Manoel Umbuzeiro S/Nº, no centro da cidade de Altamira no estado do Pará (figura 1 e 2).

**Figura 3 - Local de coleta dos caroços de açaí**



Fonte: autoria própria

**Figura 4 - Saco de Ráfia com caroços de açaí.**



Fonte: autoria própria

## 2.2 CIMENTO

Em todas as análises realizadas utilizando agregado graúdo (caroço do açaizeiro) aplicou-se cimento Poty CP II-F-32 com secagem rápida e alta resistência, de fácil aquisição no município de Altamira PA.

## 2.3 AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo empregado na análise foi extraído no Rio Xingu no município de Altamira PA. Suas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Propriedades físicas do agregado miúdo.**

| Propriedades                         | Resultados | Método de Ensaio       |
|--------------------------------------|------------|------------------------|
| Modulo de finura                     | 2,06       | ABNT NM 248 (2006)     |
| Massa Unitária (g/cm³)               | 1,48       | ABNT NBR NM 45 (2006)  |
| Índices de Vazios (%)                | 43,3       | ABNT NBR NM 52 (2003)  |
| Massa específica (g/cm³)             | 2,64       | ABNT NBR NM 46 (2003)  |
| Material Fino (%)                    | 0,01       | ABNT NBR NM 30 (2000)  |
| Absorção de água (%)                 | 0,56       | ABNT NBR NM 248 (2006) |
| Dimensão máxima característica (DMC) | 1,18mm     |                        |

Fonte: autoria própria

## 2.4 AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo (seixo lavado/rolado) utilizado na experiência é extraído no Rio Xingu através de dragagem e é comercializado nos depósitos locais. Suas características serão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Propriedades físicas do agregado graúdo.**

| Propriedades                         | Resultados | Método de Ensaio       |
|--------------------------------------|------------|------------------------|
| Modulo de finura                     | 6,55       | ABNT NM 248 (2006)     |
| Massa Unitária (g/cm³)               | 1,52       | ABNT NBR NM 45 (2006)  |
| Índices de Vazios (%)                | 42,4       |                        |
| Massa específica (g/cm³)             | 2,5        | ABNT NBR NM 53 (2009)  |
| Dimensão máxima característica (DMC) | 19,0mm     | ABNT NBR NM 248 (2006) |

Fonte: autoria própria

## 2.5 CAROÇO DO AÇAÍ

Os caroços de açaí, mencionados anteriormente, foram coletados na Rua Manoel Umbuzeiro S/Nº, no centro de Altamira PA. As suas características físicas são mostradas nas Tabela 3.

**Tabela 3 - Propriedades físicas do caroço de açaí.**

| Propriedades                         | Resultados | Método de Ensaio       |
|--------------------------------------|------------|------------------------|
| Modulo de finura                     | 0,99       | ABNT NM 248 (2006)     |
| Massa Unitária (g/cm³)               | 0,64       | ABNT NBR NM 45 (2006)  |
| Massa Específica (g/cm³)             | 1,49       | ABNT NBR NM 45 (2009)  |
| Dimensão máxima catacterística (DMC) | 12,50mm    | ABNT NBR NM 248 (2006) |

Fonte: autoria própria

## 2.6 SUBSTITUIÇÃO TOTAL DO SEIXO POR CAROÇO DE AÇAÍ (CONCRETO NÃO ESTRUTURAL)

A primeira análise foi realizada substituindo totalmente o agregado graúdo (seixo rolado do Rio Xingu) pelo caroço de açaí (endocarpo).

**Figura 5 - Mistura dos materiais.**


Fonte: autoria própria



## 2.7 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO SEIXO POR CAROÇO DE AÇAÍ (NÃO ESTRUTURAL)

No segundo ensaio usou-se 50% do agregado graúdo (seixo do Rio Xingu) e 50% de semente do açaizeiro.

**Figura 6** - Ensaio de abatimento (*slump test*).



Fonte: autoria própria

O *slump test* do concreto leve para aplicação em piso deve estar entre 75 mm e 125 mm com a finalidade de garantir uma trabalhabilidade e coesão satisfatória. Se bombeado, deve ficar entre 100 mm e 150 mm, conforme NBR 16889 (ABNT, 2020).

A moldagem, adensamento, e cura imersa em água, deve seguir os parâmetros estabelecidos pela NBR 5738 (ABNT, 2015).

## 3 RESULTADOS

Apresentação dos resultados e informações dos corpos de provas segundo a NBR 5738/1994.

Todos os ensaios levaram em consideração os procedimentos, tempo de cura (7, 14, 21 e 28 dias de idade), parâmetros e exigências dados pela norma de compressão do concreto (NBR 5739).

A resistência à compressão ( $f_{ck}$ ) do corpo de prova é obtida dividindo o valor resultante do ensaio, pela área das seções do corpo de prova em  $\text{cm}^2$ . Assim, é obtida a resistência em  $\text{kgf/cm}^2$  que se dividida ainda por 10,1972 obtém-se a resistência em MPa.

