

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DA CINZA DA CASCA DA CASTANHA DE CAJU NA CERÂMICA VERMELHA ESTRUTURAL

S. M. Valcacer⁽¹⁾, F. M. Monteiro⁽²⁾, T. G. Machado⁽³⁾,
G. G. da Silva⁽⁴⁾, U. U. Gomes⁽⁵⁾.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 – Campus
Universitário Lagoa Nova – CEP 59072-970, PPGCEM - Natal/RN - Brasil

Email: samaravalcacer@hotmail.com

⁽¹⁾ Mestranda do PPgCEM – UFRN, ⁽²⁾ Graduando do Curso Superior de Fabricação Mecânica – IFRN, ⁽³⁾ Doutorando do PPgCEM – UFRN, ⁽⁴⁾ Prof. Dr. Do DATIN – IFRN, ⁽⁵⁾ Prof. Phd. Do PPgCEM – UFRN.

RESUMO

No cenário atual, a incorporação de resíduos pela construção civil tem larga visibilidade, isso devido ao setor ser um consumidor em potencial de novos materiais. As cinzas de diferentes procedências podem ser comprovadamente benéficas ao produto final, dependendo dos percentuais utilizados. Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre a incorporação de cinzas da casca da castanha de caju na cerâmica vermelha estrutural; ambos os produtos típicos do Estado do Rio Grande do Norte. Foram utilizados os percentuais de 5, 10 e 15% de cinzas na massa cerâmica. Para a caracterização das cinzas foi feito a análise química. No produto final foi realizado o ensaio de flexão em três pontos, retração linear, porosidade aparente, massa específica aparente, absorção de água e retração linear de queima; determinando-se o percentual de cinzas mais adequado e caracterizando-se o produto obtido.

Palavras-chave: Cinza da casca da castanha de caju, argila tradicional, reciclagem.

INTRODUÇÃO

A atividade da Indústria da Construção Civil ocasiona um enorme impacto ambiental, pois se apresenta como maior consumidor de recursos naturais [1]. Além disso, causa impactos também ao gerar resíduos sólidos, consumir grandes quantidades de energia que são responsáveis pela geração de grande quantidade de CO₂ e de partículas de poeira. Em contrapartida, a Indústria da Construção Civil mostra-se como consumidora em potencial de resíduos gerados por outras indústrias; principalmente a escória granulada do alto forno, cinzas volantes e sílica ativa. [2]

Um dos fatores limitantes quanto à adição de alguns tipos de resíduos em materiais usados na construção civil é a produção dos mesmos em baixa escala [3], uma vez que este tipo de indústria opera em larga escala e de maneira contínua. Então, para que outros tipos de resíduos possam ser incorporados em massas cerâmicas, estes devem apresentar caráter qualitativo uma vez que a quantidade dos mesmos é sazonal e regional.

A reciclagem de resíduos agroindustriais apresenta-se hoje como uma oportunidade de preservação de meio ambiente, para a redução de custos e do consumo energético na produção de materiais e componentes de construção. [4, 5]

O potencial de utilização de resíduos agroindustriais na obtenção de novos materiais para a Construção Civil se deve por: [6]

- . Necessidade de redução do custo da construção;
- . Elevada quantidade de matéria prima de recursos naturais que é consumida;
- . Preocupação com o esgotamento dessas reservas naturais.

Os resíduos agroindustriais são utilizados na Indústria da Construção Civil em sua maioria na forma de cinzas, pois em geral são resultantes de vários processos de geração de energia, secagem e por apresentarem problemas de armazenamento e serem fontes geradoras de impactos ambientais. Algumas das culturas que se destacam pela produção de resíduos são: arroz, cana-de-açúcar, castanha-do-pará, amendoim, mamona e castanha de caju. Na Tabela 1 estão representados a produção total e o volume total de resíduos agroindustriais produzidos.

Tabela 1. Subprodutos Agrícolas: produção total e volume de cinzas gerado.

