

BLOCOS CERÂMICOS FABRICADOS A PARTIR DAS CINZAS DA QUEIMA DE DENDÊ

C. R. R. da Silva¹, J. W. Gomes², L. G. M. de Souza³, N. R. Santos⁴, L. G. V. M. de Souza⁵

^{1 e 2} Instituto Federal da Bahia – IFBA

^{3, 4 e 5} Laboratório de Máquinas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – IFBA

carlosrrs@ifba.edu.br - jailtonweber@ifba.edu.br — lguilherme@dem.ufrn.br – Natan_mec@yahoo.com.br - lguilherme_souza@hotmail.com

RESUMO

No presente artigo será apresentado o estudo de viabilidade de utilização de um material compósito alternativo para serem usados na construção de casas para famílias de baixa renda. O compósito utiliza o cimento do tipo Portland como matriz e, como reforço ou carga gesso, areia, cinzas da queima do resíduo originados da extração do óleo de dendê, e água. Em posse dos resultados dos testes de resistência a compressão e absorção de água para as várias formulações estudadas, os dados foram comparados às especificações contidas na ABNT 15270-3 onde se pretende verificar a aplicação do bloco proposto, se

como bloco de vedação ou estrutural. Definida as propriedades foram fabricados blocos com as dimensões: L = 800mm, H = 260mm e B = 100mm, para ensaio térmico onde determinou-se a condutividade térmica do compósito proposto. A formulação 33 PF + 33 C + 33 A (33,3% de pó fino, 33,3% de cimento e 33,3% de areia grossa em volume) apresentou as melhores propriedades dentre as estudadas como resistência a compressão 8,13Mpa, absorção de água 22,5% e condutividade térmica 0,30 w/m.K. O compósito estudado é considerado apto à sua utilização como blocos de vedação, segundo a NBR 15270-3.

PALAVRAS-CHAVE: compósito, baixo custo, conforto térmico, reutilização de materiais.

CERAMIC BLOCKS PRODUCED FROM THE ASHES OF THE BURNING OF OIL PALM ABSTRACT

It presents a study of a composite material that uses Portland cement as matrix, plaster, sand, ashes from burning the residue from the extraction of dende oil (as reinforcement/load) and water. One of uses is to manufacture blocks to be used to building home for low-income families. The model chosen for manufacturing the block had the dimensions: L = 800mm, H = 260mm B = 100mm and having the

possibility to fill with plastic bottles, beverage cans and Styrofoam plates for improvement in thermal resistance. Among the formulations studied which was more feasible, combining the mechanical and thermal resistance, it was 1FP + 1.0 C + 1.0 1.0 A. The composite studied is considered suitable for use as sealing blocks according to NBR 6461.

KEY-WORDS: composite, low cost, thermal comfort, material reuse.

BLOCOS CERÂMICOS FABRICADOS A PARTIR DAS CINZAS DA QUEIMA DE DENDÊ

INTRODUÇÃO

A busca por materiais que possibilitem seu uso em edificações combinando adequadas resistências mecânicas, térmica e acústica tem merecido destaque em recentes pesquisas científico notado pelo crescente número de publicações em eventos científicos nacionais e internacionais [2]. Nesse contexto a utilização de resíduo pode contribuir de forma significativa reduzindo também o custo da construção.

Com essa finalidade os compósitos constituídos com resíduos têm sido cada vez mais utilizados. Essa tendência tem como principal preocupação minimizar os efeitos danosos da exposição desses resíduos na natureza, causando danos irreparáveis [3].

Déficit Habitacional

“No Brasil, há um significativo número de famílias que vivem em condições inadequadas quanto à alimentação, educação, saneamento e hábitat. Visando ao suprimento dessas carências, muitos programas públicos têm sido criados, com o objetivo de construir e oferecer habitações de interesse social, com as condições mínimas desejáveis às famílias de baixa renda” [1].

Procurando minimizar os custos na construção de uma habitação produziu-se um compósito de matriz mineral, constituído de cinzas da queima do resíduo de dendê, gesso, cimento, areia e água.

