

PRODUÇÃO DE AGREGADOS SINTÉTICOS A PARTIR DO REJEITO DO PROCESSO BAYER E DA CINZA DE CALDEIRA

D. da S. Quaresma¹, A. P. S. Pereira¹, D. H. dos Santos¹, E. de A. Muller², G. E. Loureiro¹, J. A. da Silva. Souza¹.

1- UFPA

2- UFPA/UNAMA/UEPA

Travessa Bom Jardim, N° 1270, Entre Pariquis e Caripunas, Bairro: Jurunas,
danyssq@gmail.com

RESUMO

A utilização de resíduos do processo Bayer (lama vermelha) e da cinza de caldeira para reciclagem e reaproveitamento tem sido intensificada pelas características físico-químicas que podem resultar em um material com boa resistência mecânica. Este trabalho apresenta uma interessante aplicação desses resíduos para produção de agregados sintéticos que pode ser comparados aos agregados naturais utilizados pela indústria de construção civil em função da sua resistência mecânica e densidade. Na metodologia utilizaram-se quatro composições distintas, variando o teor de lama vermelha e cinza, fixando o teor de argila (5% em peso). Após mistura os corpos de prova foram confeccionados e sinterizados a 1300°C e em seguida os mesmos passaram por ensaios cerâmicos, como: porosidade, densidade e absorção de água. Desta forma a contribuição desse trabalho foi com relação à capacidade que o material produzido tem em substituir agregados naturais, melhorando a qualidade do concreto e contribuindo para a preservação ambiental.

Palavras-chave: Cinza, agregado sintético, lama vermelha.

INTRODUÇÃO

A geração de subprodutos é uma das consequências de qualquer processo industrial. No Brasil o crescimento desse setor vem aumentando e com ele uma grande quantidade de rejeitos. O aproveitamento de resíduos industriais como matéria-prima vem se consolidando como uma alternativa viável do ponto de vista técnico, ambiental e econômico, pois tende a minimizar ou até mesmo eliminar estes resíduos.

O uso de novos materiais, como agregados, na indústria da construção civil, sobretudo os materiais provenientes de resíduos industriais, tem sido cada vez mais intenso. Existem pelo menos duas razões básicas que induzem a essa realidade: a primeira deve-se ao grande volume de materiais que a construção civil demanda, e a segunda é devido à vinculação do tema, à valorização e ao uso de resíduos industriais no setor de construção civil e na área ambiental.

A queima do carvão mineral em caldeiras de uma central termoelétrica gera vapor e produz resíduos durante o processo da combustão do carvão, conhecidas como cinzas. Elas apresentam características físicas e químicas extremamente diferenciadas em função, sobretudo, do tipo de carvão e fornos utilizados.

As partículas de cinza tendem a apresentar uma forma esférica, o que confere uma boa plasticidade à massa. A sua composição química contém vários óxidos, sendo que os principais são os óxidos de alumínio, sílica e cálcio, além de outros óxidos em menor proporção que são o titânio, manganês e zinco; sua composição granulométrica estão entre 5 e 200µm, com tamanho médio de 30 a 50µm e trata-se de materiais, na sua grande parte, amorfos contendo percentagens muito baixas de componentes cristalinos, constituídos por agulhas finíssimas de mulita.

A lama vermelha é um material insolúvel que surge após a digestão da bauxita pelas soluções de hidróxido de sódio, na fabricação de alumina pelo processo Bayer, ela não possui valor comercial, daí o estudo para amenizar seu impacto ambiental e sua valorização econômica. Além disso, deve-se destacar que a utilização desse rejeito tende a minimizar os problemas ambientais, pois o mesmo tem como principal característica uma elevada alcalinidade (pH 10-13) e elevados custos, pois como o mesmo é armazenado em depósitos de rejeitos a céu aberto, necessitando dispor de grandes áreas para esses depósitos.

A proposta deste trabalho é de dar um novo destino a esses resíduos do processo Bayer e da combustão do carvão mineral, pois ambos possuem uma intensa presença de óxidos como os de alumínio e os de sódio o qual facilita o processo de sinterização na fabricação de agregados sintéticos e podem possuir características físico-químicas importantes facilitando assim, a substituição dos agregados retirados da natureza que são utilizados na construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A lama vermelha (resíduo do Processo Bayer) e a cinza, utilizadas neste trabalho, foi gentilmente cedida pela HIDROALUNORTE (Alumina do Norte do Brasil S/A) que está localizada a 40Km de Belém no Município de Barcarena-PA. Após o recebimento da lama vermelha, a mesma foi previamente seca a 100°C em estufa com recirculação de ar durante 24h e posteriormente moída em moinho de bolas por um período de 30 minutos para promover diminuição das partículas do material.

