



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

**DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÕES DA
COMPOSIÇÃO CORRESPONDENTE ÀS FASES
CA/CA2/C12A7 DO CIMENTO ALUMINATO DE CÁLCIO**

Raíssa Barros Dias¹

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

Livia Kelly Bezerra Gonçalves²

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

Magno de Lima Silva³

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

Beatriz Maria Nunes de Farias⁴

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 Bolsista PIBITI/FUNCAP 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 PIBIC/UFCA 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.

carbonatos. Cimento de alta pureza apresenta em torno de 70-80% de Al_2O_3 e as fases mais significativas desse composto são (LUZ; BRAULIO; PANDOLFELLI, 2015 *apud* CONSONNI, 2020):

- a) Aluminato de cálcio (CA), que corresponde a 40-70 %-p da composição do CAC, com enrijecimento rápido devido ao seu alto teor de CaO.
- b) O dialuminato de cálcio (CA₂) que, devido à menor atividade em meios hidráulicos, necessita de um maior tempo para enrijecimento.
- c) O heptaluminato de dodecálcio (C₁₂A₇), que na presença de água, requer tempos de dissolução e hidratação curtos, por ser a fase mais reativa.

A alumina é obtida a partir da purificação da bauxita pelo processo Bayer, o qual utiliza hidróxido de sódio a altas pressões e temperaturas (BORTOLETO; CAMARGOS; DAVO, 2017). A combinação de óxido de alumínio e carbonato de cálcio é responsável pela formação das variadas fases cristalinas citadas anteriormente, em diferentes frações, possibilitando a obtenção do CAC de alta pureza (LEE et al., 2001; NISHIKAWA, 1984; O'DRISCOLL, 2000; SORRENTINO, D.; SORRENTINO, F.; GEORGE, 1995).

Como fonte de óxido de cálcio para obtenção do CAC, os carbonatos têm uma vantagem sobre os hidróxidos e óxidos, pois são encontrados na natureza e têm preços reduzidos. Na região do Cariri, Nordeste do Brasil, encontra-se um grande depósito calcário laminado, conhecido como Pedra Cariri. Sua extração gera grande quantidade de resíduo riquíssimo em carbonato de cálcio (PRADO; SUASSUNA; SILVA, 2012). 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 [$CaMg(CO_3)_2$] e minerais secundários como anidrita [$CaSO_4$], gipsita [$CaSO_4 \cdot 2H_2O$], siderita [$FeCO_3$], entre outros (AHR *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2010 *apud* NEIVA *et al.*, 2018). Assim, o alto teor de carbonato de cálcio torna o rejeito da pedra cariri um possível material precursor para a fabricação de produtos compostos por aluminatos de cálcio, tais como os cimentos aluminatos de cálcio.

Assim, o objetivo geral deste trabalho consiste em realizar formulações a partir de uma alumina comercial e do resíduo da Pedra Cariri para futura obtenção das fases mais significativas do CAC, a saber CA₂, CA, C₁₂A₇. Para atingir esse objetivo, as seguintes metas foram definidas: (I) caracterização química e mineralógica das matérias-primas; (II) análise racional para calcular os percentuais das fases existentes nas matérias-primas; (III) considerando as composições das fases pretendidas, cálculo das quantidades de alumina comercial e resíduo da pedra cariri necessárias para obtê-las.

Ensaio laboratoriais de síntese e caracterização das formulações teóricas calculadas devem ser feitos em trabalhos futuros, tão logo, as condições sanitárias, devido a pandemia do COVID-19, permitam atividades presenciais nos laboratórios da UFCA.

2 MÉTODOS

A alumina cedida para a realização desta análise, foi a alumina calcinada A-2G, produzida pela empresa Alcoa Alumínio S/A, dito em seu catálogo que contém um teor de no mínimo de 98,4% de Al_2O_3 . O rejeito da Pedra Cariri foi coletado na jazida do município de Nova Olinda, Ceará. Ambas matérias-primas foram analisadas por fluorescência de raios X (FRX) e difração de raios X (DRX).