O compósito foi estudado para diferentes formulações entre seus componentes e depois foram fabricados diferentes tipos de blocos que podem vir a ser utilizados em processos construtivos de residências para famílias de baixa renda, contribuindo para a minimização do grave déficit habitacional do nosso país.

O estudo proposto tem como principal inovação a utilização das cinzas provenientes da queima dos resíduos gerados pela extração de óleo do dendê, iguaria largamente utilizada na culinária baiana.

Resíduo: cinzas da queima de origem da queima dos resíduos de dendê

As cinzas tem origem da biomassa que alimenta às caldeiras responsáveis pela geração de vapor usado na extração de óleo dos frutos. A biomassa é composta pelas fibras do mesocarpo (polpa do fruto) que são utilizadas nas caldeiras alimentadas à biomassa, gerando quantidade apreciável de cinzas. Esse resíduo, se não aproveitado corretamente, pode se transformar em problema ambiental, pelo acúmulo a céu aberto.

A **Figura 1** apresenta os valores das análises de composição química das cinzas resultantes da extração do óleo de dendê entre setembro de 2004 e dezembro de 2005.

Característica	Cinza								Média	Desvio padrão
	30/09/04	23/12/04	21/02/05	22/04/05	22/06/05	26/08/05	25/10/05	22/12/05		
Nitrogênio (g/kg)	5,3	14,3	11,4	16,5	5,2	7,4	6,0	4,0	8,8	4,7
Fósforo (g P ₂ O ₅ /kg)	83,0	50,0	63,0	50,0	51,0	49,0	67,0	45,0	57,3	12,8
Potássio (g K ₂ O/kg)	44,5	44,5	42,8	53,7	51,2	48,0	58,5	63,2	50,8	7,3
Cálcio (g Ca ⁺⁺ /kg)	78,0	61,0	72,0	68,0	62,5	81,5	91,5	97,5	76,5	13,2
Magnésio (g Mg ⁺⁺ /kg)	22,0	20,5	24,8	23,0	19,4	24,0	28,0	24,8	23,3	2,7
Enxofre (g/kg)	10,5	16,2	5,7	6,3	9,0	6,0	6,5	6,4	8,3	3,6
Boro (mg /kg)	225	180	175	160	125	190	152	315	190	58,24
Cobre (mg/kg)	318	225	250	278	260	315	310	238	274	36,64
Ferro (g/kg)	7,2	11,0	7,5	15,5	10,5	11,5	7,0	10,5	10,1	2,9
Manganês (mg/kg)	310	485	285	730	455	395	535	460	457	139,62
Zinco (mg/kg)	190	182	150	210	165	265	180	252	199	40,66
Umidade (g/kg)	16,5	36,0	69,7	67,2	9,0	14,7	7,0	11,0	28,9	26,0
Matéria orgânica (g/kg)	168,0	340,0	395,0	274,5	74,5	109,5	36,5	117,0	189,4	131,4
Cinza (g/kg)	832,0	660,0	605,0	725,5	925,5	890,5	963,5	883,0	810,6	131,4
pH (CaCl ₂)	10,2	9,5	9,2	10,1	11,8	7,3	11,5	10,3	10,0	1,4
Relação C/N	18	13	20	9	8	8	3	17	12	6

Fonte: Oliveira et al. (2006).

Figura 1 - Características químicas de cinzas de caldeiras da agroindústria de dendê. Igarapé-Açu-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento da parte experimental adotaram-se as etapas: tratamento do resíduo; fabricação dos compósitos; ensaios de compressão, absorção de água e condutividade térmica dos corpos de prova; Ensaio de conforto térmico para o bloco com a formulação com o melhor desempenho nos ensaios de caracterização.

Tratamento do Resíduo

O peneiramento das cinzas proveniente da queima dos resíduos originados do processamento do óleo de dendê se faz necessário, pois, as partículas encontradas na mistura apresentam variações granulométricas. Após peneiramento em duas etapas, o resultado deste processo está apresentado na figura 1, são partículas de 0,6mm e 1,2mm que foram posteriormente denominadas como PF (pó fino) e PG (pó grosso) respectivamente.