A cinza, como apresenta partículas finamente divididas não necessita de tratamento prévio e pode ser utilizada diretamente na mistura para confecção dos corpos de prova.

A argila retirada das margens do rio Guamá recebeu o mesmo pré-tratamento realizado com a Lama Vermelha.

Utilizaram-se quatro composições distintas, variando o teor de lama vermelha e cinza, fixando o teor de argila (5% em peso), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual das matérias-primas

MISTURAS	Lama Vermelha	CINZA	ARGILA
	(%)	(%)	(%)
M-1	90	5	5
M-2	75	20	5
M-3	55	40	5
M-4	45	50	5

Após a mistura das matérias-primas em moinho de bolas para promover a homogeneização dos materiais durante 30 minutos, a mistura foi colocada em uma betoneira onde os corpos de prova (pelotas) foram produzidos. Com a movimentação da betoneira as pelotas eram formadas com adição de água de forma gradativa e apresentaram tamanhos variados, de acordo com a Figura 1.



Figura 1- Pelotas formadas dentro da betoneira

Em seguida, os corpos de prova foram colocados em estufa na temperatura de 100 °C durante 24 h e após secagem sinterizados a 1300°C, durante 3 horas. O aspecto do material sinterizado pode ser observado na Figura 2 a seguir.



Figura 2- Corpos de prova sinterizados

Após a sinterização dos corpos foram realizados os ensaios cerâmicos, como: Porosidade Aparente, Absorção de Água e Massa Específica Aparente, conforme as

Equações (A), (B) e (C), respectivamente. O método adotado para medir tais propriedades foi citado por (SANTOS, 1989 e ASTM, 1984).

$$PA(\%) = \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \times 100 \quad (A)$$

Onde: M_u é a massa úmida (g), M_s é a massa seca (g), e M_i é a massa imersa (g).

$$AA(\%) = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (B)$$

Onde: M_u é a massa úmida (g) e M_s é a massa seca (g).

$$MEA(g/cm^3) = \frac{M_s}{M_u - M_i} \quad (C)$$

Onde: M_u é a massa úmida (g), M_s é a massa seca (g), e M_i é a massa imersa (g).

Os ensaios cerâmicos foram realizados da seguinte forma: Após sinterização dos corpos de prova os mesmos foram pesados definindo-se a massa de sólido seco. Em seguida mergulharam-se os corpos de prova em um recipiente contendo água por 24 horas. Após este período, foi determinada a massa úmida. Em seguida, colocou-se a balança em um aparato de madeira acoplado a uma haste de aço, conforme a Figura 3, para obter a massa imersa, uma vez que este está mergulhado em um recipiente com água suficiente para cobrir o corpo de prova.



Figura 3- Aparato para obter a massa imersa

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podemos observar na Tabela 3 a composição química da Lama Vermelha que apresenta como componentes majoritários o óxido de ferro, sílica e alumina. Os compostos de sílica e alumina quando sinterizados a uma temperatura de 1300°C reagem formando mulita secundária, composto estável, que da característica de resistência ao material.

Tabela 3- Composição química da Lama Vermelha

Constituintes da lama	(%) peso
Fe ₂ O ₃	29, 538
SiO ₂	17, 283
CaO	1, 082
Al ₂ O ₃	22, 539
TiO ₂	4,56
Na ₂ O	12, 508
V ₂ O ₅	0,28
MgO	0, 148
K ₂ O	0, 027
P.F. (perda ao fogo)	12, 035

A Tabela 4 apresenta a composição química da Cinza. Podemos observar uma grande quantidade de óxido de silício que ocasionará posteriormente a formação da camada vítrea após a reação de sinterização com o NaOH presente na Lama Vermelha, conforme a Equação (D).

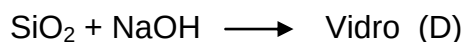


Tabela 4- Composição química da cinza de carvão mineral.

