

AVALIAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO DE OURO COMO MATÉRIA-PRIMA CERÂMICA.

R. T. da Cruz; A. R. Cunha; J. Pedrassani, S.R. Bragança
Universidade Federal do Rio Grande Sul – DEMAT/UFRGS
Av. Osvaldo Aranha 99/705 Porto Alegre-RS 90035-190
thomedacruz@yahoo.com.br

RESUMO

Neste estudo, o resíduo proveniente das atividades de mineração de ouro da região localizada a cerca de 450 quilômetros ao norte de Montevidéu, próximo as cidades de Minas de Corrales, Tacuarembó e Rivera, foi coletado e investigado para avaliar o seu potencial como matéria-prima em várias aplicações cerâmicas. As propriedades químicas, mineralógicas e térmicas foram analisadas, respectivamente, pelas técnicas de FRX, DRX e ATG. Os corpos cerâmicos foram sinterizados em aproximadamente 1100°C. As características de queima foram determinadas por densidade, retração linear, absorção de água, porosidade e resistência à flexão. As análises de composição química e mineralógica do resíduo, juntamente com as propriedades mecânicas das formulações testadas, demonstraram que este resíduo pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de telhas e placas cerâmicas para revestimento.

Palavras-Chave: resíduo, argila, placas cerâmica

INTRODUÇÃO

O resíduo proveniente das atividades de mineração de ouro na região localizada a cerca de 450 quilômetros ao norte de Montevidéu, próximo as cidades de Minas de Corrales, Tacuarembó e Rivera, apresenta grande potencial para aplicações cerâmicas. Este material pode proporcionar, além do apelo ambiental em função da sua reciclagem, vantagens de ordem econômica, pois este resíduo passa por todo o sistema de processamento de ouro que inclui moinhos de mandíbulas e

de bolas⁽¹⁾, deste modo, o resíduo possui uma distribuição granulométrica que não necessita de moagem extra.

A composição mineralógica é de quartzo, albita e muscovita, em função disto, este material pode ser sinterizado em temperaturas inferiores as utilizadas industrialmente, com bom potencial como fundente cerâmico. Outro ponto relevante é o grande volume existente, em decorrência de mais de 10 anos de exploração das atividades de mineração na região acima citada.

Face ao exposto acima, surgiu o propósito de analisar este material, estudando suas propriedades por meio de análises composicionais e mineralógicas, distribuição granulométrica, propriedades térmicas, avaliação da temperatura de queima e caracterização tecnológica. Em decorrência da baixa plasticidade do referido material, foram testadas formulações utilizando-se uma argila plástica vermelha para auxiliar na etapa de conformação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste estudo teve como ponto de partida a caracterização do resíduo oriundo da mineração de ouro no Uruguai. Após análise prévia, corpos cerâmicos foram produzidos a partir da mistura com porcentagens crescentes de argila plástica. A incorporação desta na composição dos corpos-de-prova foi necessária para aumentar a resistência à verde do material, pois testes com 100% de resíduo não apresentaram plasticidade suficiente para garantir uma boa conformação. A argila plástica utilizada para auxiliar na conformação é uma argila comercial de cor de queima vermelha e oriunda da região de Nova Santa Rita – RS.

A caracterização das matérias-primas (resíduo e argila) utilizadas na composição dos corpos cerâmicos foi realizada através das técnicas de fluorescência de raios X (Shimadzu espectrômetro, XRF - 1800), difração de raios X (Philips X'Pert), análise térmica (Mettler Toledo modelo TGA / SDTA 851e) e distribuição granulométrica a laser (Cilas, modelo 1180).

Os corpos cerâmicos foram produzidos a partir da mistura do resíduo em estudo com porcentagens crescentes de argila plástica, conforme a Tabela 1. A incorporação da argila plástica na composição dos corpos-de-prova foi necessária para aumentar a resistência a verde.

Tabela 1: Composição das formulações.