A área do corpo de prova é dada pela fórmula abaixo:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (1)$$

A resistência do concreto, fórmula abaixo:

$$R = \frac{F}{A} \quad (2)$$

**Tabela 4** - Ensaio do corpo de prova cilíndrico - CP 1/2022.

| Informações                                  | Resultados         |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Número de identificação do corpo de prova    | CP 01/2022         |
| Data de moldagem                             | 13/05/2022 12:57hs |
| Idade do corpo de prova                      | 7 dias             |
| Data do ensaio                               | 20/05/2022 14:05hs |
| Resistência (MPa)                            | 3,78               |
| Tipo de ruptura (Figura x)                   | Cisalhada          |
| Dimensões do Corpo de Prova (cm)             | 10 x 20            |
| Traço do concreto                            | 1/2                |
| Resistência característica do concreto (FCK) | 20                 |

Fonte: autoria própria

**Tabela 5 - Ensaio do corpo de prova cilíndrico - CP 2/2022.**

| Informações                                  | Resultados         |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Número de identificação do corpo de prova    | CP 02/2022         |
| Data de moldagem                             | 20/05/2022 14:05hs |
| Idade do corpo de prova                      | 7 dias             |
| Data do ensaio                               | 27/05/2022 15:30hs |
| Resistência (MPa)                            | 2,5                |
| Tipo de ruptura (Figura x)                   | Cisalhada          |
| Dimensões do Corpo de Prova (cm)             | 10 x 20            |
| Traço do concreto                            | 1/2                |
| Resistência característica do concreto (FCK) | 20                 |

Fonte: autoria própria

### 3.1 CONCRETO USINADO

Concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados, formando um bloco monolítico.

No preparo do concreto deve-se ter atenção com a qualidade e a quantidade da água utilizada, pois ela é a responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade for pouca, a reação não ocorrerá por completo e se for superior à ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar. A relação entre o peso da água e do cimento utilizados na dosagem, é chamada de fator água/cimento (a/c).

O concreto deve ter uma boa distribuição granulométrica a fim de preencher todos os vazios, pois a porosidade por sua vez tem influência na permeabilidade e na resistência das estruturas de concreto.

A proporção entre todos os materiais que fazem parte do concreto é também conhecida por dosagem ou traço, sendo que podemos obter concretos com características especiais, ao acrescentarmos à mistura, aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições. Cada material a ser utilizado na dosagem deve ser analisado previamente em laboratório (conforme normas da ABNT), a fim de verificar a qualidade e para se obter os dados necessários à elaboração do traço (massa específica, granulometria, etc.).

Corpo de prova em concreto usinado traço “um para dois” (1/2) com cimento Poty CP II F32 370kg, seixo rolado do Rio Xingu 1.022kg, areia grossa 785kg, xerém miúdo 80kg, aditivo MURAPLAST FK 340, 1,77L, água 201L (fator água e cimento 0,52%).

**Tabela 6 - Ensaio do corpo de prova cilíndrico – CP 2440.**

| Informações                                  | Resultados         |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Número de identificação do corpo de prova    | CP 2440            |
| Data de moldagem                             | 22/04/2022         |
| Idade do corpo de prova                      | 28 dias            |
| Data do ensaio                               | 19/05/2022 15:31hs |
| Resistência (MPa)                            | 34,93              |
| Tipo de ruptura (Figura x)                   | Cisalhada          |
| Dimensões do Corpo de Prova (cm)             | 10 x 20            |
| Traço do concreto                            | 35 Mpa             |
| Resistência característica do concreto (FCK) | 20                 |

Fonte: autoria própria

Alguns estudos como realizado por Scoabar (2016) com a utilização da proporção de

30/70 (argila expandida/brita) e relação a/c de 0,60% obteve resistência à compressão de 13,85 MPa e massa específica de 1436,1 kg/m<sup>3</sup>, em média, para concreto leve. ROSÁRIO (2013) desenvolveu uma pesquisa com a proporção de (50/50) para agregado de lama vermelha/seixo de rio, consumo de cimento de 345 kg/m<sup>3</sup>, *slump test* de 80 mm, relação a/c de 0,58% atingiu massa específica no estado fresco e endurecido, respectivamente, de 2.150 kg/m<sup>3</sup> e 2.050 kg/m<sup>3</sup>, em média, bem como, resistência à compressão de 23,20 MPa, em média, aos 28 dias de idade para concreto leve.

#### 4 DISCUSSÃO

O corpo de prova (CP 1/2022), com 7 dias de idade, produzido sem aditivos, rompeu-se quando submetido a uma força (carga) de 2.970 toneladas numa prensa de compressão, sua ruptura foi cisalhada e atingiu uma resistência de 3,78Mpa.

