

UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA EXTRAÇÃO DE GEMAS NO APL DE GEMAS, JÓIAS E ARTEFATOS DE PEDRA DE TEÓFILO OTONI

Silva, E. C. (1,2); Lameiras, F. S. (1)

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627, Campus da UFMG -
Pampulha - CEP 31270-901 - Belo Horizonte/MG

fsl@cdtn.br

(1) CDTN; (2) Fapemig

RESUMO

A região do Arranjo Produtivo Local – APL de Gemas, Jóias e Artefatos de Pedra de Teófilo Otoni , localizada no nordeste de Minas Gerais, é considerada uma das maiores províncias gemológicas do mundo . A extração de gemas gera uma grande quantidade de resíduos, como o feldspato, que pode chegar a 70% do volume processado. Muitos resíduos dos minerais-gema, como lascas de martelamento, cascalhos de quartzo, berilos, turmalinas e outros minerais podem se tornar um material precioso para a elaboração de padrões estéticos de placas cerâmicas ou de pedra composta. Descrevem-se as principais ocorrências de resíduos da extração de gemas na região do APL, a sua caracterização e são analisadas possibilidades para o emprego na indústria cerâmica e correlatas.

Palavras-chave: arranjo produtivo local, minerais-gemas, resíduos

INTRODUÇÃO

O Arranjo Produtivo Local (APL) de Gemas, Jóias e Artefatos de Pedra de Teófilo Otoni é um dos 957 APLs do Levantamento Institucional de APLs realizado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (1). Ele abrange 22 municípios nas microrregiões de Teófilo Otoni e Araçuaí, localizados numa área de 23.290 km² na região nordeste do Estado de Minas Gerais. A população nessa área é de 435.565 (censo de 2.007), com um PIB de R\$ 1,75 bilhões. O PIB per capita conforme o Censo de 2.006 é R\$ 4.013,00 (um terço do PIB per capita brasileiro). Portanto, o APL está localizado numa das áreas mais pobres do País.

A caracterização geológica da região está descrita nos relatórios do Projeto Espinhaço e do Projeto Leste (2,3). Os recursos minerais correspondem principalmente a gemas, minerais e rochas industriais. Identificam-se 473 pontos de extração de gemas coradas na região do Projeto Espinhaço, que abrange uma área maior que a do APL. Dados específicos da área do APL ainda estão sendo levantados. Atualmente, o maior volume de minerais-gema extraídos demanda beneficiamento para desenvolvimento ou melhoria da cor, principalmente gemas do grupo dos quartzos e dos berilos.

A quase totalidade dos pegmatitos em Minas Gerais e na região do APL são explorados visando a produção de minerais-gema, sem considerar outros minerais de valor econômico, normalmente associados a esses. São exemplos o berilo, o feldspato, as micas (principalmente a vermiculita), a cassiterita, a columbita-tantalita, os minerais de lítio e outros. Apesar de toda a potencialidade mineral, são raros os casos em que a exploração dos pegmatitos gera subprodutos. Exceção é feita a algumas produções localizadas de feldspato. O resultado final dessa visão pouco sistêmica em relação ao corpo mineral é a geração de enormes volumes de resíduos, ricos em bens minerais com

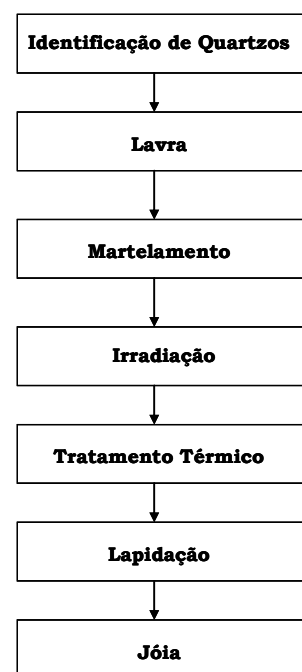


FIG.1 – Etapas da cadeia produtiva de gemas

substancial potencial para agregação de valor. Além disso, a exploração dos pegmatitos visando apenas a produção de gemas não atrai para a região setores industriais potenciais usuários dos minerais associados às gemas, como, por exemplo, a indústria cerâmica, grande consumidora de feldspato (4).

Neste trabalho é apresentada uma descrição da situação da cadeia produtiva de gemas na região do APL e são feitas considerações sobre as possibilidades de aproveitamento dos resíduos, de tal forma que ele possa se integrar à cadeia produtiva e contribuir para a sua sustentabilidade econômica. Essas possibilidades estão sendo pesquisadas em escala de laboratório ou piloto pelo Grupo de Pesquisa dos autores. Alguns resultados parciais são apresentados.

Cadeia produtiva de gemas e jóias

A cadeia produtiva do setor de gemas e jóias é bastante complexa. Ela é executada há muito tempo na região do APL. Por esse motivo, ela se encontra arraigada na cultura local, com envolvimento de boa parte da população. Associado ao baixo índice de desenvolvimento humano na região, isso resulta numa situação de acentuada informalidade das práticas produtivas e comerciais. Os produtos são exportados da região do APL com baixo valor agregado e contribuem muito pouco em relação ao seu potencial para o desenvolvimento regional. As ações na região devem levar em conta esse quadro, que se reveste de cuidados nas áreas social, ambiental e econômica.

As etapas da cadeia produtiva estão apresentadas na Figura 1. Dependendo da pedra corada, algumas dessas etapas podem não existir. Ela se inicia com a identificação da ocorrência dos minerais-gema. Uma vez avaliado o potencial de exploração da ocorrência, é executada a lavra da ocorrência. O nosso Grupo de Pesquisa desenvolveu uma técnica que permite a avaliação do potencial de desenvolvimento de cor em quartzos incolores, que tem sido muito utilizada para a avaliação da viabilidade de exploração de ocorrências de quartzo (5,6). Boas práticas de lavra são necessárias para otimização do trabalho e redução da geração de resíduos. O martelamento é a etapa onde se separam as partes da pedra sem

defeitos visuais e que são mais adequadas para a lapidação. A irradiação das pedras marteladas é feita em irradiadores gama (no Brasil) ou com feixe de elétrons (fora do Brasil ou no Brasil, a partir de março de 2008). As pedras são expostas à radiação por um determinado tempo para adquirirem ou intensificarem as suas cores. Depois elas passam por um aquecimento ou exposição a raios ultravioleta para desenvolvimento de outras cores. As pedras coradas são então submetidas à lapidação, para então serem enviadas para a confecção de jóias. A última etapa dessa cadeia é o marketing.

Em geral, a execução das etapas dessa cadeia produtiva é feita por atores diferentes. Isso requer especial atenção para a padronização dos processos produtivos dentro dos preceitos usuais da garantia da qualidade, executados por todos os atores. É necessário o estabelecimento de um conjunto de ações de gestão empresarial para a harmonização de atividades, de tal forma a garantir uma interação sinérgica entre todos os atores.

Entretanto, a atual realidade da extração de gemas se caracteriza por garimpos informais, com práticas inadequadas de lavras, com geração de resíduos e significativos impactos ambientais.

Principais minerais-gema na região do APL

O quadro 1 apresenta as principais ocorrências de minerais-gema na região do APL (7-10).

Quadro 1 – Principais ocorrência de minerais-gema na região do APL de Teófilo Otoni

Município	Minerais
Araçuaí	turmalina preta, azul, bicolor e incolor, caulim, feldspato industrial, microclina pertítica branca, creme e rosa, albita, quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, quartzo rosa, citrino, quartzo enfumaçado, muscovita, mica roxa, berilos, fosfatos, granadas, espodumênios, cassiterita, tantalita-columbita, autunita
Ataléia	muscovita, feldspato, quartzo rosa, cristais de quartzo, granada vermelha, cordierita azulada a negra, biotita, topázio azul, água-marinha e crisoberilo
Carai	microclina, quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, biotita, muscovita, variedades de berilo, topázio, turmalina, água-marinha, topázios (incolor, amarelo e azul), quartzo (incolor, mórion, enfumaçado e citrino), crisoberilo (olho de gato), alexandrita, mica e feldspato
Catuji	topázio azul, água-marinha e crisoberilo
Itaipé	quartzo, feldspato, granada vermelha e cordierita azulada a negra
Itinga	quartzo, feldspato potássio, muscovita, turmalina preta, granada vermelha, biotita, berilo e apatita
Novo Cruzeiro	quartzo, feldspato, granada vermelha, cordierita azulada a negra e biotita
Novo Oriente de Minas	topázio azul, água-marina e crisoberilo
Ouro Verde de Minas	quartzo diorito fino
Padre Paraíso	topázio azul, água-marinha, crisoberilo, quartzo, feldspato, granada vermelha, cordierita azulada a negra e biotita
Pavão	quartzo, feldspato, granada vermelha, cordierita azulada a negra e biotita
Poté	água-marina
Setubinha	crisoberilo e alexandrita
Teófilo Otoni	muscovita, titanita, zircão, apatita, granada, quartzo e epidoto

Principais resíduos da extração de gemas

Os resíduos da extração de gemas são significativos, tal como o feldspato nos pegmatitos, que pode chegar até a 70% do volume processado. Já houve sugestões

para aproveitamento dos minerais pegmatíticos pela indústria cerâmica. Há inclusive microempresas da região que procuram vender esse material para esse setor. Porém, nós não acreditamos que essa seja a melhor solução para o seu aproveitamento. Se exportados para os centros consumidores no Brasil, os minerais pegmatíticos têm que sair da região com um preço muito baixo por causa do custo do transporte. Por outro lado, se for adotada a estratégia de implantação de indústrias cerâmicas na região, seriam necessários grandes investimentos em infraestrutura energética. Essa estratégia também coloca em risco a já devastada vegetação da região para fornecimento de carvão vegetal para a indústria cerâmica. Quem viaja pelo Vale do Médio Jequitinhonha, em visível processo de desertificação, dificilmente imagina que a região já foi ocupada pela Mata Atlântica, que foi queimada durante os séculos XIX e XX para dar lugar à criação de gado.

Vários minerais pegmatíticos, como o feldspato e a muscovita são fonte de potássio (com teores em torno de 10% em peso). Ora, a dependência do Brasil do fornecimento externo de potássio é uma séria fragilidade estratégica da nossa pujante agricultura. Atualmente somente 10% do potássio para a agricultura é produzido no País e a nossa única mina não terá uma sobrevida muito longa. É necessário que fontes alternativas de potássio sejam desenvolvidas. Uma possibilidade interessante é investigar maneiras de tornar o potássio existente nos resíduos da extração de gemas disponível para as plantas. Há um projeto em execução no nosso Grupo de Pesquisa cujo objetivo é investigar essa possibilidade com o emprego de moagem de alta intensidade para diminuir o tamanho das partículas desses minerais para granulometrias menores que 1 μm , assim tornando o potássio mais próximo da superfície das partículas, e da irradiação, para liberar o potássio que tem a função de atuar como compensador de carga do alumínio presente em substituição ao silício nos minerais pegmatíticos.

Por outro lado, as partes não aproveitadas para a indústria de gemas, como as lascas do martelamento, os cascalhos de quartzo, de água marinha e outros berilos, das turmalinas e muitos outros minerais-gemas, podem se tornar matéria prima para obtenção de pedras compostas, como exposto adiante. A confecção de artefatos de pedra é uma atividade estabelecida na Região do APL. Porém, ela pode explorar melhor os resíduos da extração de gemas. É importante que os resíduos sejam vistos como co-produtos.