Formulação (%)	A	B	C
Resíduo	90	80	70
Argila plástica	10	20	30

As formulações descritas na Tabela 1 foram homogeneizadas em moinho periquito durante aproximadamente 5 minutos e umidificadas com água (8% em peso). Para a conformação dos corpos-de-prova, foi utilizado o método de prensagem uniaxial. Os corpos-de-prova de cada formulação foram feitos na forma de paralelepípedo de dimensões aproximadas de 60 mm x 20 mm x 7 mm em uma prensa hidráulica, objetivando-se uma densidade de $\sim 1,78\text{g/cm}^3$. Após, eles foram secos ao ar durante 24 h e em estufa a 110 °C por mais 24 h. Os corpos-de-prova foram queimados previamente num forno elétrico nas temperaturas de 1000 °C, 1050 °C e 1120 °C, com uma taxa de aquecimento de 150 °C/h e um tempo de patamar de 30 min. Posteriormente, definiu-se a temperatura de 1120°C para realizar os testes de caracterização tecnológica descritos a seguir: módulo de ruptura a flexão, absorção de água e porosidade aparente através do ensaio de Arquimedes e retração linear de queima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das matérias-primas

Os resultados das composições químicas das matérias-primas utilizadas na manufatura dos corpos-de-prova, obtidos por fluorescência de raios X, estão descritos na Tabela 2.

As fases presentes no resíduo, obtidas por DRX, (Figura 1) são: quartzo, albita e muscovita. A presença das fases albita (alumino silicato de sódio), muscovita (alumino silicato de ferro e de potássio hidratado) e quartzo corroboram com o resultado da análise química. Além disso, indicam que o resíduo é um material que apresenta facilidade à formação de fase vítrea em temperaturas baixas, principalmente, devido à presença de metais alcalinos e possivelmente o FeO, os quais favorecem a formação de fase vítrea com a sílica (e alumina). As fases

detectadas na argila plástica foram: caolinita, quartzo e muscovita, com bom potencial fundente.

Tabela 2: Composição química das matérias-primas.

%	Resíduo Mineração	Argila Plástica
SiO ₂	57,15	64,04
Al ₂ O ₃	13,63	10,39
CaO	6,81	0,53
MgO	0,53	0,46
Fe ₂ O ₃	11,92	13,13
K ₂ O	7,89	8,11
NaO	0,66	0,33
TiO ₂	1,07	1,33

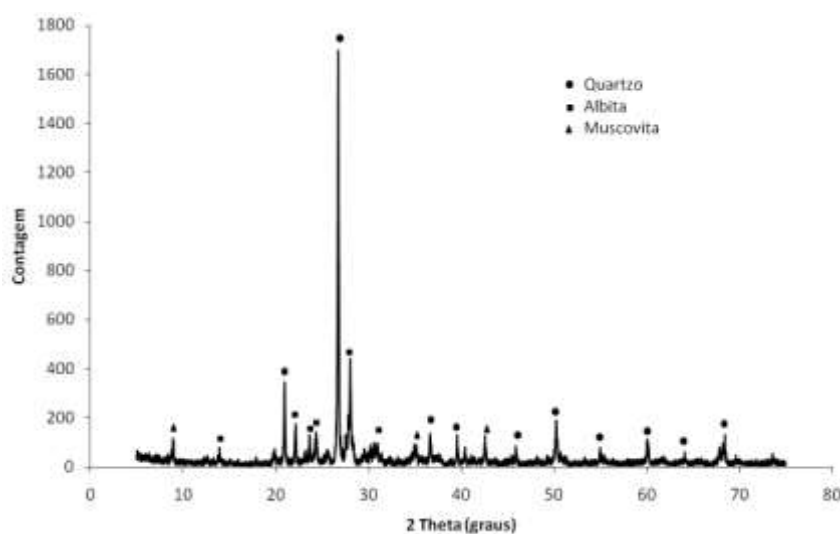


Figura 1: Difratograma de raios X do resíduo.