**Figura 7** - Corpo de prova submetido a compressão.



Fonte: autoria própria

O segundo corpo de provas (CP 2/2022), com 7 dias de idade, construído parcialmente com seixo lavado do Rio Xingu e caroço de açaí (endocarpo sem tratamento especial) rompeu-se quando submetido a uma força (carga) de 2.500 toneladas numa prensa de compressão. sua ruptura foi cisalhada e atingiu uma resistência de 2,5 Mpa.

**Figura 8 - Ruptura do corpo de prova.**

Fonte: autoria própria

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram realizados quatro ensaios em corpos de provas com agregados e datas distintas.

A sementes de açaí têm propriedades que as permitem atuar como agregados leves e graúdos na dosagem de concreto, mas é necessária uma análise de proporção e método de tratamento deste material. Por ser um subproduto orgânico do açaizeiro, deve ser tratado e dosado corretamente para tornar os resultados mais precisos em concreto leve não estrutural. Assim, combinando as condições e a análise experimental deste estudo, pode-se concluir que o uso de sementes de açaí como substituto parcial de seixos de concreto leve não estrutural é viável e pode ser aplicado na construção civil obedecendo certos limites de cargas.

Percebe-se que existe um certo conflito (segregação) quando se usa dois agregados graúdos misturados no concreto. Analisando os resultados dos testes, conclui-se que o caroço do açaí (endocarpo) com tratamento especial, pode e deve ser aplicado e reutilizado na construção civil.

O concreto feito a partir do açaizeiro pode ser aplicado para diversos fins, como; piso permeável para jardins (paisagismo), passeios, pisos drenantes, calçadas e etc, desde que sejam exercidas baixa carga ou tráfego sobre as estruturas.

A pesquisa atende aos padrões ambientais e de sustentabilidade que colaboram de modo positivo na conservação e destinação correta do entulho gerado pelos batedores de açaí não só na cidade de Altamira PA, mas também, em outros municípios e estados brasileiros produtores e beneficiadores da polpa de açaí.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. ACI 213R-03. Guide For Structural Lightweight Aggregate Concrete, ACIA Manual of Concrete Practice, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C330/ASTM C330/330M 17a. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete, ASTM International, West Conshohocken, 2017.



- NBR NM 30. Agregados Determinação da Absorção de Água. 2001.
- NBR NM 45. Agregados – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios. 2006.
- NBR NM 46. Agregados: Determinação do Material Fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. 2003.
- NBR NM 52. Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica e Massa Específica. Aparente. 2003.
- NBR NM 53. Agregado graúdo – Determinação da Massa Específica, Massa Específica Aparente e Absorção de Água. 2009.
- NBR NM 67. Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. 1998.
- NBR NM 248. Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. 2003.
- NBR NM 7211. Agregados para Concreto - Especificação. 2005.
- NBR 5738. Concreto – Procedimentos para Moldagem e Cura de Corpos de Prova. 2015. p. 10.
- NBR 5739. Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. 2018. p. 11.
- NBR 9778. Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de Água por Imersão, Índice de Vazios e Massa Específica. 2009. p. 4.
- NBR 9833. Concreto Fresco – Determinação da Massa Específica, Rendimento e do Teor de Ar pelo Método Gravimétrico. 2008. p. 7.
- CERVI, R. C. Influência da Madeira como Material de Construção visando à Sustentabilidade. Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC.
- IBGE 2017 – Quantidade produzida na extração vegetal do açaí, unidade territorial: Brasil e Grande região. Acesso em: 05/02/2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>.
- GONÇALVES, D. K. C. Construção Civil Sustentável: A Utilização do Bambu em Divinópolis Minas Gerais. Revista Especialize on-line IPOG, Goiânia, 7ª Ed., v. 01, n. 007, 2014.
- MARINS, L.F.B.; M.C. FREITAS; VIEIRA, J. H. A; RABELO, A. A.; NETO, E. Fagury. Incorporação da Cinza do Caroço de Açaí em Formulações de Cerâmica Estrutural. Marabá: 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, 2014. 7 p.
- NERI, E. Z. Certificações Ambientais para Construções Civis. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.
- ROSÁRIO, K. A. 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.

SILVA, L. C. P.; SOUZA, R. J. Q.; VALENÇA, P. M. A.; SOUZA, A. P. S.; FROTA, C. A. Estudo Mecânico por meio do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas confeccionadas com Seixo, Brita e Ligante Modificado com SBS aplicados a Pavimentação das Vias Urbanas de Manaus-AM. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO DE ASFALTO, 2011, Rio de Janeiro. XVI CILA, 2011.

SILVA, F.; MATEUS; MARÇAL, A.; RICAROD, S.; PIRES, S. Resíduos Urbanos – Relatório Anual. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, I.P, 2013.

SCOBAR, R. L. Concreto Leve Estrutural: Substituição do Agregado Graúdo Convencional por Argila Expandida. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Campus Campo Mourão. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2016.

Portal do Concreto. QUE É CONCRETO: <https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto>