

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL DA EXPLORAÇÃO DE SCHEELITA NA PRODUÇÃO DE PEÇAS CERÂMICAS VIA COLAGEM DE BARBOTINA

Tercio Graciano Machado¹
Djalma Valério R. Neto²
Flanelson Maciel Monteiro³
Talita Fernanda Carvalho Gentil⁴
Jonei Marques da Costa⁵
Raimison Bezerra de Assis⁶

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

Resumo

A proposta deste trabalho foi utilizar o resíduo mineral da exploração de scheelita em substituição ao quartzo na formulação de barbotina para produção de peças cerâmicas. As matérias primas (resíduo de scheelita e argila) foram caracterizadas via FRX e DRX. Na composição da barbotina foi utilizado argila do município de Miguel Calmon – Ba, 15% de resíduo de scheelita com granulometria inferior a 200 mesh, cominuído em moinho de bolas, albita, calcita, feldspato e dolomita. Foram preparados moldes de gesso com formatos distintos e na etapa seguinte foram preparadas as peças; sendo secas em estufa por um período de 24 horas a 54°C, dado acabamento e queimadas nas temperaturas de 850, 900 e 1000°C, durante 1 hora. As peças obtidas apresentaram cores distintas e qualidade interessante, demonstrando ser possível utilizar esse resíduo na formulação de barbotina em substituição ao quartzo; agregando-se valor ao produto e propiciando um destino adequado a este resíduo mineral.

Palavras-chave: Reciclagem; Scheelita; Meio ambiente; Colagem de barbotina; Resíduo Mineral

¹Prof. Dr.. IFRN – Campus Natal Central/DIACIN, gracianomil@hotmail.com.

²Técnico. IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

³Técnico. IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

⁴Prof. Me. IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, profa.talitagentil@gmail.com

⁵Prof. Dr. IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, jonei.costa@gmail.com

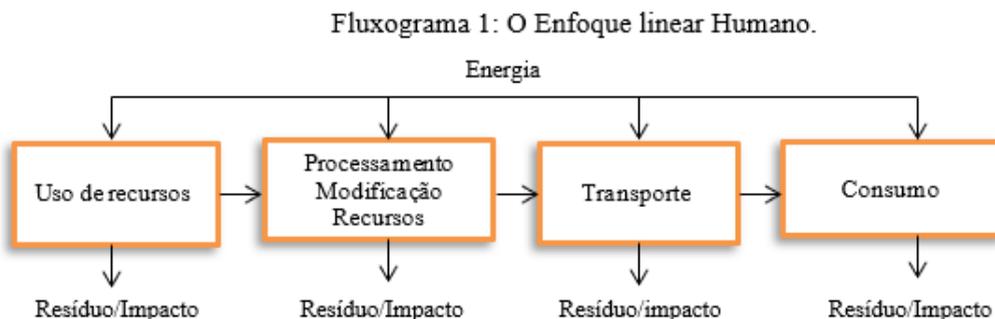
⁶Prof. Dr. IFBA – Campus Santo Amaro/DEPEN, raimisondeassis@gmail.com

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o Brasil passou por várias fases exploratórias distintas. Todas ditadas pelo mercado mundial e pelas suas expectativas. Ao longo de muitas décadas a extração mineral (Pedreiras, lavras e mineradoras), têm se firmado como uma atividade que, além de gerar empregos e ser fonte extra de renda para pequenos proprietários rurais, sobretudo nas localidades onde não há desenvolvimento ou perspectivas de melhoria social, também é uma atividade que causa enormes impactos ambientais, muitos destes irreversíveis. (MACHADO, 2012)

É evidente que não se tem como parar a exploração mineral, pois seus produtos são de grande valia para a sociedade. Deve-se explorá-los com responsabilidade e sustentabilidade, procurando evitar a degradação do meio ambiente, ou pelo menos reduzir ao máximo estes impactos. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, com melhor aproveitamento dos recursos minerais, além de uma melhor conscientização do empreendedor; garantindo um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Segundo Braga *et al.* (2005), o modelo atual de desenvolvimento segue o enfoque linear humano, conforme mostra a Figura 01.



Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2005).

Figura 01: Fluxograma do Enfoque Linear Humano.

Realização

Apoio

Nesse modelo o crescimento populacional contínuo observado é incompatível com um ambiente finito, em que os recursos e a capacidade de absorção e reciclagem de resíduos são limitados.