Pedra Composta

Nós estamos empenhados em divulgar e introduzir na região a utilização dos subprodutos da extração de gemas para a produção de pedra composta (11), que é um compósito feito de partículas minerais provenientes dos pegmatitos e resina de poliestireno. As partes dos minerais-gema não aproveitadas pela indústria de jóias poderiam servir para elaboração dos padrões estéticos da pedra composta. Esse é um produto de alto valor agregado, semelhante ao mármore e ao granito naturais, porém com vantagens funcionais, porque não possui poros e tem alta resistência à tração e à flexão. Além disso, ele aproveita melhor as reservas de minerais, causando menor impacto ambiental, e pode ser reproduzido a qualquer tempo, porque se controlam os padrões estéticos. Essa última característica é uma grande vantagem em relação às pedras naturais. Nós estamos desenvolvendo um projeto em parceria com a empresa Pentágono Industrial Exportadora Ltda., que atua no setor de gemas brutas, com apoio do CNPq e da Fapemig.

Um exemplo típico de aplicação é a placa de pavimentação para ambiente externo, mostrada na Figura 2. Esse é um produto muito apreciado na



Europa. A decoração (granulado mais claro na

FIG.2 – Placa cerâmica decorada com mineral claro, para pavimentação de ambiente externo.

Figura) poderia ser feita com o cascalho de gemas, dando um enorme diferencial ao produto. As pedras compostas, feitas com agregados silícicos e calcáreos e resina de poliéster, poderiam igualmente ser decoradas com esses cascalhos. Empresas italianas (a Stone Italiana e a própria Breton, detentora de tecnologia para fabricação de pedra composta) já fizeram testes técnicos e de mercado com a utilização desses cascalhos com resultados positivos. Entretanto, a sua utilização demanda um beneficiamento para controle das granulometrias, o que as unidades produtivas locais ainda não têm condição de alcançar.

Uso industrial da turmalina preta

A turmalina é utilizada desde a antiguidade como gema. Há muito tempo se conhecem as suas propriedades piroelétricas e piezoelétricas. Na última década tem aumentado o interesse industrial pelo pó de turmalina. Observa-se um crescente número de pedidos de patente para várias aplicações, principalmente nos Países do Extremo Oriente, onde produtos fabricados com pó de turmalina podem ser cada vez mais encontrados. Cosméticos, tecidos, purificadores de ar e de água, tintas anti-incrustantes, argamassas para construção civil e ativadores de germinação de sementes estão entre esses produtos. Porém, ainda há poucos trabalhos científicos que fundamentam essas aplicações. Somente nos dois últimos anos passaram a figurar na Web of Science um maior número de trabalhos sobre esse assunto (na sua maioria, trabalhos realizados na China) (12-24).

O Brasil e em especial a região do APL possui reservas desse mineral, conhecido como turmalina preta ou escória de turmalina, em particular na Região Nordeste, que não encontrava utilizações industriais, da série schorlita-dravita. Tem havido exportações desse mineral para Países do Extremo Oriente, que já compõem o portfólio de produtos de pelo menos duas empresas especializadas em Governador Valadares – MG.

Atualmente a turmalina é vendida em seu estado natural ou moída até granulometrias de 200 Mesh a 400 Mesh. Ela é exportada a US\$ 1.30 por quilo. O pó de turmalina é vendido no mercado internacional, após moagem até finas granulometrias, a preços que variam entre US\$ 15.00 e US\$ 45.00 por quilo. O pó mais caro tem granulometria submicrométrica.

O nosso Grupo de Pesquisa vem executando atividades nesse tema desde 2004. Foi constatado um claro efeito inibidor do crescimento de briófitas da turmalina (25), com potencial emprego no setor de tintas, com atividades em parceria com a Lamil Lage Minérios Ltda. e apoio da Fapemig.