Produtos	Partes Utilizada	Calcinação*	Produção Anual (t)	Volumes de Cinzas (t)
Castanha de Caju	Casca	Não	251.268 (1)	12.562
Arroz	Casca	Não	11.161.688 (2)	446.468
Cana-de-açúcar	Bagaço/Palha	Não	442.236.431 (2)	5.970.192
Castanha-do-pará	Casca	Sim	24.895 (3)	Sem dados
Amendoim	Casca	Sim	265.355 (2)	2.388
Mamona	Casca	Sim	118.084 (2)	3.188

(*) Refere-se à necessidade de calcinação do subproduto após finalização do processo industrial.

1 – Produção total, Safra 2005. Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. ⁽⁷⁾

2 – Produção total, Safra 2006. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. ⁽⁸⁾

3 – Produção total, Safra 2006. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. ⁽⁸⁾

A cinza da casca da castanha de caju (CCCC), que representa 5% do peso inicial da castanha e com a atual produtividade da cajucultura, a geração dessas cinzas pode chegar até 15.000 toneladas por ano.

Nos processos industriais a primeira etapa que tem como seu principal resíduo a CCCC é a decortificação, que é a separação do fruto verdadeiro do caju de sua casca, que acontece em tanques aquecidos. Os subprodutos dessa fase são as castanhas e as cascas da castanha de caju (apresenta grande potencial para combustível), como ilustrado na Figura 1. As cascas que foram subprodutos do processo terão a função de combustível em uma nova queima, onde, as cinzas são geralmente provenientes do fundo das grelhas das caldeiras, resultado da queima das cascas, cujo resfriamento se dá de forma lenta.



Figura 1. Cascas de castanhas após cortificação.

Fonte: Silva et al. ⁽⁹⁾

O Estado do Rio Grande do Norte apresenta potencial produtivo tanto na cajucultura quanto na produção ceramista. Dessa forma, a proposta deste trabalho é caracterizar a CCCC, determinando-se suas propriedades e realizando o estudo da influência da incorporação dessas cinzas na cerâmica vermelha estrutural.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Preparação dos corpos de prova

Para realização desta pesquisa utilizou-se argila para cerâmica vermelha proveniente de uma jazida localizada no Estado do Rio Grande do Norte e das cinzas das cascas da castanha de caju. As cinzas utilizadas na pesquisa não foram provenientes do processo industrial, e sim provenientes de uma única queima, onde houve sua quebra para a retirada do fruto (a castanha); obtendo-se nessa etapa as cascas grosseiras da castanha. Essas cascas grosseiras foram, em seguida, cominuídas durante trinta minutos em moinho planetário a seco, obtendo-se o pó desejado para a incorporação na massa cerâmica.

Os três componentes: argila magra, argila gorda e as cinzas da casca da castanha de caju foram cominuídos separadamente, atingindo uma granulometria de 65 Mesh. Em seguida houve a homogeneização a seco em moinho planetário de cada composição. A massa cerâmica utilizada teve a proporção de 60% de argila gorda e 40% de argila magra. Nesta mistura ainda estão presente às cinzas das cascas da castanha de caju nas proporções de 5, 10 e 15% em peso. Na Tabela 2 estão discriminadas as composições usadas na pesquisa.

Tabela 2. Composição das Amostras.

Formulação	Percentual de Massa Cerâmica (60% de argila gorda + 40% de argila magra)	Percentual de CCC
A	100	0
B	95	5
C	90	10
D	85	15

Os corpos de prova foram confeccionados por meio de prensagem uniaxial em uma prensa hidráulica Til Marcon MPH com capacidade para 15 toneladas, utilizando-se uma matriz de aço de seção retangular 60 x 20 x 5 mm³ e pressão de compactação de 2,5 toneladas. Após a conformação, os corpos de prova foram submetidos à secagem a 110°C durante 24 h, com intuito de eliminar a umidade presente nos compactados. Para cada massa argilosa preparada foram feitos 20 corpos de prova pesando em média 12 gramas cada, sendo cada grupo deste de amostras subdividido em quatro outros grupos para sinterização, totalindo-se 80

corpos de prova. As temperaturas de sinterização predeterminadas foram 900, 1000, 1100 e 1200°C. A taxa de aquecimento adota foi de 5°C/min, permanecendo-se durante uma hora, após atingir-se a temperatura desejada.

