

Aproveitamento de Resíduos Oriundos da Lavra de Quartzito Ornamental

Ornamental quartzite waste recycling

Thalissa Pizetta Altoé
Bolsista PCI, Enga. de Minas

Francisco Wilson Hollanda Vidal
Supervisor, Eng. Minas, D. Sc.

Resumo

O Brasil produz e exporta hoje, graças ao avanço da tecnologia de corte com fio diamantado, chapas de diversos tipos de quartzito ornamental. A produção desses quartzitos gera grandes quantidades de resíduos, cujo aproveitamento é um dos grandes desafios do setor de rochas ornamentais. O quartzito é classificado como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo, com potencial de aproveitamento em diversas indústrias. O presente trabalho analisa a possibilidade de uso de resíduos de quartzito ornamental. Trata-se de um material muito fino, com 99,4 % de SiO₂, sendo interessante para aproveitamento em segmentos que utilizam matéria prima com alto teor de sílica. Dentre as utilizações estudadas, a obtenção de sílica vítrea e silício grau metalúrgico são as principais, devido a crescente demanda das indústrias de silício do país. No entanto, ainda devem ser estudadas rotas de purificação para verificar a viabilidade econômica.

Palavras chave: quartzito ornamental, silício, purificação.

Abstract

Brazil produces and exports, nowadays, thanks to the development of the diamond wire cutting technology, quartzite slabs. However, quartzites' production generates high amounts of wastes, whose recycling constitutes a major challenge to the dimension stones industry. Quartzite is a metamorphic rock, composed almost entirely of quartz grains, used in several industries. In this work, a quartzite sawing waste was characterized aiming to find valued possible uses. The residue is a very fine material and presents in its composition 99.4% of SiO₂, which becomes interesting for utilization in segments that use raw material with high silica content. Among the studied uses, the production of vitreous silica and metallurgical grade silicon are the main ones, due to the increasing demand of the silicon industries of the country. However, for future work it is recommended to carry out studies for the best purifying route and the economic viability of uses proposed.

Key words: quartzite, silicon, purifying.

1. Introdução

O quartzito é classificado como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo.

Os quartzitos com alto grau de recristalização e granulação predominantemente fina, quando constituídos essencialmente por quartzo, mostram textura granoblástica e podem apresentar propriedades típicas dos chamados granitos comerciais apresentando um alto valor comercial. Segundo dados fornecidos pela ABIROCHAS, no ano de 2016 o quartzito teve participação de 2,8 % no faturamento das exportações brasileiras o que representa 46,7 % do volume de rocha exportado.

Em contrapartida, a produção de quartzito ornamental gera grandes quantidades de resíduo. As jazidas possuem baixo aproveitamento, inferior a 15% na nossa estimativa, enquanto que no beneficiamento primário, 26% dos blocos serrados são transformados em resíduo fino. Ambos os tipos de resíduo, em alguns casos, chegam a apresentar mais de 95 % de teor de quartzo, o que torna de grande interesse o desenvolvimento de tecnologias para o seu aproveitamento que pode ser em utilizações nobres, em indústrias que necessitam de matéria prima com alto teor de sílica.

2. Objetivos

Realizar estudos para o aproveitamento dos resíduos oriundos da produção de quartzito ornamental.

Os objetivos específicos são:

- Levantamento - bibliográfico acerca do aproveitamento dos resíduos da produção de quartzito e utilização de quartzito em diversas indústrias;
- coleta e caracterização do resíduo; e
- análise de possíveis aplicações.

3. Material e Métodos

Foi realizada, no período de execução do projeto, a revisão bibliográfica acerca dos trabalhos sobre utilização e possibilidades de purificação do resíduo proveniente das lavras de quartzito ornamental. Foram consultados trabalhos desde a utilização de resíduos para cerâmica (RIBEIRO, 2012; SOUZA e COSTA, 2015, NÓBREGA *et al.*, 2015) e vidros (MARÇAL, 2011; BABISK, 2009) que utilizam matéria prima com teor de sílica entre 80-83% até utilização como fonte de sílica com teores acima de 99,99% para a produção de sílica vítrea (SILVA *et al.* 2016; GUERRA, 2013) e silício grau metalúrgico (SOARES *et al.*, 2015; CID *et al.* 2014; DIAS *et al.*, 2014).