A Figura 2 apresenta a análise termogravimétrica do resíduo. Durante o aquecimento é possível observar uma pequena perda de massa (~2%) até aproximadamente 250°C. Entre 450 °C e 700 °C ocorre uma grande perda de massa (~10%), sugerindo a perda de água estrutural (quimicamente ligada). Próximo a 900°C, pode-se observar mais uma pequena perda de massa (~3%), possivelmente compostos carbônicos (carbonato de cálcio) oriundos de desgaseificação. É possível que a presença de carbonato possa atrasar a sinterização do resíduo.

As variações de massa na amostra indicam cuidados na definição da curva de queima.

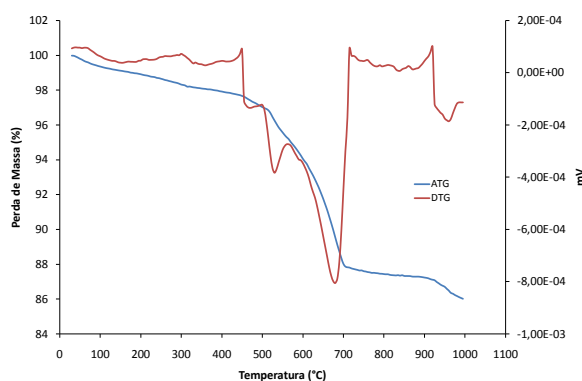


Figura 2: Curvas de análise termogravimétrica e diferencial do resíduo (taxa de aquecimento de 10 °C/min.).

Na Tabela 3, tem-se a análise de distribuição granulométrica realizada por difração a laser. Nota-se que o diâmetro médio de partícula foi de 4,17 μm para o resíduo e 15,22 μm para a argila plástica, respectivamente. Destaca-se a granulometria fina do resíduo, consideravelmente inferior ao da argila.

Tabela 3: Distribuição de tamanhos de partículas do resíduo e argila plástica.

Amostras	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	Dmédio (μm)
Resíduo	0,66	0,24	10,98	4,17
Argila Plástica	0,43	7,07	41,7	15,22

A Figura 3 apresenta os valores médios de absorção de água dos corpos cerâmicos das composições A, B e C, queimados em três temperaturas (1000°C, 1050°C e 1120°C). Com base nestes dados, definiu-se a temperatura ideal de queima de 1120°C, para efetuar os demais testes de caracterização tecnológica. De

acordo com a NBR 13.817⁽²⁾, os produtos com características de um grês cerâmicos, objetivo do presente trabalho, são os da classe BIIA. A referida norma classifica os produtos de acordo com o percentual de absorção de água, dentro do intervalo $3 < \text{ABS} \leq 6$, para a classe BIIA.

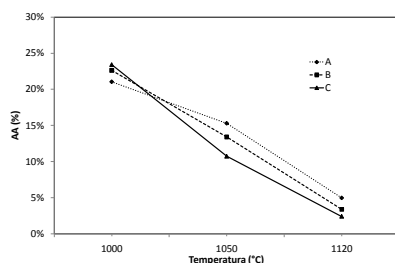


Figura 3: Curva da absorção de água em função do aumento da temperatura para as formulações A, B e C.

A Figura 4 mostra o resultado da queima em 1120°C. Observa-se que o aumento da quantidade de argila propicia uma redução da absorção de água e da porosidade aparente, enquanto a retração linear de queima aumenta. Assim, a adição de argila favorece a conformação do produto, por meio do aumento da plasticidade nas composições A, B e C e, ao mesmo tempo, contribui à redução da temperatura de sinterização. Destaca-se também que a temperatura relativamente baixa de queima foi alcançada, em função de o resíduo ser um material com um teor significativo de óxidos fundentes. Por outro lado, a adição de argila não prejudica a cor de queima, pois se obteve uma tonalidade marrom escuro, com boa aceitação no mercado (Fig.5).