Caracterização física e mecânica

Os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de **Massa Específica Aparente (MEA)**, que exprime a relação entre a massa seca do corpo e o volume interior, o que inclui a porosidade aberta presente. Na equação 1 temos a fórmula que expressa esse ensaio.

$$MEA = \frac{ms}{mu - mi} \times L \quad (1)$$

Onde ms é a massa do corpo do prova seco, mu a massa úmida, mi a massa do corpo imerso e L a densidade do líquido usado.

A **Absorção de Água (AA)**, que exprime a relação entre a massa de líquido absorvida pelo corpo-de-prova saturado do líquido e a massa do corpo-de-prova seco é expressa pela equação 2.

$$AA = \frac{mu - ms}{ms} \quad (2)$$

A **Porosidade aparente (PA)** é a relação entre o volume de poros abertos do corpo-de-prova e o volume aparente do mesmo. Sendo expresso pela equação 3.

$$PA = \frac{mu - ms}{mu - mi} \quad (3)$$

A **Retração linear de queima (ΔL)**, que é a relação entre o comprimento inicial do corpo-de-prova verde e o comprimento após queima foi determinada utilizando-se a equação 4.

$$\% \Delta L = \frac{Lo - Li}{Lo} \times 100 \quad (4)$$

Onde Lo é o comprimento do corpo-de-prova à verde e Li o comprimento do corpo-de-prova após queima. Além disso, amostras foram submetidas ao ensaio de flexão em três pontos (Shimadzu, Autograph-AGI, 250 kN), com a finalidade de observar-se esta propriedade mecânica.

A composição química das cinzas da casca da castanha de caju foi determinada por fluorescência de raios-X (Shimadzu, EDX- 700), percebendo-se os percentuais dos principais constituintes presentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 temos a composição química, na forma de óxidos, dos principais constituintes presentes.

Tabela 3. Análise química da cinza da casca de castanha de caju - CCCC.

Constituintes	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	SO ₃	CaO	P ₂ O ₅	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Tm ₂ O ₃
Amostra %	22,77	21,29	17,7	10,7	7,29	6,19	4,46	4,38	2,17	0,49	0,26	0,22

Na CCCC analisada percebe-se a presença de óxidos de sódio e potássio que são indesejáveis para a maioria das aplicações, havendo melhores condições de uso quando o material não sofre exposição à água [10]. Notadamente apresenta um percentual elevado de sílica, o que garante a reatividade do material.

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, os resultados dos ensaios de massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente e retração linear a queima, tendo cada tabela uma temperatura de sinterização como parâmetro.

Tabela 4 – Resultado dos ensaios de: Massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente e retração linear de queima das amostras quando sinterizadas a uma temperatura de 900 °C.

Amostras	$MEA = \frac{ms}{mu - mi}$	$AA = \frac{mu - ms}{ms} \times 100$	$PA = \frac{mu - ms}{mu - mi}$	$\Delta L = \frac{Lo - Li}{Lo} \times 100$
A _{900 °C.}	1,453 g/cm ³	11,15%	0,162	0,139%
B _{900 °C.}	1,459 g/cm ³	14,08%	0,205	0,109%
C _{900 °C.}	1,446 g/cm ³	17,03%	0,246	0,217%
D _{900 °C.}	1,739 g/cm ³	19,30%	0,336	0,873%

Tabela 5 – Resultado dos ensaios de: Massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente e retração linear de queima das amostras quando sinterizadas a uma temperatura de 1000 °C.

Amostras	$MEA = \frac{ms}{mu - mi}$	$AA = \frac{mu - ms}{ms} \times 100$	$PA = \frac{mu - ms}{mu - mi}$	$\Delta L = \frac{Lo - Li}{Lo} \times 100$
A _{1000°C}	1,508 g/cm ³	9,24%	0,139	0,273%
B _{1000°C}	1,381 g/cm ³	13,05%	0,181	0,801%
C _{1000°C}	1,487 g/cm ³	15,18%	0,226	0,683%
D _{1000°C}	1,441 g/cm ³	17,60%	0,254	0,906%

Tabela 6 – Resultado dos ensaios de: Massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente e retração linear de queima das amostras quando sinterizadas a uma temperatura de 1100 °C.