Evidentemente o modelo com enfoque linear humano vem sendo revisto para que, com conhecimento científico e uma tomada de decisão coerente com a realidade ambiental atual, possa-se adotar a concepção de um novo modelo – Modelo de Desenvolvimento Sustentável; funcionando como um sistema fechado, conforme mostra a Figura 02. (BRAGA *et al*, 2005)

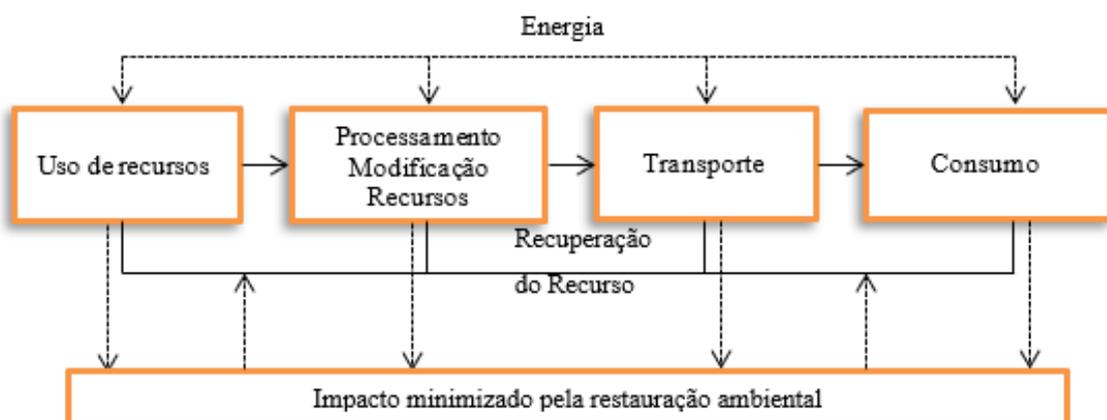


Figura 02: Modelo de desenvolvimento Sustentável Humano.

A questão da reciclagem dos rejeitos e a sua possível utilização, bem como a questão ambiental global como um todo passou a ser um fator decisivo de tomada de decisão. Por outro lado, a cerâmica, a nível mundial, teve forte desenvolvimento tecnológico nos últimos 30 anos, onde o avanço dos materiais especiais, da tecnologia de combustão, da decoração, dos esmaltes, e, em especial do conhecimento da ciência dos materiais, permitiu, através da combinação desses diferentes conhecimentos, o forte desenvolvimento da tecnologia e conseqüente incremento da produção dos materiais cerâmicos, oferecendo ao mercado produtos com melhores características, produzidos por uma tecnologia limpa. (MACHADO, 2012)

A colagem de barbotina é uma técnica de conformação fluida de materiais, envolvendo uma suspensão de matérias primas na forma de pó em um meio líquido,

geralmente água, e um molde poroso, normalmente de gesso; possuindo poros com tamanho médio menor do que o das partículas de pó cerâmico. (CATAFESTA *et al.*, 2007)

Na produção de barbotina uma das principais etapas é a seleção das matérias primas, são geralmente encontradas em depósitos espalhados na crosta terrestre. Após a mineração, devem desagregados ou moídos e classificados de acordo com a granulometria para, em seguida, dar-se o início do processo de fabricação propriamente dito da barbotina. Estas matérias primas devem apresentar um equilíbrio entre materiais plásticos e não plásticos a ponto de proporcionar à massa características adequadas, tanto para a fase de colagem, quanto para a queima das peças. (CERQUEIRA *et al.*, 2019)

Na técnica de colagem de barbotina é necessário o desenvolvimento de uma formulação (pó cerâmico + aditivos de moldagem) adequada, de acordo com as características de cada pó cerâmico. Devido à baixa viscosidade da suspensão cerâmica, é possível a obtenção de corpos cerâmicos com geometrias complexas e alto grau de detalhamento. Embora o custo envolvido na conformação fluida de materiais cerâmicos seja relativamente baixo, deve-se lembrar que há um considerável gasto energético para remover a grande quantidade de líquido presente na suspensão, como por exemplo, na colagem de folhas (“tape casting”). A grande quantidade de líquido a ser eliminada dificulta também, em certos processos, um controle dimensional preciso da peça, o que depende, em grande parte, da distribuição de tamanho de partícula e da área superficial do pó. (ORTEGA, 2021)

Neste contexto, a proposta deste trabalho foi utilizar o resíduo mineral da exploração de scheelita em substituição ao quartzo na formulação de barbotina para produção de peças cerâmicas.