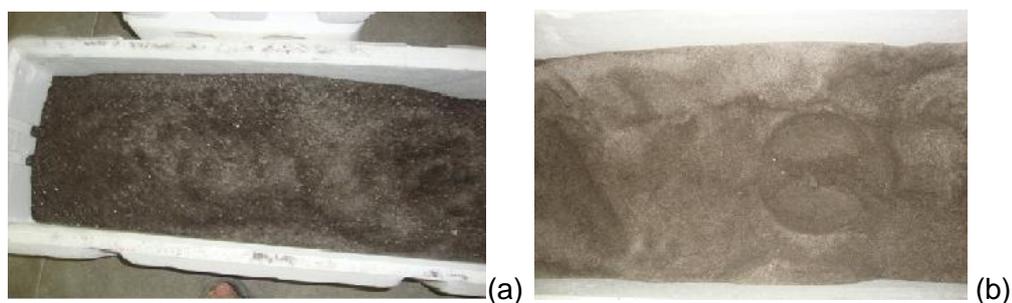


Figura 2- (a) pó de maior granulometria (grosso) e (b) menor granulometria (fino), obtidos após peneiramento.

Composição e Fabricação dos Blocos

Para verificação de compatibilidade e processabilidade do compósito proposto, foram fabricados blocos utilizando as formulações e proporções conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 1 - Formulações e Proporções fabricadas.

Compósito (formulações)	Porção em % de volume	Volume de Água em %
<i>Pó Fino + Cimento + Areia</i>	33PF+33C+33A	
<i>Pó Fino + Cimento + Gesso</i>	33PF+33C+33G	40
<i>Pó Grosso + Cimento + Gesso</i>	33PG+33C+33G	

A adição de água, necessária para reação química do cimento, transforma o compósito em um líquido pastoso apropriado para ser moldado ou despejado em moldes para fabricação de corpos de prova e blocos de construção.

A **Figura 3abc** apresenta o molde escolhido para confecção dos blocos para ensaios térmicos. As dimensões adotadas para construção do molde foram: comprimento de 80cm; largura de 26cm e espessura de 10cm; apresenta área de 0,21 m² e volume de 0,021 m³.

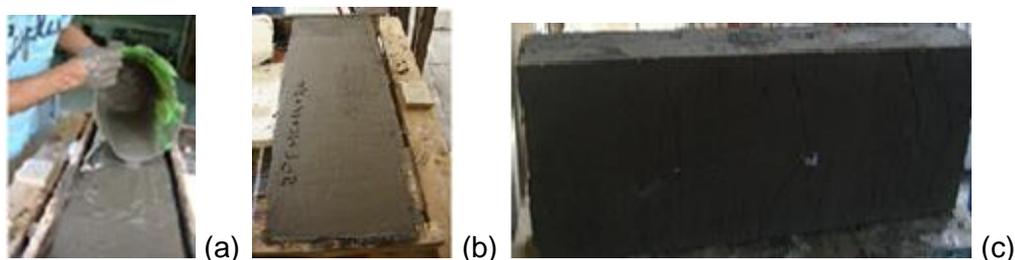


Figura 3abc – Fabricação dos Blocos.

Para se avaliar o conforto térmico, um bloco com formulação de 33PF +33C + 33A, conforme figura 3(b), foi posto na janela de uma casa piloto para análise de desempenho térmico.

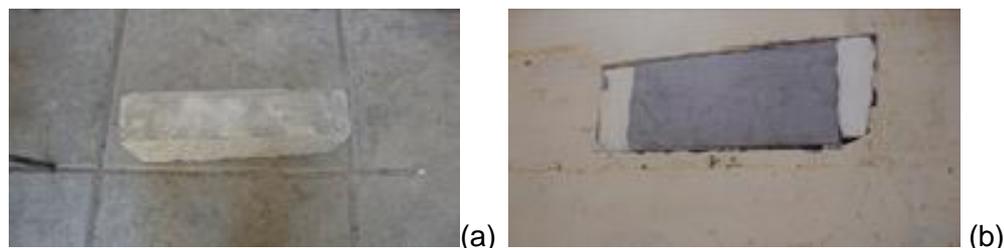


Figura 4 – (a) Bloco utilizado para ensaio de avaliação térmica, (b) bloco em análise de conforto térmico.