3.1. Coleta do Resíduo

Para a realização deste trabalho e, ante a dificuldade de se coletar resíduos da lavra de quartzito ornamental, devido à grande distância desta (interior da Bahia), foi utilizado resíduo da serragem de quartzito realizada em Cachoeiro de Itapemirim. A serragem dos blocos de quartzitos ornamentais é realizada exclusivamente em teares de fio diamantado, mesma tecnologia utilizada na sua extração nas pedreiras, motivo pelo qual o material aqui analisado é representativo também do resíduo gerado na lavra. Foram coletadas amostras de quartzito serrado em tear multifio (Figura 1), para que pudessem ser analisadas as suas propriedades.

O resíduo coletado foi encaminhado para o NRES onde passou por um processo de decantação e retirada do excesso de água até o ponto de secagem em estufa. Após secagem, a amostra foi destorroada, peneirada em tela de 2,0 mm (10 *mesh*), homogêinizada e quarteada para retirada de alíquotas necessárias para a realização das análises.



Figura 1. Coleta de resíduo.

3.2. Caracterização do resíduo

Foram realizadas: análise mineralógica por difração de raios X (DRX) no equipamento Bruker-D8 Endeavor; análise química por fluorescência de raios X (FRX) no Espectrômetro por fluorescência de raio-X - (WDS-2), modelo AXIOS (Panalytical); determinação da densidade real por picnometria; e determinação da distribuição granulométrica no Granulômetro a Laser marca Malvern Instruments, modelo Mastersize 2000.

4. Resultados e Discussão

Nos resultados de FRX apresentados na Tabela 1, o resíduo proveniente da etapa de beneficiamento primário apresenta em sua composição 99,4 % de SiO₂, que corrobora o resultado de DRX, onde o mineral encontrado em predominância na amostra foi quartzo, como mostrado na Figura 2.

Tabela 1. Resultados da análise do resíduo do beneficiamento primário do quartzito.

Protocolo NRES	Controle Interno	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	BaO	PPC*
439	FRX-423	<0,1	<0,1	<0,1	99,4	ND	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	ND	0,22

Quanto a análise granulométrica, nos resultados apresentados na Figura 3, observa-se que 90% do material apresenta granulometria menor que 0,075 mm. Pode se esperar uma distribuição granulométrica semelhante nos resíduos do corte dos blocos na lavra, pois é realizado também com fio diamantado. No entanto, isso deve ser verificado. Porém, a maior parte dos resíduos da lavra são constituídos por pedaços de rocha e, para seu possível aproveitamento industrial, precisariam de etapas de cominuição.

O ensaio de determinação da densidade real pelo método da picnometria resultou em uma densidade de 2,609 g/cm³.

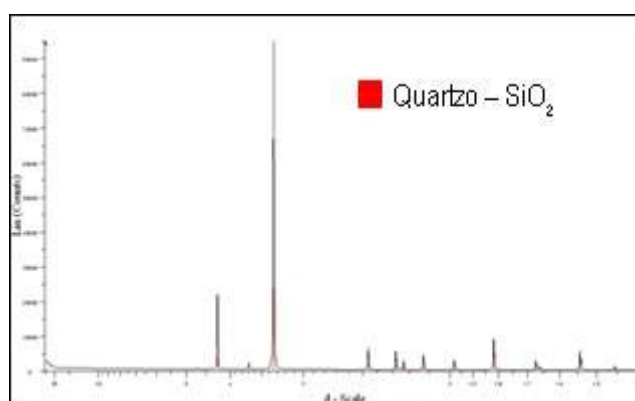


Figura 2. Resultados da análise de DRX.

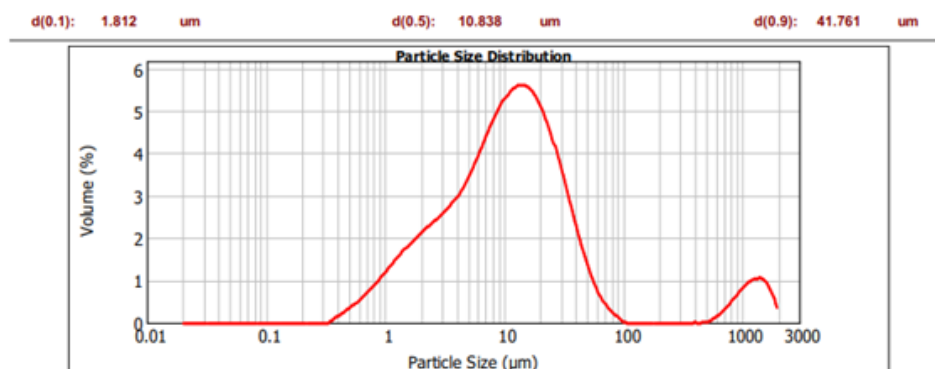


Figura 3. Resultados da distribuição granulométrica.

4.1. Possibilidades de uso

A partir das análises realizadas e do estudo bibliográfico, observa-se que pode ser diretamente utilizado na indústria da construção civil para a produção de pisos de alto desempenho e outras misturas que requeiram resistência, assim como em cerâmica, abrasivos e siderurgia. No entanto, o quartzito usado nessas indústrias é um insumo barato e, em função da distância das indústrias às jazidas e às serrarias, esse uso pode ser inviável economicamente. Assim, pré-selecionaram-se aqui algumas possibilidades de aproveitamento industrial mais valorizado desse resíduo que deverão ser estudadas quanto à viabilidade técnica e econômica.

4.1.1. Silício

Segundo Argonz (2001) o silício, de acordo com seu grau de pureza pode ser classificado como:

- Silício grau eletrônico (SiGE): empregado na produção de microchips, com 99,9999999 % SiO₂.
- Silício grau solar (SiGS): destinado a produção de células solares para a produção de energia elétrica, com 99,999 – 99,9999% de SiO₂.
- Silício grau químico (SiGQ): é matéria prima para a produção de silanos, família dos sillicones.
- Silício grau metalúrgico (SiGM): é obtido do quartzo, quartzitos ou areias silicosas adicionando redutores como coque metalúrgico, carvão vegetal além de lascas de madeira em fornos de arco elétrico, a partir do seu refino por processos químicos da origem ao SiGE, SiGS e SiGQ, com 98 – 99,5% de SiO₂. O termo silício grau metalúrgico é usado em referência ao seu emprego na indústria. A pureza das matérias-primas é importante para a qualidade final do SiGM (Ceccaroli, 2011 *apud* Péricles 2013). Na Tabela 2 estão relacionadas as impurezas mais comuns contidas no produto final.

Tabela 2. Principais impurezas do SiGM expressas em ppm (Fonte: CECCAROLI, 2011 *apud* PÉRICLES, 2013).

O	Fe	Al	Ca	C	Mg	Ti	Mn	V	B	P	Cu	Cr	Ni	Zr	Mo
5000	25000	5000	2000	1500	200	1000	300	300	70	100	100	150	100	300	10

O interesse pela produção de energia associada ao desenvolvimento sustentável torna-se mais intenso a cada ano. Neste sentido, o uso da energia solar, como fonte alternativa, avança de forma progressiva, estimulado pelas características favoráveis de ser uma energia limpa e abundante (SOARES, 2012).

O silício precisa ter um alto índice de pureza para produção de células fotovoltaicas e, para chegar a tal ponto é feita a purificação do silício, de diversas maneiras. No Brasil, ainda não existe purificação de silício de grau solar em nível comercial, apesar de ter umas maiores reservas mundiais de quartzo. Grupos de pesquisas em universidades e algumas empresas estão desenvolvendo em nível laboratorial o processo de purificação por via química e metalúrgica, a segunda envolvendo um menor consumo de energia e já com resultados positivos (ABINEE, 2012).

Os resultados obtidos com os resíduos do quartzito ornamental, indicam que poderia ser utilizado para a obtenção de silício, devendo-se ainda avaliar a viabilidade técnico-econômica de sua purificação para seu uso.

4.1.2. Purificação do quartzo/quartzito

Trabalhos realizados por Soares *et al.* (2015), Cid *et al.* (2014), Dias *et al.* (2014), descrevem as etapas a purificação de amostras de quartzo para obtenção de silício grau metalúrgico (SiGM) com alta pureza.

Pode ser realizada mediante processos de moagem seguidos por calcinação, *quenching* e em alguns casos obtendo ótimos resultados de purificação com a realização de lixiviação, como o proposto por Péricles (2013). A granulometria adotada nesses estudos foi abaixo de 6 mm.

4.1.3. Obtenção de sílica vítrea

Em trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2016) foi obtido pó de quartzo para a produção de sílica vítrea, cuja pureza mínima exigida é de 99,90% de SiO₂, utilizando a técnica de lixiviação ácida, tendo como objetivo a redução ou a eliminação por completo de impurezas como Fe, Al, K, Mn, Na, Li e Ti.

Um dos aspectos críticos da tecnologia de produção da sílica vítrea a partir da fusão do quartzo natural é a purificação da matéria prima. Apesar de ser um dos minerais mais abundantes da natureza, somente poucas regiões no mundo possuem reservas suficientes para fornecer o quartzo que possa minimizar o uso de processos químicos de purificação visando aplicações que exija alta pureza (HAUS, 2012 apud GUERRA, 2013).

