

Avaliação da viabilidade do uso de miniunidades de fabricação de argamassas com resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais

Jhannes Pin Silva

Bolsista Capacitação Institucional, Eng. de Petróleo e Gas, MSc.

Nuria Fernández Castro

Supervisora, Eng. Minas, M. Sc.

Resumo

O setor de rochas ornamentais brasileiro representa valiosa parcela de produção mundial de rochas ornamentais e é importante parte das receitas da economia nacional, mas devido a classificação dada ao resíduo, e com a crescente consciência ambiental e de reutilização de materiais, faz-se necessário a reutilização deste resíduo e não mais a simples armazenagem em aterros. O trabalho busca encontrar uma solução alternativa dentre algumas já apresentadas pelo meio acadêmico. A possibilidade de utilizar o resíduo fino como insumo para produção de argamassas e outros produtos mais nobres e importantes a construção civil apresenta-se como excelente opção ao mercado de rochas ornamentais e ao de construção civil. O trabalho busca incorporar e criar traços de alguns produtos como argamassas colante, seguindo a linha de uma revisão bibliográfica bem como visitas a parceiros do projeto que apresentam *know how* sobre o assunto, foram recolhidas amostras, as quais foram analisadas e seguem-se os trabalhos com os ensaios de qualidade do material.

1. Introdução

A produção brasileira de rochas ornamentais, no ano de 2013, estimou-se em 10,5 milhões de toneladas, das quais 3,6 M foram destinadas ao mercado externo; sendo 40% dessa quantidade exportada na forma de chapas (ABIROCHAS, 2014). O setor destaca-se no cenário da produção mineral nacional por manter crescimento nos últimos anos e, à diferença de outros bens minerais, ter apresentado saldo positivo na balança comercial brasileira. Além de problemas comuns a qualquer outra indústria no Brasil como alta carga tributária, alto custo da mão de obra e, especialmente, dificuldade de se importar equipamentos modernos de maior eficiência e produtividade, um dos problemas de maior importância, hoje, é a grande quantidade de resíduos que a produção das rochas ornamentais gera. Esses resíduos, estimados em mais de 20 milhões de toneladas de resíduos grossos (blocos não aproveitados, pedaços de rocha) por ano, nas pedreiras, e de 1,5 milhão de toneladas de resíduos finos nas unidades de beneficiamento, não têm utilização industrial. Os resíduos finos são produzidos, principalmente, na serragem de blocos de granitos comerciais em chapas, em forma de lama constituída por 66% de água, 30% de pó de rocha e 4% dos insumos de corte (granalha de aço, resíduos de lâmina de aço, cal e bentonita), em peso. Os finos da lama, após processos de separação sólido líquido nas serrarias, por meio de sistemas decantadores e filtros-prensa, são depositados em aterros licenciados por órgãos ambientais (VIDAL *et al.*, 2013).

O Estado do Espírito Santo é o maior produtor, beneficiador e exportador de rochas ornamentais do Brasil. Mais

da metade da produção nacional é oriunda desse estado, no qual também, são beneficiadas mais de 80% das rochas produzidas no país. Por esse motivo, o problema de acúmulo de resíduos finos nesse estado adquire uma grande proporção e urgência para se encontrar soluções de aproveitamento desses. Na região sul, em Cachoeiro de Itapemirim e municípios vizinhos, a concentração de unidades de beneficiamento é ainda maior, pois é nessa região onde se concentra também a indústria metal mecânica que dá suporte a esse tipo de atividade industrial. Estima-se que uns 1.000 teares (equipamentos para o desdobramento de blocos em chapas) dos 1.400 em funcionamento no país estejam instalados na região de Cachoeiro de Itapemirim e, como principal consequência, a produção de resíduos finos, também está concentrada nessa região; por exemplo, a Associação Ambiental Monte Líbano - AAMOL, associação de 78 empresários para o gerenciamento dos resíduos, recebe quase 15.000 toneladas mensais desses resíduos em seu aterro. O problema de buscar alternativas de utilização dos resíduos do beneficiamento das rochas ornamentais vem sendo estudadas em todos os países produtores. Diversas soluções foram encontradas, principalmente nos países europeus e, entre elas, destaca-se a utilização dos resíduos na composição de elementos, argamassas, cerâmicas e outros para a construção civil.

O CETEM formalizou um convênio de cooperação técnica com o Instituto Internacional do Mármore (ISIM) ligado à associação Cofindustria Marmomacchine (Itália) e com as associações brasileiras AAMOL, ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais e SINDIROCHAS - Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, Cal e Calcários do Espírito Santo, visando ao desenvolvimento de pesquisas para o aproveitamento dos resíduos que se iniciou na produção de diferentes tipos de argamassas. A produção de argamassas de diversos tipos (de rejunte, de base, colantes etc) já é possível na Itália em pequenas unidades automatizadas, que realizam a mistura dos resíduos e os aditivos necessários para cada tipo de argamassa que se deseja obter (PERSONAL FACTORY, 2014). Trata-se de equipamentos de pequeno porte que podem ser instalados nas próprias unidades de beneficiamento, reduzindo ou até eliminando o descarte dos resíduos finos. A tecnologia está sendo adaptada em outros países, como Portugal, Angola e Palestina, de forma que o projeto faria parte de uma rede internacional de pesquisa.