Elementos	Teor*(%)	Teor**(%)
Na ₂ O	0,09	0,941
MgO	0,46	1,836
Al ₂ O ₃	22,71	16,399
SiO ₂	51,71	42,53
P ₂ O ₅	0,08	0,194
S	0,65	-
K ₂ O	0,94	1,61
CaO	2,75	19,005
TiO ₂	0,86	0,897
MnO	0,04	0,073
Fe ₂ O ₃	5,93	7,081
PF	14,35	-
C.Orgânico	10,74	-
CO ₂ total	40,09	
Cl (ppm)	1030(ppm)	0,056
SO ₃	-	9,208
ZnO	-	0,014
Rb ₂ O	-	0,011
SrO	-	0,046
BaO	-	0,095
Rb ₂ O	-	0,011

*Fonte: Coletânea Habitare(1999).

**Análises realizadas no centro de Geociências da UFPA.

A Tabela 5 apresenta a composição química da argila. Esse material de granulação fina adquire plasticidade quando umedecido com água, o que proporciona uma boa trabalhabilidade ao material.

Tabela 5– Composição química da argila

Constituintes	Argila (% peso)
SiO ₂	54,26
Al ₂ O ₃	14,15
TiO ₂	0,52
Fe ₂ O ₃	6,01
P.F	13,86

Fonte: AMARAL (1999)

Os resultados apresentados na Tabela 6 revelam que com a diminuição do teor de Lama Vermelha e consequente aumento do teor de cinza, proporciona um aumento da massa específica aparente e diminuição da porosidade aparente e absorção de água. Desta forma podemos observar que essas propriedades apresentam um comportamento inversamente proporcional, caracterizado pelo aumento da quantidade de fundente presente na Cinza, fazendo com que a fase amorfa, constituída principalmente da camada vítrea que compõem o agregado, torne-se mais espessa diminuindo a quantidade de poros, causando assim um decréscimo na absorção de água que é uma medida indireta da porosidade.

Tabela 6- Resultados da massa específica, porosidade e absorção de água

MISTURAS	MEA(g/cm ³)	PA(%)	AA(%)
M-1	1,8981	15,5324	8,4489
M-2	1,8334	11,5341	6,4085
M-3	1,9980	8,8910	4,5670
M-4	1,9240	8,6690	4,4700

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, o comportamento do material com lama vermelha e cinza é semelhante quanto à densidade e a formação permanente de mulita. A fase amorfa aumenta com os diferentes teores de cinza, devido o aumento no teor de fundentes.

A utilização da lama vermelha e da cinza como matérias-primas para produção de agregado sintético possibilita uma boa alternativa na produção deste material, sobretudo para um melhor controle da densidade do material a ser produzido.

Os resultados obtidos de densidade, porosidade e de absorção de água para as composições estabelecidas provavelmente resultarão em uma boa resistência mecânica, melhorando a qualidade do concreto, principalmente utilizado para contrapisos onde há uma grande deficiência de agregados mais leves.

REFERÊNCIAS

- (1) AMARAL, A. S. M. **Secagem de materiais extrudados em um secador de convecção forçada utilizando argila do Estado do Pará**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Belém-PA.
- (2) SANTOS, D.H. **Utilização do rejeito do processo bayer como matéria-prima na produção de agregados leves**. 2011, 73p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica)-Programa de pós-graduação em engenharia elétrica, Belém-PA.
- (3) SANTOS, P. S, **Ciência e tecnologia de argilas**. 2.ed. EdgardBlücher, 1989. 408 p. v. 1.
- (4) TANCREDI, G. A. H. **Estudo das propriedades do concreto com adição de cinza de carvão mineral de caldeiras de leito fluidizado**. 2010, 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Belém-PA.

SYNTHETIC AGGREGATE PRODUCTION FROM OF THE RESIDUE BAYER PROCESS AND OF BOILER ASH

The use of Bayer process residues (red mud) and boiler ash for recycling and reuse has been intensified by physical and chemical characteristics that could result in a material with good mechanical strength. This work presents an interesting application of these wastes to produce synthetic aggregates that can be compared to natural aggregates used by the construction industry due to its mechanical strength and density. In the method using four different compositions, varying the content of red mud and ash, setting the clay content (5% by weight). After mixing the samples were prepared and sintered at 1300°C and then passed through the same ceramic assays, such as porosity, density and water absorption. Thus the contribution of this work was related to the ability of the material produced has to replace natural aggregates, improving the quality of concrete and contributing to environmental preservation.

Keywords: Ash, Aggregate synthetic, red mud.