O resíduo aqui estudado apresenta potencial para este uso, devendo-se ainda analisar outros possíveis contaminantes não analisados neste estudo e a viabilidade de purificação.

4.1.4. Vidros

Segundo Babisk (2010) uma alternativa é a utilização de resíduos finos de serrarias, de rochas ornamentais, com granulometria menor que 100 µm, no desenvolvimento de vidros, visto que esses resíduos de quartzito possuem como constituinte majoritário a sílica (SiO₂), tendo, portanto, grande potencial para ser utilizado na fabricação de vidros, pois industrialmente o conceito destes, pode-se restringir aos produtos resultantes da fusão de óxidos ou seus derivados e misturas, tendo geralmente como constituinte principal.

Uma outra alternativa é a utilização do resíduo do quartzito como fonte de sílica para produção de vidros especiais, como é o caso de vidros insulados, de proteção solar e proteção acústica.

5. Conclusão

O resíduo proveniente do beneficiamento do quartzito ornamental apresenta em sua composição 99,4 % de SiO₂ e teores baixos das impurezas destacadas para o uso como SiGM e sílica vítrea. No entanto, é necessário a escolha da técnica de beneficiamento para aumentar o teor de SiO₂. Confirmado o aumento de teor de óxido de silício e a redução de impurezas não discriminadas na análise química do resíduo, será possível estudar a viabilidade econômica de sua utilização.

Um fator determinante a ser observado é a granulometria adequada para os usos em questão. Os resíduos do corte com fio, que podem ser coletados tanto na pedreira quanto na indústria de beneficiamento, apresentam uma granulometria muito fina, que permite seu uso direto na indústria. Já em se tratando dos resíduos grossos provenientes da lavra, esses precisariam de etapas prévias de

cominuição, com alto consumo de energia, o que em adição à distância das pedreiras de centros urbanos, poderia inviabilizar usos menos valorizados. Por esse motivo, a continuação do estudo de purificação dos resíduos para aumento do teor de SiO₂, é de grande importância.

6. Agradecimentos

Agradeço à Nuria Fernández Castro pela orientação e dedicação para o desenvolvimento do projeto e ao CNPq pela bolsa concedida.

7. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. O setor brasileiro de rochas ornamentais. Apresentação em reunião na APEX. Brasília, 2 de março, 2017.

ARGONZ, R. **Purificação de Rejeitos de Lascas de Quartzo das Indústrias de Silício**. 2001. 101p. Tese (Doutorado). Faculdade De Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

BABISK, M. P. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais**. 2009. 90p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro (Brasil).

CID, T.P. *et al.* Caracterização e beneficiamento de quartzo e areia de quartzo da Bahia para produção de silício metalúrgico. In: Jornada de Iniciação Científica, 2014, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, Brasil: 2014. p. 4.

DIAS *et al.* Beneficiamento do quartzo de Tanhaçu/BA visando a preparação de silício grau metalúrgico de alta pureza, HOLOS, Ano 30, Vol. 3, 2014 - Edição Especial - XXV ENTMME / VII MSHNT.

GUERRA, C. P. **Desenvolvimento de Sílica vítrea por fusão de chama a partir de lascas de quartzo brasileiro visando aplicações de alta transmitância no médio UV**. 2013. 88p. Tese (Doutorado). Faculdade De Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

KAKITANI *et al.*, ESTUDO DA TÉCNICA DE LIXIVIAÇÃO PARA A PURIFICAÇÃO DE PÓ DE QUARTZO BRASILEIRO. In: 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2012.

NÓBREGA *et al.* Caracterização física de resíduos de quartzitos para fabricação de grés porcelanato. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Fortaleza.

PÉRICLES, S. G. M. **Caracterização e Purificação de Quartzo para a Indústria Fotovoltaica**. 2013. 49p. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio De Janeiro (Brasil).

RIBEIRO, W.S. Estudo da influência de adição de resíduo de quartzitos na resistência de cerâmica vermelha. In: Jornada de Iniciação Científica, 2012, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, Brasil: 2012. p. 4.

SILVA, F. L. *et al.*, PURIFICAÇÃO DO PÓ DE QUARTZO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE LIXIVIAÇÃO ácida, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016.

SOARES, *et al.* Beneficiamento e caracterização de quartzo para obtenção de silício grau metalúrgico, HOLOS, Ano 28, v.5, p. 8, 2012.

SOUZA & COSTA. Technological tests using quartzite residues as component of ceramic mass at the porcelain stoneware production. HOLOS, Year 31, Vol. 2, 2015.