CONCLUSÕES

Os resíduos da cadeia produtiva de gemas possuem potencial para fabricação de produtos de alto valor agregado, que podem atender interesses estratégicos para o Brasil e contribuir para a sustentabilidade do setor de gemas e desenvolvimento

econômico da região do APL de Gemas, Jóias e Artefatos de Pedra de Teófilo Otoni. Identificam-se a obtenção de pedra composta, o uso industrial da turmalina preta e o possível uso de minerais pegmatíticos como fonte de potássio para a agricultura. Entretanto, o esforço de desenvolvimento tecnológico para atingir esses objetivos é significativo e requer um maior envolvimento de empresas e instituições de pesquisa e desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- (1) Levantamento Institucional de APLs – Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=1507> Acesso em 25 de março de 2009.
- (2) PROJETO ESPINHAÇO. Texto e cartografia multimídia. (Reedição 2007). Belo Horizonte-MG. CD-ROM. Produzido por Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais.
- (3) PROJETO LESTE. Província Pegmatítica Oriental. Mapeamento geológico e cadastramento de recursos minerais. 2 ed. (2002). CD-ROM. Produzido pela Companhia Mineradora de Minas Gerais.
- (4) FONSECA, M.A.; SALUM, M.J. G. Plataforma Mineral do Estado de Minas Gerais. **Documento apresentado ao Fundo CT-MINERAL do MCT**. Belo Horizonte, MG, 2003 (ISBN: 85-89923-01-0)
- (5) LAMEIRAS, F. S. ; NUNES, E.H.M.; MELO, V.A.R.; LIZ, O.R. Identificação de quartzos incolores para joalheria. **Rem: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto - MG, v. 59, n. 1, p. 129-133, 2006.

- (6) NUNES, E. H.; MELO, V.; LAMEIRAS, F.; LIZ, O.; PINHEIRO, A.; MACHADO, G.; VASCONCELOS, W. Determination of the potential for extrinsic color development in natural colorless quartz. **American Mineralogist** (in print).
- (7) PEDROSA-SOARES, A.C.; DIAS, P.H.A. Geologia e Recursos Minerais do Município de Araçuaí, Minas Gerais.. In: MELO, M.C. (Org.). **Cartografia Temática**. v. 1, 1 ed. Belo Horizonte, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2005, p. 8-32.
- (8) PEDROSA-SOARES, A. C. ; DIAS, P. H. A. Geologia e Recursos Minerais do Município de Caraí, Minas Gerais.. In: MELO, M.C. (Org.). **Cartografia Temática** v. 2, 1 ed. Belo Horizonte: CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerias, 2005, p. 8-27.
- (9) PEDROSA-SOARES, A.C.; DIAS, P.H.A. Geologia e Recursos Minerais do Município de Itinga, Minas Gerais. In: MELLO M.C. (Org.). **Cartografia Temática**. 1 v, 3 ed. Belo Horizonte: CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerias, 2005, p. 8-30.
- (10) FONSECA, M. A. (Org.); SALUM, M.J. G. (Org.). **Plataforma Mineral do Estado de Minas Gerais. 1 ed.** Belo Horizonte: Rona Editora, 2003.
- (11) TASSONE, P. et. al. Procedure for Fast Curing at High Temperature of Polyester Resins Used as Binding in the Production of Polymer Concrete Slabs. **Research & Development Dept.**, Breton SpA, Italy, Abstract, pp. 351-356, Jul. 1995.
- (12) LIANG, J.S; LI, F.P.; DING, Y.; ZHU, D.B.; WANG, L.J.; LIANG, G.C. XU, G.K. Preparation and characterization of rare earth composite materials radiating far infrared for activating liquefied petroleum gás. **Journal of Rare Earths** 24: 277 – 280, 2006.
- (13) JIANG, K; SUN, T.H.; SUN, L.N.; LI, H.B. Adsorption characteristics of copper, lead, zinc and cadmium ions by tourmaline. **Journal of Environmental Sciences**, China v. 18, n.6, p. 1221 – 1225, 2006.