Determinação da Condutividade Térmica do Compósito

Na indisponibilidade de uso de um equipamento de medição direta de condutividade térmica desenvolveu-se e construiu-se um equipamento para medir indiretamente o parâmetro pretendido conforme figura 5.



Figura 5 - Esquema de medição indireta da condutividade térmica do compósito.

O equipamento desenvolvido possui como fonte emissora de radiação uma lâmpada comum incandescente de 100 watts. A radiação emitida é conduzida para a amostra pelo envolvimento das laterais da lâmpada com papel alumínio. A lâmpada, fixada em suporte apropriado, emite raios de luz que são direcionados a amostra através de um cano PVC pintados de preto internamente. A distância entre a lâmpada (fonte emissora) e a amostra é constante, o que permite menor variação da radiação recebida pela amostra. Com o uso de um medidor de radiação da Instrutherm, mede-se a radiação incidente na amostra.

Foram realizados ensaios para as diferentes formulações apresentadas na **Tabela 1**. A temperatura das faces interna (Tint) e externada (Text) do corpo de prova de espessura correspondente a 10 mm foram medidas, com auxílio de termopares do tipo cromel-alumel acoplados a um termômetro digital. Acompanha-se a temperatura da amostra, até a estabilização, e os dados medidos determina a condutividade térmica a partir de equação pertinente.

Determinação das Propriedades Mecânicas do Compósito

A NBR 15270-3 estabelece métodos para execução de ensaios em blocos cerâmicos estruturais ou de vedação. Blocos estruturais tem a função de resistir a cargas verticais, já os blocos de vedação não possuem essa característica.

Ensaio de resistência à compressão realizados no Laboratório de Concreto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) foi realizado utilizando-se uma prensa hidráulica com carga máxima de 300 toneladas. As normas utilizadas como referência foram para verificação em ensaio de compressão a NBR 6461 (ABNT, 1983) e a NBR 7171 (ABNT, 1983b) de blocos cerâmicos, para aplicação em vedação. Tal ensaio verifica a capacidade de

carga que os blocos cerâmicos suportam quando submetidos a forças exercidas perpendicularmente sobre suas faces opostas e determina se as amostras oferecem resistência mecânica adequada, simulando a pressão exercida pelo peso da construção sobre os blocos.

Tabela 2 - Valores de resistência a compressão mínima segundo normas da ABNT

Tipo	Resistência à compressão (MPa)	
De vedação	A	1,5
	B	2,5
Portante	C	4,0
	D	7,0
	F	10,0

Análise do Conforto Térmico

Realizou-se a análise do desempenho térmico do material proposto durante o dia, período avaliado como crítico para o desempenho térmico das edificações considerando as características da cidade de Natal no Rio Grande do Norte.

Foram medidas as temperaturas interna e externa do bloco quando submetido à radiação solar entre 10:00 e 15:00 horas, período este considerado crítico de insolação. Termômetro digital com faixa de medição de temperatura entre $-200,0$ e $+1200,0^{\circ}\text{C}$ e termopares de cromel-alumel foram utilizados. Mediu-se ao mesmo tempo a temperatura ambiente e a radiação solar global incidente.

Determinação do Percentual de Absorção de Água

Seguindo a Norma NBR 9778 corrigida em 2009 realizou-se o ensaio para determinação do índice de absorção de água. A NBR 9778 exige que os corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 50mm e altura de 100mm, sejam imersos em água por um período de 72 horas, e para determinar a porcentagem de absorção de água, é necessário subtrair a massa seca, pela massa molhada após 72 horas determinando a quantidade de água absorvida pelo compósito.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Propriedades Termofísicas

A Tabela 4.1 apresenta os valores médios medidos em ensaios de condutividade térmica para todas as proporções de mistura avaliadas.