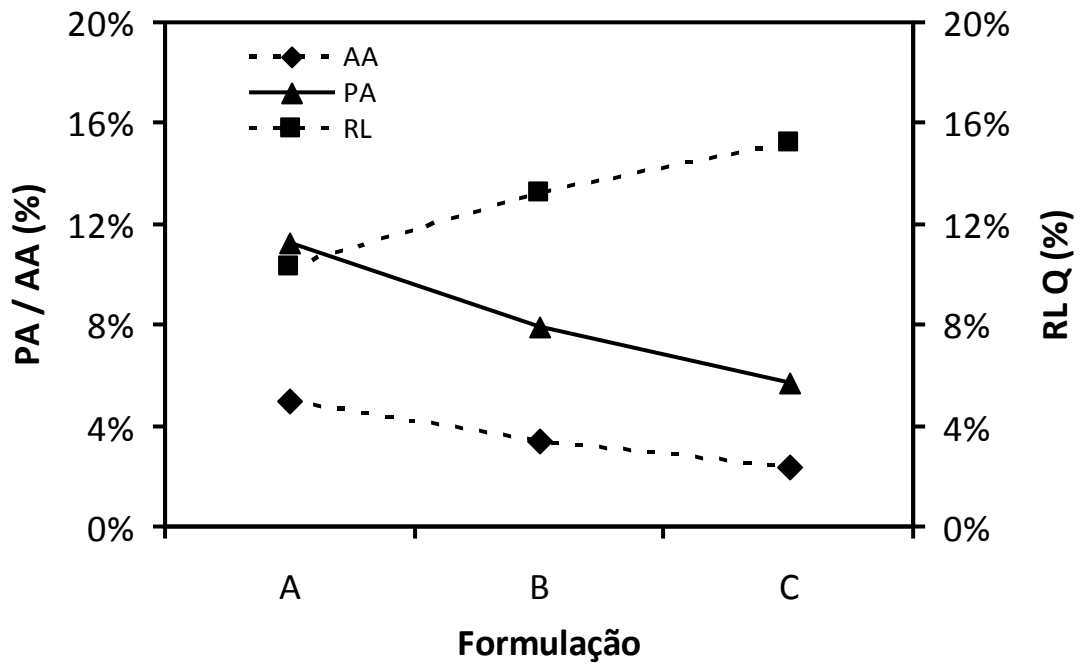


Figura 4: Curva de absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e retração linear de queima (RLQ) em função do aumento da quantidade de argila plástica. Temperatura de queima de 1120°C.



Figura. 5 Imagem mostrando a cor de queima marrom escuro dos corpos de prova queimados a 1120°C.

Na Figura 6 pode ser observado apenas um pequeno aumento da resistência mecânica dos corpos-de-prova em função do aumento da argila plástica. Dessa forma, a formulação A (90% em peso de resíduo) apresenta uma resistência similar as formulações B e C, ou seja, aproximadamente 24 MPa.

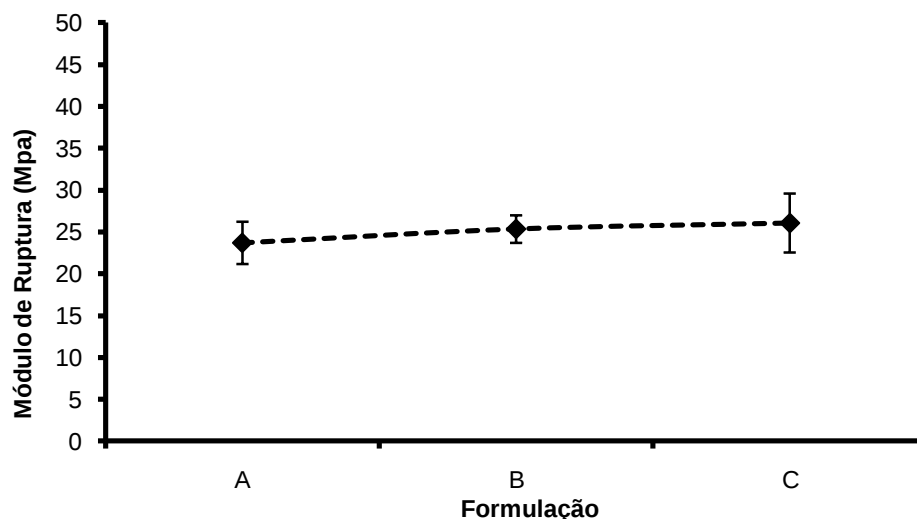


Figura 6. Módulo de resistência a flexão em função do aumento do percentual de argila na composição. (Temperatura de queima = 1120°C).