METODOLOGIA

A primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho foi a aquisição *in locu* da

Realização



Apoio





argila da região de Jacobina – Ba (argila de queima clara da cidade de Miguel Calmon – Ba). O resíduo de scheelita foi obtido da Mina Brejuí (Currais Novos-RN), adquirido previamente; além de materiais cerâmicos cedidos pela empresa ARMIL – LTDA, localizada no município de Parelhas – RN (albita, calcita, dolomita, feldspato); sendo a argila e o resíduo mineral caracterizado via Fluorescência e Difração de Raios X.

Na etapa seguinte foi feito a formulação da barbotina, em conformidade com os materiais utilizados. Posteriormente foram confeccionados os moldes de gesso na proporção de 3:2 em peso de gesso/água.

A etapa final foi a produção das peças cerâmicas pela técnica de colagem, seguida da etapa de secagem, acabamento e queima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

Neste projeto foi utilizada a argila do município de Miguel Calmon – BA, utilizada rotineiramente por artesãos dessa cidade. Ela apresenta $9 <IP > 15$, sendo considerada medianamente plástica.

A argila passou pelo processo de cominuição mecânica, realizada no moinho de bolas, seguido pela etapa de peneiramento; sendo utilizado material particulado com granulometria passante na peneira de 200 mesh. O Quadro 01 mostra o resultado de fluorescência de raios – X realizado na argila.

ÓXIDOS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO ₃	MgO	Outros
%	56,14	32,33	1,76	6,41	0,96	0,38	0,22	1,40	0,33

Quadro 01: Análise semi-quantitativa da argila de Miguel Calmon – BA – FRX.

O principal óxido presente nas argilas é o SiO₂, na forma de sílica, com teor de 56,14% e 54,72%, o que indica a presença de silicatos da família dos argilominerais,

Realização

Apoio

micas e feldspatos; além de sílica livre na forma de quartzo, o que proporcionara na massa uma redução na plasticidade das argilas.

O segundo óxido mais abundante é o Al_2O_3 com 32,33% e 29,18%, geralmente combinado formando os argilominerais. O feldspato potássico – K_2O , com teor de 1,76%, é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando queimado entre 950° e 1000°C . O óxido de ferro – Fe_2O_3 possui teor de 6,41%, propiciando na massa cerâmica formada uma cor alaranjada, intensificando-se com o aumento progressivo na temperatura de queima. O teor de 1,40% de MgO está associado com a presença de dolomita.

A Figura 03 mostra o difratograma da argila de Miguel Calmon – BA utilizada neste trabalho.

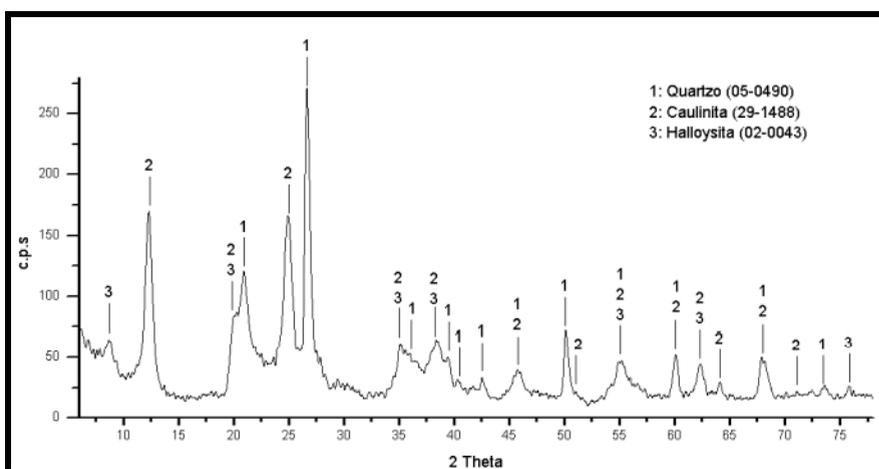


Figura 03: Difratograma da argila de Miguel Calmon-BA.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO_2), caulinita $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por fluorescência de raios-X. A haloisita presente indica a presença de dolomita.

O resíduo de scheelita foi obtido na Mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos – RN, sendo adquirido quando da visita no ano de 2019. Na região da mina existiam dois tipos de resíduos sólidos de scheelita de granulometria fina, lançados a céu aberto. Os dois resíduos foram analisados e apresentaram praticamente os mesmos constituintes. A Figura 04 mostra foto desses resíduos e o Quadro 02 a análise por

Realização

Apoio

fluorescência realizada.