Tabela 3 - Valores médios de condutividade térmica para as proporções estudadas

AMOSTRAS	K (W/ m.k)
-----------------	-------------------

<i>33PG+33C+33A</i>	0,26
<i>33PG+33G+33C</i>	0,28
<i>33PF +33G +33C</i>	0,30

Todas as formulações se apresentaram condutividade térmica viável por apresentar resultados inferiores aos seus elementos básicos: cimento, gesso e areia [2]. Quando se compara ao tijolo furado convencional, o bloco proposto possui condutividade térmica 14,3% menor, isso mostra a viabilidade do material proposto para a fabricação de blocos capaz de proporcionar conforto térmico no interior de uma residência.

Devido a menor capacidade de condução de calor pelo compósito proposto quando se compara este aos materiais tradicionalmente utilizados em edificações, percebe-se que o compósito produzido mostra mais eficiente em proporcionar melhor conforto térmico.

Tabela 4 - Condutividade de outros materiais

MATERIAIS UTILIZADOS EM EDIFICAÇÕES	K (W/m.K)
Tijolo Furado	0,35
Tijolo Maciço	0,70
Eps	0,03
Cimento	0,9
Gesso	0,40
Areia	1,6
<i>33PG+33C+33A</i>	0,26
<i>33PG+33G+33C</i>	0,28
<i>33PF +33G +33C</i>	0,30
Concreto	1,3
Argamassa	0,75

Ensaio de Compressão

A Tabela 5 apresenta os valores médios da resistência à compressão para todas as formulações do compósito estudadas.

Tabela 5. Valores médios da resistência à compressão para todas as formulações do compósito estudadas

Formulação do compósito	RC (MPa)
<i>33PF+33C+33A</i>	8,13
<i>33PG+33C+33G</i>	2,06
<i>33PF+33C+33G</i>	2,25

A formulação que apresentou uma maior resistência à compressão foi 33PF + 33C + 33A. Esse fato pode estar associado a maior homogeneidade entre os elementos da mistura: pó fino, cimento e areia. Outra possível explicação para a melhoria da resistência a compressão pode estar associado à adição de areia grossa de construção na formulação.

Todas as formulações ensaiadas mostraram-se viáveis para alvenaria de vedação e a formulação com 33 PF + 33C + 33A seria viável para alvenarias de vedação e estrutural.

Ensaio Térmico do Bloco Escolhido

Colocou-se o bloco construído para teste na janela de uma casa piloto construído com blocos de outro material compósito, e as temperaturas das superfícies interna (Tint) e externas (Text) da amostra lidas a cada 15 minutos. O horário do teste se deu entre 10:00 e 17:00hs. Foram medidas também a temperatura ambiente (Tamb) e sensação térmica (ST), a umidade relativa do ar e a radiação solar global.

A Tabela 6 apresenta os dados horários médios para o ensaio realizado. Os valores de temperatura foram medidos através de termopares acoplados a um termômetro digital e os outros parâmetros foram obtidos da central meteorológica Davis instalada no LMHES, situado no NTI da UFRN.

Tabela 4.14. Dados do ensaio térmico no bloco - 33 PF + 33 C + 33 A.

<i>Tempo (hora)</i>	<i>Tamb (°C)</i>	<i>ST (°C)</i>	<i>Umidade (%)</i>	<i>Radiação (W/m²)</i>	<i>Text (°C)</i>	<i>Tint (°C)</i>	<i>ΔT (°C)</i>
10-11	28,5	31,6	68,7	800	34,0	28,9	5,1
11-12	28,6	31,6	68,0	810	36,2	29,9	6,3
12-13	28,9	32,0	66,0	850	37,4	30,5	6,9
13-14	28,9	31,6	65,3	712	37,3	30,5	6,8
14-15	27,8	31,1	67,0	630	36,0	30,2	5,8
15-16	27,8	30,0	68,0	402	33,6	29,6	4,0
16-17	26,8	27,5	69,3	180	30,6	28,0	2,6
Média	28,2	30,8	67,5	616,4	35,0	29,7	5,4

A maior diferença de temperatura medida ficou em média 7,0°C, considerando as médias das radiações em torno de 850 W/m². Este resultado sugere que o bloco testado apresenta viabilidade de utilização como elemento estrutural de uma residência, propiciando conforto térmico adequado uma vez que mesmo em um dia com condições solarimétricas mais baixas que a média obtida em nossa cidade, com radiações máximas de até 1200W/m².