Amostras	$MEA = \frac{ms}{mu - mi}$	$AA = \frac{mu - ms}{ms} \times 100$	$PA = \frac{mu - ms}{mu - mi}$	$\Delta L = \frac{Lo - Li}{Lo} \times 100$
A _{1100°C}	1,468 g/cm ³	9,11%	0,137	3,437%
B _{1100°C}	1,557 g/cm ³	8,14%	0,126	3,808%
C _{1100°C}	1,590 g/cm ³	9,39%	0,149	4,593%
D _{1100°C*}	-	-	-	-

(*) Refere-se à deformação da composição a esta temperatura de sinterização.

Tabela 7 – Resultado dos ensaios de: Massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente e retração linear de queima das amostras quando sinterizadas a uma temperatura de 1200 °C.

Amostras	$MEA = \frac{ms}{mu - mi}$	$AA = \frac{mu - ms}{ms} \times 100$	$PA = \frac{mu - ms}{mu - mi}$	$\Delta L = \frac{Lo - Li}{Lo} \times 100$
A _{1200°C**}	1,880 g/cm ³	0,74%	0,014	3,513%
B _{1200°C**}	1,985 g/cm ³	1,56%	0,09	4,127%
C _{1200°C***}	-	-	-	-
D _{1200°C***}	-	-	-	-

(*) Refere-se a deformação da composição a esta temperatura de sinterização.

(**) Refere-se a vitrificação da composição a esta temperatura de sinterização.

(***) Refere-se a vitrificação e deformação da composição a esta temperatura de sinterização.

Analisando as informações obtidas nos ensaios de caracterização pode-se, de forma geral, estabelecer as seguintes relações:

- . A MEA aumenta com a adição da CCCC;
- . Ocorre um aumento na MEA com o aumento da temperatura de sinterização;
- . A AA aumenta com a adição de CCCC. Este parâmetro foi o que sofreu maior influência com a incorporação das cinzas. Quanto maior o percentual de CCCC, maior a AA.
- . A AA diminui com o aumento da temperatura de sinterização;
- . A porosidade aparente aumenta de acordo com o percentual de adição de CCCC. Maiores teores de CCCC, proporcionarão maior PA;
- . A PA diminui com o aumento da temperatura de sinterização;
- . O ΔL aumenta com a adição de CCCC e com aumento da temperatura de sinterização;
- . Na temperatura em torno de 1000°C começam a surgir efeitos negativos ocasionados pela sinterização, como: empenamento acentuado da amostra, aparecimento de bolhas e formação de trincas;

. Na temperatura de 1200°C ocorreu vitrificação de todas as composições estudadas;

. Na temperatura de 1200°C apenas as composições A e B não fundiram, não apresentando nenhum tipo de deformação visível.

O Gráfico 1 ilustra a variação da tensão de ruptura à flexão, podendo-se notar que, de forma geral, houve nas temperaturas de 900, 1000 e 1100°C uma diminuição na tensão média com o aumento do percentual de CCCC. Já na temperatura de 1200 °C onde houve a vitrificação das composições à adição das cinzas se mostrou favorável uma vez que apresentou maior tensão de ruptura à flexão do que a composição sem a adição de CCCC.