- (14) MASHKOVTSK, R.I., SMIRNOV, S.Z., SHIGLEY, J.E. The features of the Cu^{2+} - entry into the structure of tourmaline. **Journal of Structural Chemistry** v. 47, n.2: p. 252 – 257, Mar-Apr 2006.
- (15) WANG, Y; YE H J.T.; YUE, T.J.; CHIU, Y.H.; SHEN, X.Y. Influence of tourmaline on negative air ion emitting property of poly(ethylene terephthalate). **Journal of Macromolecular Science Part A – Pure and Applied Chemistry** v. 43, n.11, p. 1749 – 1756, 2006.
- (16) WANG, Y, Yeh JT, Yue TJ, Tao RX, Shen XY. Surface modification of superfine tourmaline powder with titanate coupling agent. **Colloid and Polymer Science** v. 284, n. 12, p. 1465 – 1470, 2006.
- (17) LIANG, J.S.; MENG J.P.; LIANG, G.C.; FENG, Y.W.; DING, Y. Preparation of photocatalytic activity of composite films containing TiO_2 particles and mineral tourmaline powders. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China** v. 16, p. S542 – S546, Part B, Sp. Iss. 1, Jun 2006.
- (18) MENG, J.P.; LIANG, J.S.; LIANG, G.C.; YU, J.M.; PAN, Y.F. Effects of tourmaline on microstructures and photocatalytic activity of $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite powders. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**. v. 16, p. S547 – S550, Part B Sp. Iss. 1, Jun 2006.
- (19) JIN, Z.Z.; WANG, Y.; HUANG, L.R.; WANG, S.W. Photon-ion-catalyzed rare earth functional synergy material. **Journal of Rare Earths**. v. 23, p. 54 – 57 Suppl. S, 2005.
- (20) DING, Y.; ZHU, D.B.; LIANG, J.S.; MENG, J.P.; XU, G.K.; WANG, L.J. Preparation and effect of rare earth composite ceramic materials on reducing exhaust emissions. **Journal of Rare Earths** v. 23, v. 167 – 170 Suppl. S. 2005.
- (21) YE H, J.T.; WEI, W; HSIUNG, H.S. Jiang T. An investigation of negative air ions releasing properties of tourmaline contained polypropylene resins. **Journal of Polymer Engineering**. v. 26 n.1, p. 117 – 132, 2006.
- (22) XIA, M.S.; HU, C.H.; ZHANG, H.M. Effects of tourmaline addition on the dehydrogenase activity of *Rhodopseudomonas palustris*. **Process Biochemistry** v.41, n.1, p. 221 – 225, 2006.

- (23) JI, Z.J.; ZHANG, L.S.; WANG, X.Y.; WANG, J.; WANG, J.M. Polar mineral tourmaline and its effect on the photocatalysis of nano-TiO₂. **Rare Metal Materials and Engineering**. v. 33, p. 305 – 308, 2004.
- (24) LAMEIRAS, F.S.; NUNES, E.H.M.; LEAL, J.M. Backgrounds for the industrial use of black tourmaline based on its crystal structure characteristics. **Ferroelectrics**, v. 377, p. 107-119, 2008.
- (25) LAMEIRAS F.S.; LEAL, J.M.; MELO, V.A.R. Tourmaline particles based additive for paints comprises a moss and lichen growth agent. **Patent number BR20056004-A**, 2005.

USE OF RESIDUE FROM THE EXTRACION OF STONES IN LOCAL PRODUCTIVE
ARRANGEMENT OF STONES, JEWELRY AND ROCK OF TEÓFILO OTONI

ABSTRACT

The region of Local Productive Arrangement – LPA of stones, jewelry, and rock artifacts of Teófilo Otoni, located northeast in Minas Gerais, is considered one of the largest gemological provinces in the world. The extraction of gemstones creates large amounts of residues, such as feldspar, which may reach 70% of the processed volume. Many residues of gem minerals, such as chips from hammering, gravel of quartz, beryl, tourmaline, and other minerals may become a valuable material for the development of aesthetic standards of tiles or composite stones. The main occurrences of residues from the extraction of stones in the LPA are described and the possibilities for employment in the ceramic and related industries are considered.

Keywords: local productive arrangement, residue, gem minerals