

VIDRO SODO-CÁLCICO COMPREENDENDO RESÍDUOS DO GRANITO IBERÊ CREMA BORDEAUX

M.P. Babisk^{1*}; M.C. Borlini¹; F.W.H. Vidal¹ e J.R. Oliveira²

Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ

CEP: 21941-908

*mbabisk@cetem.gov.br

1 Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCT; 2 Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES

RESUMO

O setor de rochas ornamentais, a respeito da sua importância para o País, vem se notabilizando como um dos principais poluidores e causadores de impactos ambientais no estado do Espírito Santo, notadamente em Cachoeiro de Itapemirim, onde há uma maior concentração das empresas. A grande quantidade de resíduos gerados nos processos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais impacta já há certo tempo o meio ambiente. Visando a utilização desses resíduos como matéria-prima, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos, o mais largamente utilizado comercialmente, com o resíduo de granito Iberê Crema Bordeaux. O resíduo foi caracterizado quimicamente e posteriormente, utilizado como matéria prima para o desenvolvimento destes. Foram obtidos vidros totalmente amorfos, com densidade típica de vidros sodo-cálcicos e coloração verde escuro, devido à presença de ferro, tanto da composição química da rocha, quanto do processo de beneficiamento.

Palavras-chave: Vidros sodo-cálcicos, Iberê Crema Bordeaux e resíduos.

1. INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais, a respeito da sua importância para o País, vem se notabilizando como um dos principais poluidores e causadores de impactos ambientais no estado do Espírito Santo, a região sul do estado concentra a maior parte dos empreendimentos, com aproximadamente 64% das empresas localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim ⁽¹⁾.

A importância do setor para a economia nacional é indiscutível, mas, como toda atividade mineira, tem grande potencial de causar impactos ambientais indesejáveis. A grande quantidade de resíduos gerados nos processos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais impacta já há certo tempo o meio ambiente.

No caso da produção de rochas ornamentais, entre outras etapas, é feita a serragem de blocos para transformá-los em chapas ou placas semi-acabadas. Nesta fase são geradas quantidades expressivas de resíduos ⁽²⁾. Esse resíduo é geralmente constituído de água, gralha, cal e rocha moída, algumas empresas realizam processos de separação de fases, onde os resíduos, na forma de lama, são prensados para retirar o excesso de água. Mas evidências revelam que, na quase a totalidade dos casos, as empresas lançam estas lamas em tanques de acúmulo diretamente no solo.

Visando o aproveitamento desses resíduos vários trabalhos já foram realizados e há várias alternativas em estudo para utilização desses resíduos, sendo algumas delas já incorporadas a novos produtos e processos, como por exemplo, emprego desses resíduos em produtos para a construção civil, em composições de cerâmica vermelha, em artefatos de borracha, na formulação de argamassas industriais, dentre outros ⁽³⁻⁸⁾.

Babisk (2009) propôs a incorporação desses resíduos na formulação de vidros sodo-cálcicos, visto que eles apresentam como constituintes químicos majoritários óxidos que são matérias primas utilizadas na fabricação destes, como a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3), a cal (CaO) e óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O). Os teores de óxidos de ferro, encontrados nos resíduos, devido principalmente à gralha (insumo utilizado no processo de beneficiamento), atuam como colorante e conferem a cor verde aos vidros produzidos ^(9,10).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e caracterizar um vidro tipo sodo-cálcico compreendendo resíduo do granito Iberê Crema Bordeaux, mediante ajuste de composição, através de adições de sílica (na forma de areia), e óxidos de sódio e cálcio na forma de carbonatos.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O resíduo utilizado neste trabalho foi do granito conhecido comercialmente como Iberê Crema Bordeaux (Figura 1), coletado no município de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo e a areia em um areal da região. Foram utilizados como reagentes P.A.: carbonato de sódio (Na_2CO_3) e carbonato de cálcio (CaCO_3).



Figura 1: Imagem do granito Iberê Crema Bordeaux.

O procedimento experimental envolveu inicialmente a moagem da areia por 2 horas em moinho de bolas; o resíduo de granito foi obtido sob a forma de lama, sendo coletado diretamente do poço do tear, e passado em peneira de 40 mesh (420 μm) para retirar a granalha mais grosseira. Posteriormente, foi seco ao ar livre e em seguida, em estufa a 70°C, destorroado manualmente em almofariz de porcelana e quarteado.

A caracterização dos resíduos e da areia após moagem foi realizada através de análise de fases cristalinas por difração de raios-x (DRX) e análise química por fluorescência de raios-x (FRX).

Para o desenvolvimento do vidro, a mistura das matérias primas foi feita de acordo com as quantidades calculadas desejadas do resíduo de granito, de

areia e dos reagentes químicos, baseada na estrutura do vidro comum (sodo-cálcico). A mistura foi homogeneizada antes da fusão, após pesagem dos constituintes em balança analítica.