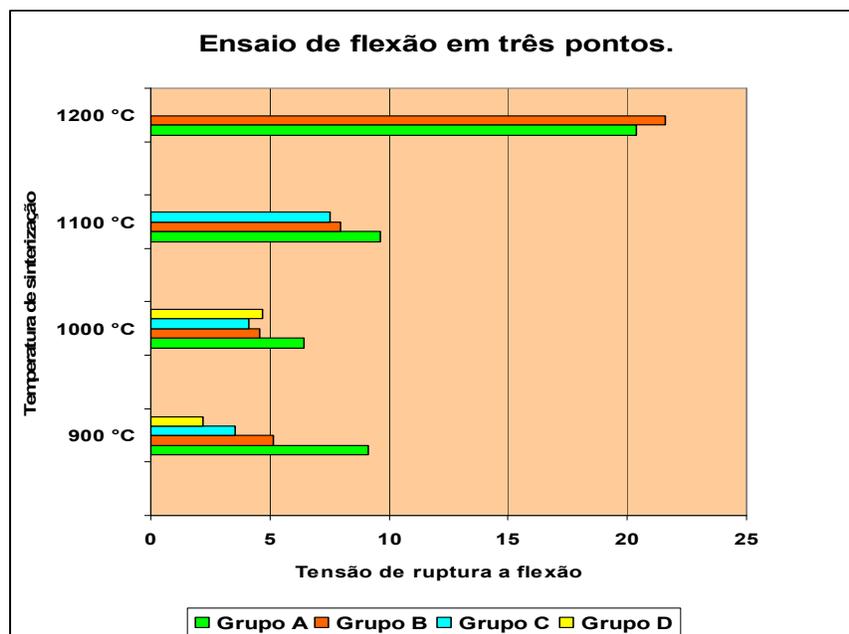


Gráfico 1. Resultado do ensaio de flexão em três pontos.

CONCLUSÃO

A necessidade de minimizar impactos ambientais, aliado a condição de incorporação de diversos materiais na indústria da Construção Civil foi o principal estimulador da pesquisa. Ficou evidenciado que a adição de CCCC na argila é conveniente uma vez que agrega valor ao produto final ao mesmo tempo em que retira esse resíduo agroindustrial da natureza e têm-se as propriedades mecânicas com pequenas perdas principalmente com a elevação da temperatura. Se o produto desejado tiver como requisito de trabalho estar na fase vítrea à pesquisa se mostra

ainda mais favorável, pois os resultados comprovam que a adição das cinzas foi responsável pelo aumento da resistência à flexão.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lima, S. A.; Tese de Mestrado em Arquitetura - **Análise da viabilidade do uso de cinzas agroindustriais em matrizes cimentícias**: Estudo de caso da cinza da castanha de caju. USP, São Carlos – SP, 2008.
- [2] Nolasto, A. M.; Tese de Mestrado em Arquitetura – **Utilização de resíduos da indústria de papel na produção de materiais para construção civil**. USP, São Carlos – SP, 1993.
- [3. Nefussi, N.; **Gerenciamento de Resíduos**. In. I Encontro sobre resíduos industriais, Porto Alegre – RS. 1985. Pg. 33-34.
- [4] Silva, M. G.; Souza, F. L. S.; **Proposta de utilização de resíduos da indústria da celulose e papel e entulho de obra em componentes da construção** . In: VI Encontro de Tecnologia em Ambientes Construídos. Rio de Janeiro - RJ. 1995
- [5] Souza, Ubiraci E. Lemes. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.
- [6] Cincotto, M. A.; **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. In.: Tecnologia de Edificações, São Paulo – SP. 1988
- [7] **CONAB**, Castanha de Caju, Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/conjunturacastanhadecaju.pdf> .
- Acesso em: Agosto de 2008
- [8] **IBGE**, Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.net/home/estatistica> . Acesso em: outubro de 2006.
- [9] Silva, A. C.; et al . **Utilização do resíduo da castanha do caju na confecção de tijolos de terra crua** (adobe): Alternativas para redução do custo final de moradas de interesse social no Brasil. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina – EGAL. Anais. São Paulo – SP. 2005
- [10] John, V. M., et al. **Cinzas e aglomerados alternativos**. In.: **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas – SP. Editora da UNICAMP, 2003.

[11] PINTO, T.P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais.** São Carlos, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989. /datilografado/

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE INCORPORATION OF THE SHELL OF ASH CASHEW NUTS RED IN STRUCTURAL CERAMICS

ABSTRACT

In current scenario, the amount of waste by the construction has wide visibility, this sector is due to a potential consumer of new materials. The ashes of different origins can be proven beneficial to the final product, depending on percentage used. Thus, the objective of this work is a study on the incorporation of the ash shell of the cashew nuts in red ceramic structural; both products Typical of the State of Rio Grande do Norte. We used the percentage of 5, 10 and 15% ash in the ceramic body. For the characterization of ash was chemical analysis. In the final product was the test of flexion at three points, linear shrinkage, apparent porosity, apparent density, absorption of water and linear shrinkage of burning, by providing the percentage of ash more appropriate and is characterizing the product.

Keywords: ash bark of the cashew nut, traditional clay, recycling.