Com os resultados encontrados pela DRX e FRX, se fez o cálculo por análise racional para determinar o percentual de carbonato de cálcio no rejeito da pedra Cariri, bem como de outros minerais e elementos que podem atuar no processo. Bem como, o teor de óxido de alumínio e demais componentes foram identificados na alumina comercial.

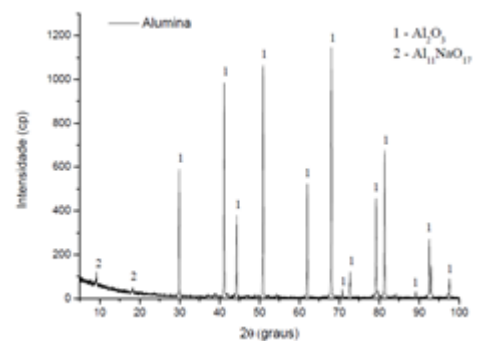
Após a determinação dos reais teores dos componentes presentes nas matérias-primas, com o auxílio do já conhecido diagrama de fases do sistema CaO-Al₂O₃ e do software GlassPanacea, as quantidades relativas das matéria-primas necessárias para obter individualmente as fases CA, CA2 e C12A7 foram determinadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do FRX da Alumina calcinada A-2G, expuseram um teor de 98,45% de Al₂O₃, comprovando que o percentual condiz com as informações técnicas fornecidas pelo fabricante, além de alguns óxidos, como 0,06% de CaO, 0,14% de SiO₂ e para o MgO, não foi detectado. Já os resultados da análise química para o resíduo da Pedra Cariri, revelaram um teor de 53,16% de CaO, o que a torna uma fonte riquíssima deste óxido, além de percentuais de outros óxidos, como 0,31% de Al₂O₃, 0,56% de SiO₂ e 1,03% de MgO.

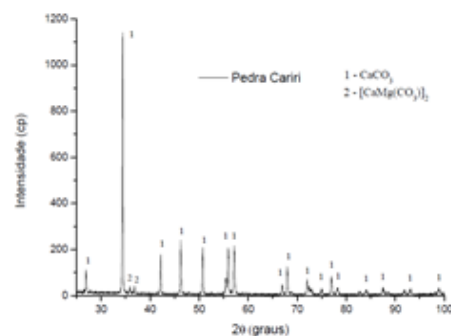
A figura 2 representa o difratograma de raios X (DRX) da amostra de alumina, identificando as fases cristalinas presentes em cada pico. Onde, pela intensidade relativa dos picos, pode-se perceber que a fase majoritária é alumina, com tração de um composto de óxido de sódio e alumínio. O DRX da Pedra Cariri (Figura 3), confirma os dados obtidos no FRX, evidenciando calcita (CaCO₃) e picos característicos de dolomita [CaMg(CO₃)₂]

Figura 2 - DRX amostra de Alumina



Fonte: Própria.

Figura 3 - DRX amostra de Pedra Cariri



Fonte: Própria.

Os cálculos da análise racional referentes à porcentagem em peso dos constituintes da amostra no resíduo da Pedra Cariri, indicam 92,3% de calcita (CaCO₃) e 4,7% de dolomita [CaMg(CO₃)₂]. A partir dos resultados obtidos anteriormente, foi realizado o cálculo estequiométrico, para determinar a quantidade de reagente necessária para obter 50g de um produto correspondente à fase escolhida, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Proporções molares e formulações

<i>Sistema Selecionado</i>	<i>Fase</i>	<i>Proporção Molar (C:A)</i>	<i>Massa de Pedra Cariri (g)</i>	<i>Massa de Alumina (g)</i>
1Al ₂ O ₃ - 1CaCO ₃	CA	1:1	15,0349	25,6292
2Al ₂ O ₃ - 1CaCO ₃	CA2	1:2	9,9924	34,0669
7Al ₂ O ₃ - 12CaCO ₃	C12A7	12:7	19,0380	18,9309

Fonte: (Os autores, 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a síntese do CAC, utilizou-se resíduo de Pedra Cariri localmente disponível na jazida do município de Nova Olinda e também, a alumina calcinada A-2G. A partir disso, foram realizadas as etapas de caracterização com o intuito de analisar a composição química e mineralógica das matérias-primas utilizadas. Os cálculos permitiram quantificar os percentuais correspondentes dos compostos e elementos identificados nas matérias-primas. Com isso, foi possível encontrar diferentes formulações a partir da mistura entre alumina A-2G e resíduo de Pedra Cariri. Os percentuais calculados para cada formulação proposta é compatível com dados da literatura para a obtenção de cimentos refratários de alta alumina.