A mistura foi aquecida ao ar, em cadinho de alumina, em um forno de câmara a uma temperatura de 1500°C com taxa de aquecimento de 10°C/min por 2 horas na tentativa de se garantir a homogeneidade e também simular o processo usualmente utilizado industrialmente, com exceção do tempo.

O vidro obtido foi caracterizado quanto à densidade pelo método de Arquimedes e análise de fases cristalinas por difração de raios-x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de fluorescência de raios-x foi determinada a composição química da matéria-prima, em % peso, e na difração de raios-X, a composição mineralógica, identificando assim a estrutura dos compostos encontrados na análise química, que se apresentam tipicamente na forma cristalina nos difratogramas apresentados a seguir. A Tabela I mostra a composição química da areia e do resíduo de granito.

Tabela I: Composição química do material (% em peso).

Componentes	Resíduo de Granito	Areia
SiO ₂	66,7	98,63
Al ₂ O ₃	12,3	-
Na ₂ O	3,7	-
CaO	4,3	-
K ₂ O	4,1	-
Fe ₂ O ₃	6,9	-
MnO	0,1	-
TiO ₂	-	0,57
ZrO ₂	-	0,33

A análise química da areia revela que o SiO_2 , óxido formador da rede vítrea ⁽¹¹⁾, é o componente majoritário. Outros óxidos apresentam-se com valores inferiores a 1% cada.

No difratograma da areia, mostrado na Figura 2, foram somente observados os picos do quartzo, que é a fase estável da sílica à temperatura e pressão ambientes.

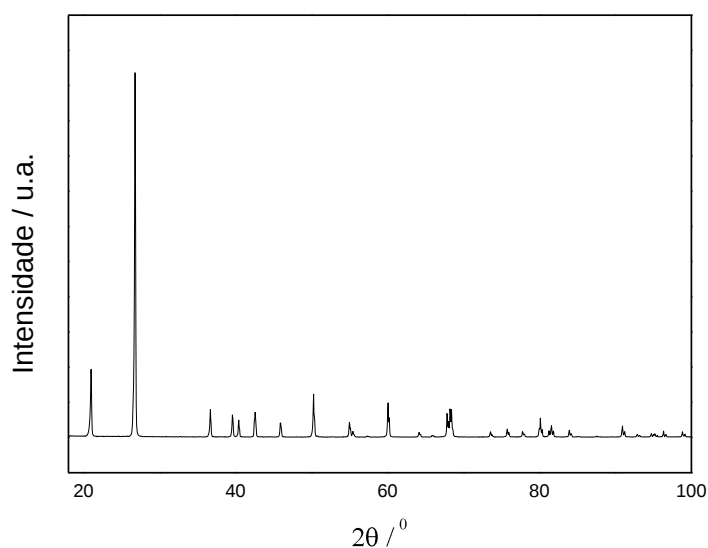


Figura 2: Difratograma de raios-x da areia.

No resíduo de granito, o SiO_2 também é predominante, porém, há quantidades significantes de CaO , K_2O e Na_2O , que atuam como óxidos modificadores de rede, sendo responsáveis por romper a estrutura vítrea, reduzindo assim a viscosidade e o ponto de fusão do vidro ⁽¹⁰⁾, bem como Al_2O_3 , óxido intermediário, que na rede da sílica atua também como formador de rede.

O alto teor de Fe_2O_3 é proveniente principalmente da granalha, insumo empregado no beneficiamento das rochas, mas que também se deve a composição química da rocha. Neste trabalho este óxido terá papel fundamental, pois atua como colorante na formulação de vidro, e dá a cor verde ao vidro produzido ⁽¹²⁾. Os outros óxidos apresentam-se valores inferiores a 1%.

No difratograma do resíduo de granito (Figura 3), verificam-se os picos característicos das fases cristalinas referentes à sílica, silicatos de cálcio, potássio, alumínio e sódio, e ainda indícios de biotita. Apresentando-se como minerais quartzo (SiO_2), microclina (KAlSi_3O_8), albita ($(\text{NaCa})\text{Al}(\text{SiAl})_3\text{O}_8$) e biotita ($\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH,F})_2(\text{Al,Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}$).

