



II CONPESQ

Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

APROVEITAMENTO DO REJEITO DA PEDRA CARIRI NA FORMULAÇÃO DE HEXALUMINATO DE CÁLCIO (CA6) PARA OBTENÇÃO DE CERÂMICAS REFRAATÁRIAS POROSAS

Magno de Lima Silva¹

Graduando em Engenharia de Materiais
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri
magnolima9@gmail.com

Raíssa Barros Dias²

Graduanda em Engenharia de Materiais
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri
raissabarrosdias@gmail.com

Lívia Kelly Bezerra Gonçalves³

Graduanda em Engenharia de Materiais
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri
livia.bezerra@aluno.ufca.edu.br

Beatriz Maria Nunes de Faria⁴

Graduanda em Engenharia de Materiais
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri
beatriz.m.n.f10@gmail.com

Ana Candida de Almeida Prado⁵

Doutora em Geologia Regional
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri
ana.prado@ufca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (2016), o grupo dos materiais cerâmicos refratários compreende uma diversidade de produtos que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos

-
- 1 Bolsista PIBIC/UFCA no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.
 - 2 Bolsista PIBITI/FUNCAP no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.
 - 3 Bolsista PIBITI/FUNCAP no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.
 - 4 Bolsista PIBIC/UFCA no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.
 - 5 Professora Orientadora.

industriais, que em geral envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações.

De acordo com Callister Jr (2012), o desempenho de uma cerâmica refratária depende em grande parte de sua composição, bem como de variáveis tais: seu tamanho de partícula e porosidade. Trazendo com isso aplicações típicas como revestimentos de fornos para o beneficiamento de metais, fabricação de vidros, tratamentos térmicos metalúrgicos e geração de energia.

A classificação segundo a composição química considera o componente principal que o material é formado: sílica, sílico-aluminoso, aluminoso, mulita, magnesianocromítico, cromítico-magnesiano, carbetos de silício, grafita, carbono, zircônia, zirconita, espinélio e outros (ABCERAM, 2016).

Os refratários aluminosos contêm entre 45 e 75% alumina (Al_2O_3). Há também os refratários conhecidos como de alta alumina, cujos teores de óxido de alumínio são superiores a 75%. Quanto mais alto o percentual de Al_2O_3 , maior é a refratariedade do material e maior é a resistência mecânica a altas temperaturas. Suas aplicações incluem altos-fornos, fornos de cal e cerâmica, fornos de cimento, tanques de vidro e cadinhos para fundir uma ampla gama de metais (LEE, 2015).

O hexaluminato de cálcio (CaAl_2O_9 ou CA6) é um composto conhecido por suas características refratárias e dificuldade intrínseca de densificação, além disso, é a única do sistema $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ que não se hidrata (LEE *et al.*, 2001 *apud* GARCIA; DE OLIVEIRA; PANDOLFELLI, 2007), depois da alumina pura, é a fase de maior ponto de fusão, em razão disso, existe o interesse em avaliar seu potencial em aplicações refratárias.

A fase do hexaluminato de cálcio pode ser formada por meio de eletrofusão ou sinterização de suas matérias-primas. Em ambos os casos, de início são formadas as fases termodinamicamente mais instáveis onde, no decorrer da reação ou com aumento da temperatura de reação, transformam-se em suas fases mais estáveis (FERREIRA, 2015).

Os principais reagentes usados na obtenção do CA6 são a alumina e o carbonato de cálcio. A alumina ou Al_2O_3 , também conhecida como óxido de alumínio, é o componente principal da bauxita, esta quando beneficiada pode ser usada como matéria-prima para alguns produtos de alumina tais quais refratários, abrasivos e abrangendo um grande número de produtos que apresentam propriedades e aplicações variadas.

A Pedra Cariri é uma rocha calcária, composta principalmente por carbonato de cálcio, contendo baixos teores de ferro, manganês, silício e alumínio (CORREIA; VIDAL; RIBEIRO, 2006). Na literatura, há trabalhos que afirmam que a Pedra Cariri possui estrutura inorgânica cristalina, podendo conter traços de compostos orgânicos, é formada por calcita [CaCO_3], dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] e minerais secundários como anidrita [CaSO_4], gipsita [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$], siderita [FeCO_3], entre outros (AHR *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2010 *apud* NEIVA *et al.*, 2018).

O alto teor de carbonato de cálcio torna o rejeito da Pedra Cariri um promissor material candidato para a fabricação de produtos compostos por aluminatos de cálcio, tais como refratários isolantes.