Futuramente, se fará a sinterização dos corpos de prova, contendo as formulações correspondentes para cada fase, para que sejam realizados testes para averiguação da formação das fases de interesse (CA, CA2, C12A7). No cronograma inicial deste projeto de pesquisa, essas etapas já deveriam ter sido realizadas. Porém, com o cenário da pandemia da COVID-19, as atividades presenciais no ano de 2020 de laboratório precisaram ser interrompidas, impedindo a realização das mesmas. Com isso, as atividades feitas durante o referido período se concentraram em levantamento bibliográfico e nas análises relatadas neste trabalho.

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

BORTOLETO, D. A.; CAMARGOS, M. A.; DAVO, J. B. Aplicações de flocculantes em pó para sedimentação do resíduo Bayer na indústria do alumínio, **Holos**, vol. 6, 2017, pp. 217-223 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481554851024.pdf> Acesso em: 31 Mar. 2021.

CONSONNI, Leonardo Barbosa. **Avaliação de matérias-primas alternativas com ação ligante ou sinterizante para concretos refratários**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2020. Disponível:<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13338/Leonardo%20Barbosa%20Consonni%20-%20Disserta%c3%a7%c3%a3o%20definitiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 Mar. 2021.

LEE, W. E. et al. Castable refractory concretes. *International Materials Reviews*, v. 46, n. 3, p. 145-167, 2001.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Sistemas ligantes para concretos refratários multitzáveis. *Cerâmica* v. 56 (2010) 112-117. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ce/v56n338/v56n338a03.pdf>. Acesso em: 31 Mar. 2021.

MOREIRA, Murilo Henrique. **Avaliação dos modelos numéricos para a simulação da secagem de concretos refratários**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2021. <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13969/Murilo%20Henrique%20Moreira%20-%20Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 31 mar. 2021.

NISHIKAWA, Akira. *Technology of monolithic refractories*. Pilbrico, 1984

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_FLORESTAL_VOLUMETRICO_EM_UM_FRAGMENTO_DE_CERRADO_DA_BAHIA_BRASIL/links/5baf483992851ca9ed2ec351/FLORESTICA-FITOSSOCIOLOGIA-E-INVENTARIO-FLORESTAL-VOLUMETRICO-EM-UM-FRAGMENTO-DE-CERRADO-DA-BAHIA-BRASIL.pdf#page=103 Acesso em: 31 Mar. 2021.

OLIVEIRA, I. R.; GARCIA, J. R.; PANDOLFELLI, V. C. Cinética de hidratação de ligantes à base de alumina hidratável ou aluminato de cálcio. *Cerâmica* vol. 53 n. 325 São Paulo. 2007, [s. l.], 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132007000100004&script=sci_arttext Acesso em: 31 Mar. 2021.

O'DRISCOLL, M. Alumina cements - lining up against steel & sewage. *Industrial Minerals*, n. 399, p. 35, 2000

PRADO, A.C.A.; SUASSUNA, P. M. ; SILVA, G. B. Caracterização do rejeito da extração e beneficiamento da pedra cariri visando seu reaproveitamento. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA*, 2012, Curitiba. **Anais [...]**. São Paulo: ABCeram, 2012. Disponível em:https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/56/PDF/01-027.pdf Acesso em: 31 mar. 2021.

SORRENTINO, D.; SORRENTINO, F.; GEORGE, M.; Mechanisms of Hydration of Calcium Aluminate Cements, *Material Science of Concrete*, v. 6, p. 41-90, 1995.