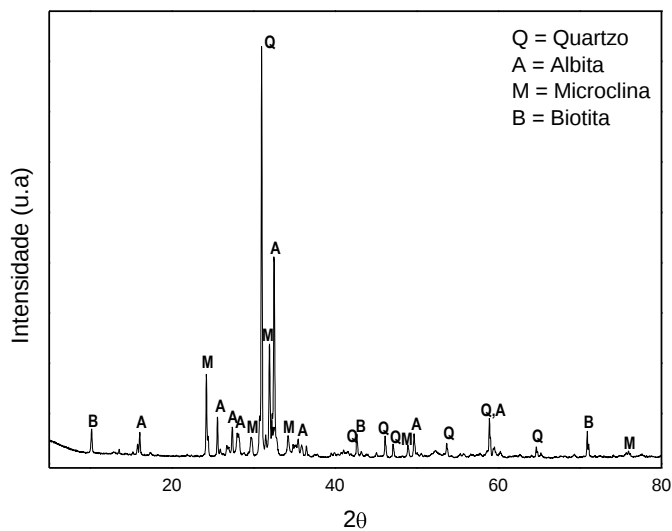


Figura 3: Difratoograma de raios-X do resíduo de granito.

Devido à perda de massa durante a fusão, pela decomposição dos carbonatos de sódio e de cálcio adicionados a mistura, a composição estudada, mostrada na Figura 4, foi calculada estequiometricamente, baseada na análise química das matérias primas: resíduo de granito e areia.

A composição do vidro desenvolvido está dentro da faixa de composição de vidros sodo-cálcicos descrita por Akerman (2000), em se tratando de valores de Na_2O , que está entre 12 e 17% e de CaO entre 8 e 12 %, estrutura do vidro comum ⁽¹⁰⁾.



Figura 4: Imagem da mistura preparada (Resíduo de granito, areia e carbonatos de sódio e cálcio).

A mistura foi aquecida a 1500°C , apresentando-se totalmente fundidas resultando assim em um vidro de coloração verde escuro bem homogêneo, apresentado na Figura 6. A coloração é devido à quantidade relevante do óxido de ferro presente no resíduo de granito ⁽¹³⁾. O vidro não apresentava nenhuma bolha aprisionada em sua espessura nem na interface com o cadinho.

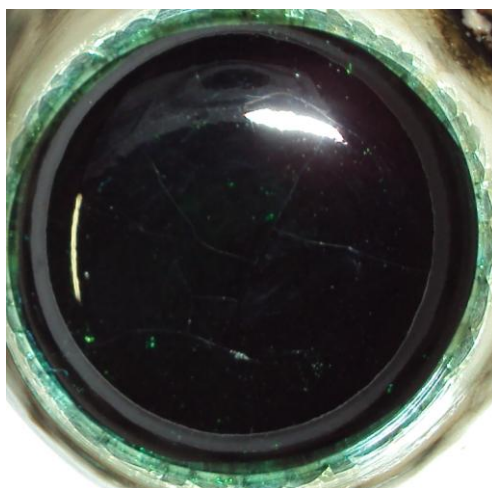


Figura 6: Imagem do vidro de granito.

O difratograma de DRX (Figura 7) indica que foi obtida a vitrificação total da composição, mostrando um material completamente amorfo. Os vidros não possuem arranjo atômico regular e sistemático ao longo de distâncias atômicas relativamente grandes ⁽¹⁴⁾, tendo como definição que é por difração de raios-x um material amorfo (significando, literalmente, sem forma) ⁽¹⁵⁾.

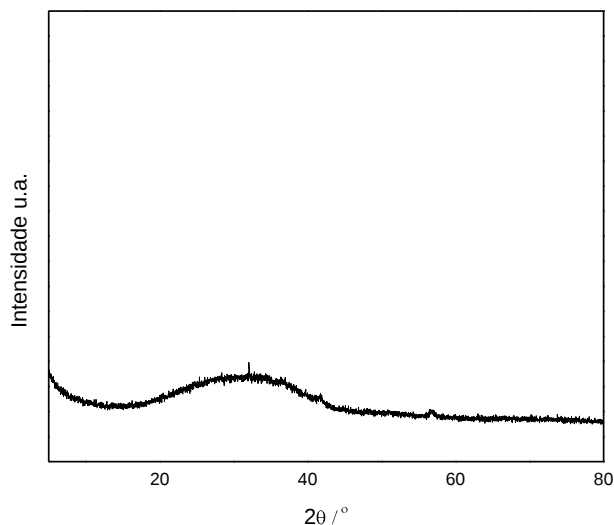


Figura 7: Difratoograma de raios-x do vidro produzido.

O vidro apresentou uma densidade de $2,56 \text{ g/cm}^3$, que é compatível com o valor citado na literatura. Os vidros sodo-cálcicos têm densidade nominal de $2,5 \text{ g/cm}^3$. A densidade dos vidros é controlada pelo volume livre da rede vítrea e pelas massas dos íons presentes. Geralmente, a adição de espécies que entram nos interstícios da rede vítrea tenderá a aumentar a densidade, reduzindo o volume livre, portanto devido à presença dos óxidos modificadores de rede ^(14,16).