A caracterização química, física e mineralógica do resíduo, bem como caracterização tecnológica, mostram que o mesmo possui excelente potencial à reciclagem. Comparando-se com outros resíduos, ele possui muitas vantagens, como grande volume em estoque, granulometria fina, ausência de toxidez e boas características fundentes. Por exemplo, a reciclagem de embalagens de vidro e sobras da construção civil precisa de etapas de limpeza e moagem, antes da utilização dos mesmos. Outros resíduos precisam ser cuidadosamente avaliados quanto à possível lixiviação de compostos tóxicos e liberação de gases tóxicos durante a queima ^(3,4,5).

CONCLUSÃO

O resíduo estudado no presente trabalho apresenta bom potencial para sua utilização, em particular, para produção de um grés cerâmico, como atestam os resultados práticos.

As análises químicas e mineralógicas do resíduo mostraram a presença de óxidos fundentes e fases minerais de baixo ponto de fusão. Isto explica a formação de fase vítrea em baixas temperaturas (~1100°C) e gresificação dos corpos-de-prova. Destaca-se que a análise granulométrica mostrou que esse material apresenta em seu estado natural uma distribuição granulométrica fina, pois foi previamente beneficiado durante o processo de extração mineral. Portanto, a presença de óxidos fundentes, juntamente com o baixo tamanho de partícula, favorecem à redução da energia gasta no processo de beneficiamento e queima deste material.

Com base nos resultados da caracterização tecnológica as formulações A, B e C (10, 20 e 30% em peso de argila plástica respectivamente) apresentam bom potencial para aplicações cerâmicas. Os corpos de prova podem ser classificados de acordo com a NBR 13.817 como BIIA, e apresentam resistência mecânica suficientemente alta para diferentes aplicações, como, por exemplo, produção de telhas e placas cerâmicas para revestimento.

REFERÊNCIAS

1. http://www.orosur.ca/exploration_uruguay/
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13.817/1997, baseada na ISO 13.006/1995, classificação dos revestimentos cerâmicos.
3. E. Bernardo, L. Esposito, E. Rambaldi and A. Tucci, Glass based stoneware as a promising route for the recycling of waste glasses, *Advances in Applied Ceramics*, 2009, 108, 1, 2-8.
4. S.R. Bragança, J. Vicenzi, K. Guerino, C.P. Bergmann, Recycling of iron foundry sand and glass waste as raw material for production of whitewares, *Waste Manage Res.*, v. 24, p. 60–66, 2006.
5. S.R. Bragança, C.P. Bergmann: 'Waste glass in porcelain', *Materials Research*, v. 8, n. 1, p. 01-07, 2004.

EVALUATION OF RESIDUE FROM GOLD MINING ACTIVITIES AS CERAMIC RAW MATERIAL

ABSTRACT

In this study, the residue from the gold mining activities in the region located about 450 km north of Montevideo, near the towns of Minas de Corrales, Tacuarembó and Rivera was collected and investigated to evaluate their potential as raw material in various ceramic applications. The chemical, mineralogical and thermal properties were analyzed respectively by XRF, XRD and TGA. The ceramic bodies were sintered at approximately 1100 ° C. The burning characteristics were determined by density, linear shrinkage, water absorption, porosity and flexural strength. The chemical and mineralogical analyzes of the residue, together with the mechanical properties of the tested formulations demonstrated that this residue can be used as raw material ceramic for the production of tiles and coating ceramic plates.

Key-words: residue, clay, tiles, ceramic plates.