Assim, esse trabalho visa estudar misturas contendo o rejeito calcário da Pedra Cariri com uma alumina comercial a serem sinterizadas em diferentes condições para se obter a fase refratária resistente à hidratação, CA6, com uma microestrutura porosa.

2 METODOLOGIA

Para este estudo utilizou-se duas fontes de matérias-primas: (i) uma alumina alfa comercial A-2G com teor de no mínimo 98,4% de Al_2O_3 especificado em ficha técnica produzida pela empresa Alcoa Alumínio S/A; (ii) o rejeito da Pedra Cariri coletado em jazida situada no município de Nova Olinda (CE) previamente britado e moído a úmido para controle de granulometria em malha ABNT 500 mesh.

Em seguida a composição química foi determinada em aparelho Rigaku modelo ZSX Primus II equipado com tubo de rh e 7 cristais analisadores, pela técnica de fluorescência de raios X (FRX).

As misturas dos pós com composições contendo diferentes proporções de Al_2O_3 e rejeito foram preparadas realizando inicialmente o cálculo, por análise racional, determinando o percentual de carbonato de cálcio no rejeito da Pedra Cariri, bem como de outros minerais e elementos que podem atuar no processo.

Dessa forma, com o auxílio do diagrama de fases do sistema desses dois compostos ($\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$) foram determinados por cálculos estequiométricos quais as composições das formulações a serem estudadas. Atentando para o fato de que a fase CA6 (CaAl_2O_6) tem excelente característica como cerâmica porosa refratária, portanto, para esse tipo de produto testou-se três formulações: uma obedecendo a proporção de 1 mol de CaO para 6 moles de Al_2O_3 (1:6), outra com excesso molar de CaO (1,5: 6) e, a última, com excesso de Al_2O_3 (0,5: 6). Ainda, como proposto por Ferreira (2015), foi adicionado às formulações 1% de PVB (polivinil butiral) o qual atua como agente ligante.

Após esta etapa os materiais foram pesados em balança digital Marte/LC5, misturados e peneirados em peneira ABNT 200 mesh até total homogeneização. A figura 1 apresenta as proporções após pesagem.

Figura 1 - Matérias-primas utilizadas após pesagem



Fonte: Os autores.

Este trabalho ainda encontra-se em andamento e teve alguns dos seus procedimentos suspensos pela quarentena da pandemia COVID-19 iniciada no começo do primeiro semestre de 2020. Até o momento foi possível fazer a revisão bibliográfica, caracterizar as matérias-primas, analisar essa caracterização, fazer os cálculos estequiométricos, preparar e queimar algumas destas misturas. A continuidade deste trabalho será terminar o preparo e queima das misturas, como também, caracterizar o produto a fim de verificar se obteve a fase pretendida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 a seguir, apresenta os resultados das análises químicas das matérias-primas.

Tabela 1 – Análise química das matérias-primas (% massa)

<i>Óxidos</i>	<i>Alumina</i>	<i>Pedra Cariri</i>
Na ₂ O	0,56	0,07
MgO	Nd	1,03
Al ₂ O ₃	98,45	0,31
SiO ₂	0,14	0,56
P ₂ O ₅	Tr	0,02
SO ₃	0,01	0,09
Cl	0,02	0,01
K ₂ O	0,01	0,02
CaO	0,06	53,16
MnO	Nd	0,24
F ₂ O ₃	0,03	0,76
ZnO	Tr	0,03
Ga ₂ O ₃	0,01	Nd
SrO	Nd	0,11
ZrO ₂	Tr	Nd
PbO	Nd	0,01
P.F	0,70	43,58
Total	100,00	100,00

Fonte: Os autores; Nd – Não detectado; Tr – Traços; P.F – Perda ao fogo.

Na composição química das matérias primas utilizadas, o resíduo da pedra cariri apresentou composição rica em óxido de cálcio (53,16%), alta perda ao fogo (43,58%) e teores muito inferiores de outros óxidos. Estando em conformidade com o resultado para composição de CaO encontrado por Vidal *et al.* (2005) para o município de Nova Olinda que indicou 53,60%.

A alumina, por sua vez, apresentou predominância de óxido de alumínio em sua composição (98,45%), tendo apenas traços dos outros óxidos que estão associados a impurezas, confirmando os valores apresentados em ficha técnica comercial do produto fornecida pelo fabricante.