4. CONCLUSÕES

O objetivo de desenvolver um vidro do tipo sodo-cálcico compreendendo resíduo do granito Iberê Crema Bordeaux foi alcançado. A composição preparada resultou em um vidro completamente amorfo com densidade típica de vidros sodo-cálcicos.

Conclui-se que estes resíduos têm potencial, mediante ajuste de composição, de aplicação neste tipo de material, contribuindo assim para reduzir o impacto ambiental causado tanto pela disposição inadequada dos resíduos de rochas na natureza, quanto na diminuição da extração de areia, largamente utilizada na fabricação de vidros.

6. REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. **Rochas Ornamentais no Século XXI**. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br/br/index.html>>. Acesso em: 29 out. 2008.
2. CALMON, J. L.; Silva, S. A. C. Mármore e Granito no Espírito Santo: problemas ambientais e soluções. In: DOMINGUES, Antônio Félix; BOSON, Patrícia Helena Gambogi; ALÍPAZ, Suzana. **A gestão de recursos hídricos e a mineração**. Brasília: Agência Nacional de Águas – ANA, Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, 2006. p. 199-231. Disponível em: www.ana.gov.br, acessado em: 12 jan. 2009.
3. PAZETO, A. A.; Borlini, M. C.; Caranassios, A. **Caracterização do resíduo proveniente do beneficiamento do granito Iberê Crema Bourdeaux e sua aplicação em cerâmicas argilosas**. XVI Jornada de Iniciação Científica – CETEM. Rio de Janeiro. pág.134-140.
4. PONTES, I. F. ; Vidal, F. W. H.. **Valorização de resíduos de serrarias de mármore e granito e sua aplicação na construção civil**. V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, novembro, 2005, pág. 117.
5. MOREIRA, J. M. S. ; Freire, M. N. ; Holanda, J. N. F.. **Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha**. Cerâmica 49 (2003), 262-267.
6. SOUZA, J.N. ; Rodrigues, J. K. G. ; Neto, P. N. S.. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concretos asfálticos usinados a quente**. Disponível em: http://www.sfiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Residuos_de_Serragem_de_rochas.pdf (capturado em 5 nov. 2008).
7. GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

8. CARVALHO, E. A. ; Campos, A. R. ; Peiter, C. C. ; Rocha, J. C.. **Aproveitamentos dos resíduos finos das serrarias de Santo Antônio de Pádua**. III SRON – Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, PE, 2002.

9. BABISK, M. P. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais**. Dissertação (Mestrado em ciência dos materiais). Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2009.

10. AKERMAN, M. **Natureza Estrutura e Propriedades do Vidro**, CETEV(Centro Técnico de Elaboração do Vidro), 2000

11. SICHIERI, E. P. ; Caram, R. ; Santos J. C. P.. **Vidros na construção Civil**. In: Isaia, Geraldo C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais, vol 1, IBRACON 2007.

12. HELMENSTINE, A. M.. **Colored Glass Chemistry**. About: Chemistry. Disponível em: <http://chemistry.about.com/cs/inorganic/a/aa032503a.htm> (capturado em 15 jun. 2009).

13. CALLISTER, W. D.. **Ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. 2 ed. Rio de Janeiro, LTC, 2006.

14. SAINT GOBAIN. **Propriedade e funções do vidro**. Disponível: www.saint-gobain.com.br (capturado em 9 fev. 2009)

15. SAMPAIO, J. A.. **Preparação e caracterização de vidros aluminato de cálcio com baixa concentração de sílica dopados com Nd₂O₃ e Er₂O₃**. Tese (Doutorado em Ciências – Física Aplicada. Instituto de Física. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001

16. SHELBY, J. E. ; Lacourse, W. C. ; Clare, A. G.. **Ceramics and Glasses**. New York State College of Ceramics, Alfred University. In: Engineered materials Handbook. Engineering properties of oxide glasses and other inorganic glasses, vol 4, pág 845 a 857.

SODA-LIME GLASS WITH IBERÊ CREMA BORDEAUX GRANITE WASTE

ABSTRACT

The dimension stones sector, about its importance for the country, comes to emphasizing as one of the main ones pollutant in the state of Espírito Santo, especially in Cachoeiro de Itapemirim, where there is a greater concentration of industries. The large amount of waste generated in the extraction and processing of dimension stones impacts at certain time the environment. Aiming to use of the waste as raw material, the objective of this work was the development of soda-lime glasses, the most widely used commercially, with the Iberê Crema Bourdeaux granite waste, which was chemically characterized and subsequently used as raw material for their development. Amorphous glasses were obtained with density typical soda-lime glasses and dark green coloration, due to the presence of iron, from the chemical composition of rock and of the processing.

Key-words: soda-lime glasses, Iberê Crema Bordeaux, and wastes.