Figura 04: Pilhas de resíduo de scheelita: a) Resíduos rochosos e b) resíduos finos.

ÓXIDOS	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	MnO	TiO ₂	SrO	Outros
%	41,34	19,05	13,39	4,46	4,27	0,64	0,37	0,16	0,12	16,20

Quadro 02: Análise semi-quantitativa do resíduo de scheelita - FRX.

No resíduo de scheelita o principal óxido presente é o óxido de cálcio, com 41,34%, sendo considerado como um fundente; tendendo a diminuir a refratariedade das peças, indicando a presença de calcita, dolomita e massas calcárias.

A sílica presente com 19,05%, seguida de óxido de alumínio – Al₂O₃, com 13,39%, constituem os argilominerais. O óxido de ferro – Fe₂O₃ encontra-se num percentual de 4,46%, contribuindo na coloração alaranjada das peças após a queima. Além disso, propicia a redução na plasticidade, retração e facilitando a secagem.

A Figura 05 mostra o difratograma de raios-X realizado no resíduo de scheelita.

No difratograma percebe-se a presença dos minerais calcita (CaCO₃), quartzo (SiO₂), diopísídio [CaMg(SiO₃)₂], associada a calcita, e Flogopita [KMg₃(Si₃Al)O₁₀F₂], mineral da c lasse dos silicatos e do grupo das micas; estando em conformidade com o FRX realizado.

Realização

Apoio

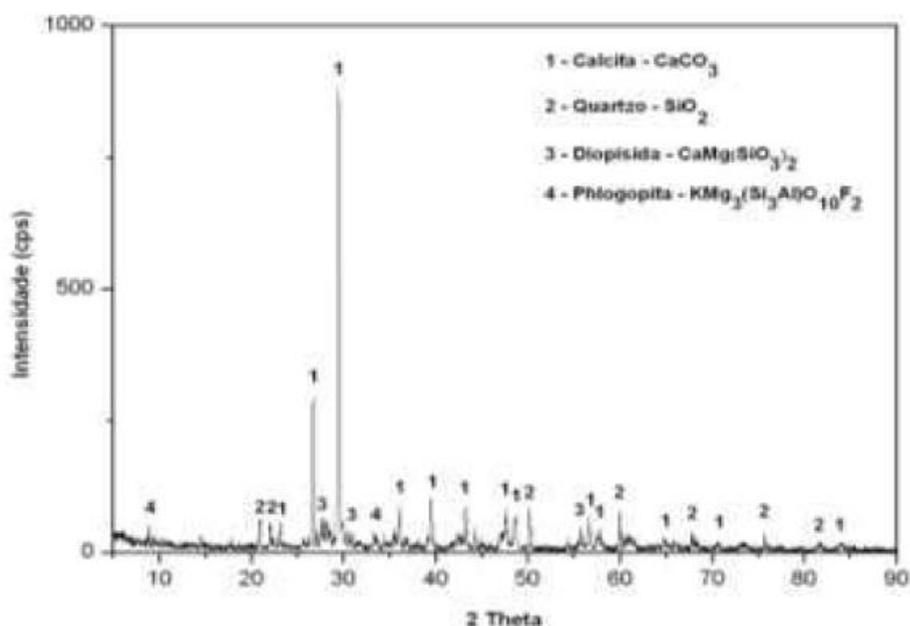


Figura 05: DRX realizado no resíduo de scheelita.

Formulação da Barbotina

O Quadro 03 mostra a formulação das barbotinas utilizadas neste trabalho.

MATÉRIAS PRIMAS	BARBOTINA 1	BARBOTINA 2
Argila de Miguel Calmon - BA	30%	10%
Caulim	10%	10%
Resíduo de Scheelita	20%	20%
Quartzo	10%	10%
Dolomita	10%	10%
Albita	20%	30%
Silicato de sódio	0,5%	0,5%

Quadro 03: Formulação das barbotinas.

A água é utilizada como meio aquoso, entrando na formulação com peso em massa de 40%, embora esse percentual possa variar dependendo do tipo de argila utilizada. O silicato de sódio é utilizado como defloculante, evitando-se a aglomeração e a decantação do material sólido particulado. A fluidez deve ser garantida sempre, independentemente da argila utilizada.

Realização

Apoio



Preparação dos moldes de gesso

A Figura 06 mostra as etapas de preparação dos moldes de gesso utilizados na confecção das peças cerâmicas pela técnica de colagem de barbotina.