Absorção de Água

As formulações dos compósitos submetidas ao ensaio de absorção de água foram: 33PF + 33C + 33A; 33PF + 33C + 33G; 33 PG + 33C + 33G. A Tabela4 apresenta os valores

médios medidos das amostras analisadas para cada formulação.

Tabela 5 - Percentual de absorção de água pelos compósitos.

Formulação	Absorção (%)
33PF+33C+33 A	22,5
33PF+33C+33 G	60,3
33PG+33C+33 G	49,3

O compósito 33PF+33C+33A, apresentou menor susceptibilidade em absorver água quando se compara a mesma característica com os demais compósitos. A presença do gesso nas demais formulações deve ser reduzida, pois, sua adição aumenta a absorção de água pelo compósito. O uso do gesso traz como única vantagem a redução no tempo de cura.

O texto integral do trabalho, incluído Título, Nomes e Qualificação dos Autores, Resumo, Palavras-chave, Subtítulos, Corpo do Trabalho, Tabelas e Referências Bibliográficas. O espaçamento entre linhas deverá ser SIMPLES.

Conclusões e Sugestões

Tomando como referência os resultados dos ensaios efetuados com o compósito em questão, apresentam-se as conclusões e sugestões desse presente trabalho.

Conclusões

1. O compósito estudado é viável para ser utilizado como material de construção, uma vez que os blocos fabricados apresentaram boa resistência térmica; resistência mecânica à compressão compatível com blocos de vedação, segundo a ABNT 15270-3;
2. O processo tecnológico de fabricação do bloco proposto é simples podendo ser repassado para as comunidades carentes;
3. O aproveitamento da cinza como matéria prima representa é considerado ecologicamente correto evitando seu descarte aleatório;
4. As cinzas coletadas não apresentaram resíduos tais como plásticos, pedras ou outros rejeitos que necessitasse de separação mais criteriosa;
5. A formulação que se mostrou mais viável, combinando as resistências mecânica e térmica, foi a **0,33 PF + 0,33 C + 0,33 A**;
6. O modelo para fabricação dos blocos é viável para emprego em construção de unidades habitacionais, pois, o mesmo não necessita de acabamento após edificação;
7. O resultado obtido no ensaio de resistência à compressão da formulação 33PF+33C+33A indica que o bloco pode ser aplicado para alvenaria estrutural;
8. Uma vantagem da utilização do bloco proposto é que após a edificação das paredes não é necessário acabamento por reboco, o que minimiza o custo de mão de obra.

1 linhas em branco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MENEZES, M. S., Avaliação Do Desempenho Térmico de Habitações Sociais de Passo Fundo – Rs. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.
2. Da Silva, C. R. R., “Viabilidade de Utilização de um Compósito a partir da Queima dos Resíduos de Dendê para a Construção de Casas” Dissertação de Mestrado do PPGEM, UFRN, Natal, 2010.
3. GOMES, I. R. B.; “Viabilidade de utilização de um compósito a partir de resíduos para a construção de casas populares a baixo custo”, Dissertação de Mestrado do PPGEM, UFRN, Natal, 2010.
4. MEDEIROS, K.F.; BORJA E.V.; SILVA G.G.; BEZERRA M.C.M.; Análise das propriedades físico-mecânicas em blocos de cimento, com isopor, sem função estrutural. I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica Natal-RN, 2006.
5. SANTOS, N. R. G. Construção e análise de desempenho de coletores solares alternativos utilizando garrafas PET, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal – RN, 2008.
6. SANTOS, R. D.; “Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e EPS para construção de casas populares”; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal – RN, 2008.
7. SILVA, A. R.; “Estudo térmico e de materiais de um bloco para construção de casas populares, confeccionado a partir de um compósito a base de gesso, EPS e raspa de pneu”; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal – RN, 2010.