As quantidades de cada uma das matérias-primas para alcançar as proporções molares desejadas estão explicitadas na Tabela 2, onde observa-se a composição com 0,5 mol de CaCO₃, 1,0 mol de CaCO₃ e a composição com excesso de CaCO₃ contendo 1,5 mol de CaCO₃.

Tabela 2 – Composições estudadas

<i>Composto</i>	<i>Identificação</i>	<i>Razão molar (Alumina/Alumina+Pedra Cariri)</i>	<i>Massa de Pedra Cariri (g)</i>	<i>Massa de Alumina (g)</i>
Ca _{1,5} Al ₁₂ O ₁₉	1,50C_6A	0,80	11,37	44,64
Ca _{1,0} Al ₁₂ O ₁₉	1,00C_6A	0,85	7,9	46,52
Ca _{0,5} Al ₁₂ O _{18,5}	0,50C_6A	0,92	4,12	48,56
PVB (g)	1	1	1	1

Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo foram produzidas as formulações base para síntese da fase hexaluminato de cálcio (CaAl_2O_9 ou CA6).

Com análise química foi possível constatar que a Pedra Cariri se constitui principalmente de óxido de cálcio (53,16%), e em menores quantidades de outros óxidos e alumina, por sua vez, apresentou predominância de óxido de alumínio em sua composição (98,45%), tendo apenas traços dos outros óxidos que estão associados a impurezas. Os teores são compatíveis para se obter a fase CA6 quando o resíduo da Pedra Cariri for misturado com a alumina nas proporções calculadas. Essa hipótese poderá ser comprovada com a continuidade desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação – PRPI da Universidade Federal do Cariri pelas bolsas de iniciação científica e tecnológica para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – ABCERAM. **Informações técnicas - definição e classificação**. 2016. Disponível em: <https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/> Acesso em: 27 de fevereiro de 2019.

CALLISTER JR, William D. **Introdução à Ciência e Engenharia de Materiais**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 2012. 817p.

CORREIA, Júlio Cesar G.; VIDAL, Francisco W. Hollanda; RIBEIRO, Roberto Carlos da C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. *In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE*, 6., 2006, Recife. **Anais** [...]. Recife, 2006. p. 65-73.

LEE, S. Types of Refractory Materials and Their Applications. 2015. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/types-refractory-materials-applications-le-sylvia> Acesso em: 22 de fevereiro de 2019.

FERREIRA, Veridiana Lopes. **Evolução da microestrutura do hexaluminato de cálcio (CaAl_2O_9) formado in situ para obtenção de cerâmicas refratárias porosas**. 2015. 84f Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18158/tde29042016084458/publico/VeridianaLopesFerreiraMEcorrigida.pdf> . Acesso em: 12 jan. 2021

GARCIA, Jarem Raul; DE OLIVEIRA, Ivone Regina; PANDOLFELLI, Victor Carlos. Processo de hidratação e os mecanismos de atuação dos aditivos aceleradores e retardadores de pega do cimento de aluminato de cálcio. **Cerâmica**, São Paulo, v. 53, n. 325, p. 42-56, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ce/v53n325/a0753325.pdf> Acesso em: 18 fev. 2021

NEIVA, Laedna Souto *et al.* Investigação das potencialidades de aplicação industrial para o resíduo da pedra cariri: uma reflexão sobre esta problemática ambiental e social. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, Campina Grande, v. 1, n.2, p. 102-110, maio/ago. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Franca/publication/327955058_FLORISTICA_FITOSSOCIOLOGIA_E_INVENTARIO_FL

[ORESTAL VOLUMETRICO EM UM FRAGMENTO DE CERRADO DA BAHIA BRASIL/links/5baf483992851ca9ed2ec351/FLORISTICA-FITOSSOCIOLOGIA-E-INVENTARIO-FLORESTAL-VOLUMETRICO-EM-UM-FRAGMENTO-DE-CERRADO-DA-BAHIA-BRASIL.pdf#page=103](https://www.brazilianfloristicinventory.org.br/links/5baf483992851ca9ed2ec351/FLORISTICA-FITOSSOCIOLOGIA-E-INVENTARIO-FLORESTAL-VOLUMETRICO-EM-UM-FRAGMENTO-DE-CERRADO-DA-BAHIA-BRASIL.pdf#page=103) Acesso em: 18 fev. 2021.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; PADILHA, Manoel William Montenegro; OLIVEIRA, R. R. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri–Ceará. *In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE*, 5., 2005 Recife. **Anais** [...]. Recife, 2005. p. 31-36.