	<p>Colocação dos modelos nas formas de PVC e/ou madeira para confecção dos moldes de gesso.</p> <p>Deve-se pincelar nas peças que servem como modelo vaselina, silicone ou sabão líquido de coco, facilitando a desmoldagem.</p>
	<p>Vazamento do gesso sobre os moldes.</p>

Realização

Apoio



Figura 06: Confecção dos moldes de gesso.

Confecção das peças cerâmicas pela colagem de barbotina

A Figura 07 mostra as etapas de confecção das peças cerâmicas.



Realização

Apoio



	<p>Peças desmoldadas e secas.</p>
	<p>Peças após acabamento, prontas para etapa de queima.</p>

Figura 07: Etapas de produção das peças cerâmicas - vasos.

Queima das peças cerâmicas produzidas

A Figura 08 mostra as peças cerâmicas produzidas sendo dado acabamento e seguindo para a etapa de queima.

	<p>Peças sendo colocadas no forno tipo mufla para a etapa de queima a 850°C, durante 1 hora.</p>
--	--

Realização

Apoio

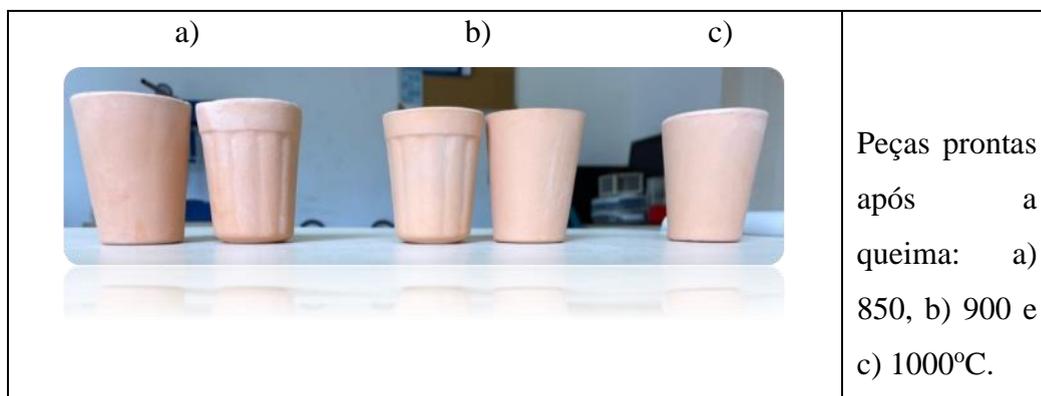


Figura 08: Peças cerâmicas queimadas.

Após a queima as peças foram esmaltadas com esmalte de baixa temperatura e queimados novamente numa temperatura de 980°C, durante 2 h, com taxa de aquecimento de 5°C/min, num forno tipo mufla. A Figura 09 mostra essas peças.



Figura 09: Peças cerâmicas esmaltadas e queimadas a 980°C.

CONCLUSÕES

As peças produzidas por colagem de barbotina utilizando o resíduo mineral da exploração de scheelita, em substituição à calcita, apresentaram resultados satisfatórios. Os percentuais adotados na formulação não interferiram na fluidez e as peças finais apresentaram excelente resultado de cor e textura.

Realização
 Realização

Apoio
 Apoio



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Processamento Mineral – Campus/Natal Central pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a DIPEQ/CNAT/IFRN pelo aporte financeiro na forma de bolsa de pesquisa e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M do IFRN/Campus Natal Central.

REFERÊNCIAS

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável.** Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2a Edição, 2005.

CATAFESTA, J.; ANDREOLA, R.; PEROTTONI, C. A.. **Colagem de Barbotina de Aluminas Submicrométricas Comerciais.** Revista Cerâmica 53, pp. 29-34. 2007.

CERQUEIRA, G. A. *et al.*. **Utilização de Argilas Coloridas na Produção de Peças Cerâmicas via Colagem de Barbotina.** 63º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Bonito-MS, 2019.

MACHADO, T. G.. **Estudo da produção de compósitos cerâmicos utilizando resíduos de rejeito de scheelita: formulação, propriedades físicas e microestrutura.** Tese de Doutorado, 2012. UFRN – PPGCEM.

ORTEGA, F. S.. **Processamento de Materiais Cerâmicos – Conformação Fluida de Materiais Cerâmicos.** Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1942359/mod_resource/content/1/apost%208%20-%20conforma%C3%A7%C3%A3o%20fluida.pdf. Acesso em: 30/05/2021.

Realização



Apoio