2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a tecnologia de produção de argamassas em miniunidades, incorporando resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais. Os objetivos específicos foram: avaliar o desenvolvimento de tecnologia para a utilização direta dos resíduos finos gerados em serrarias de rochas ornamentais; buscar o desenvolvimento de novos produtos, a partir da utilização de resíduos para os produtores de rochas ornamentais beneficiadas; diminuir a necessidade de deposição de resíduos em aterros; e participar de uma rede internacional de pesquisa visando a diminuição de impactos ambientais do setor de rochas ornamentais.

3. Material e Métodos

Foi realizado um amplo levantamento bibliográfico sobre as utilizações de resíduos industriais do beneficiamento de rochas bem como da atual situação da indústria na região de Cachoeiro de Itapemirim, bem como os tipos e características das diversas qualidades de argamassas nas quais se pretende incorporar o resíduo.

Entre os meses de setembro e outubro foram realizado um treinamento técnico, promovido pelo *Istituto Internazionale del Marmo* (I.S.I.M), durante a Feira Internacional do Mármore de Verona (Marmomacc), que contou com visitas técnicas por algumas regiões da Itália com objetivo estreitar laços com outras instituições e empresas do setor de rochas ornamentais, e onde se pode conhecer *in loco* o atual estado da arte da utilização dos resíduos de rochas ornamentais. Visitaram-se, na oportunidade, fábrica das miniunidades de argamassa, e a fábrica dos aditivos que seriam utilizados no decorrer do estudo.

Foram realizadas visitas a empresas da região de Cachoeiro e a um aterro industrial, para melhor conhecer os processos de separação dos blocos de rochas ornamentais em chapas, os que produzem grande quantidade de resíduos que são depositados em tanques de decantação e posteriormente conduzidos até o aterro. Nas visitas, foram coletadas amostras de resíduos, que foram utilizadas para a preparação de algumas amostras de argamassa.

Sabendo-se da necessidade de adquirir alguns insumos para realização de ensaios, aproveitou-se para realizar pequena pesquisa de mercado, com o intuito de qualificar de maneira superficial os produtos presentes no mercado de construção civil da região, vislumbrando aceitação e saída no mercado para produtos que vierem a serem produzidos com o resíduo. Além disso, foram comprados produtos similares aos que se pretende produzir, a fim de comparar resultados.

As amostras de resíduos coletadas foram caracterizadas e utilizadas na preparação de argamassas colantes, cuja composição foi definida pelo Eng. Paolo Marone, do IS.IM, quem também forneceu os aditivos necessários, por meio do Termo de Cooperação vigente entre essa instituição e o CETEM.

Foram produzidas, em modo de teste, duas argamassas, Mix 1 e Mix 2, contendo, respectivamente, 19% e 22% em peso de resíduo fino e 25% e 27% de resíduo tamanho areia. Para a realização do experimento fez-se necessária a preparação das amostras recolhidas. Esta etapa constituiu-se principalmente de mensurar as umidades de cada elemento constituinte da mistura, sabendo que esta variável é importante e pode ser tornar a parte mais custosa da operação de produção de uma argamassa com resíduos. Além disso, foi feita a secagem em forno dos resíduos de filtro prensa, que só vieram a ser utilizados no Mix 2. No Mix 1 não foi necessária a etapa de secagem ao forno, visto que os resíduos utilizados foram a areia proveniente de uma empresa que cominui o resíduo grosso das pedreiras para a produção de cal em um moinho e o resíduo fino do leito de secagem de uma outra empresa, após um longo período de seca na região.

Todos os componentes em pó utilizados nos experimentos e o resíduo do aterro (não foi utilizado, mas foi medido) foram avaliados quanto a sua umidade de acordo com uma balança muito sensível que aquece a amostra por tempo determinado com temperatura pré-estabelecida, medindo a variação de massa entre os

instantes de tempo inicial e final. Por último, foi realizado o teste de arrancamento da argamassas colante produzida, Mix 1 e comparado seu resultado com o de duas argamassas comerciais, Comercial 1 e Comercial 2. O ensaio foi realizado seguindo a ABNR NBR 14.081:2004 – 4. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas (cura seca), em um equipamento da marca Solotest.

4. Resultados e Discussão

Sabe-se que a umidade é variável muito importante para a produção de argamassas pré-industrializadas, pois afeta o coeficiente de inchamento e a sua trabalhabilidade. Os valores de umidade dos componentes utilizados nas misturas argamassa estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de umidades medidos

Componentes	Marca / Origem	Umidade (%)
Cimento	Comercial, classe 40	0,78
Areia	Moinho de resíduos de pedreira	0,28
Resíduo	Leito secante	0,43
Resíduo	De filtro prensa	0,16
Resíduo	Aterro	0,68

Os valores obtidos foram muito positivos, indicando que os resíduos das pedreiras e os provenientes de leitos secantes, não precisam de secagem prévia para a produção de argamassas. Um resultado interessante, nesta experiência, foi o valor de umidade do cimento, bem superior aos dos resíduos. As análises granulométricas mostraram que tem tamanho inferior a 0,1 mm, tamanho que o qualifica para seu uso como filler em diversos produtos para a construção civil.

A composição das argamassas produzidas, Mix 1 com, aproximadamente 50% de resíduo, e Mix 2 com cerca de 40%, pode se observar na Figura 1.

Os resultados do teste de arrancamento, realizado na argamassa colante com resíduos, Mix 1, e em duas comerciais, Comercial 1 e Comercial 2, foram muito positivos, com apenas duas horas de cura. O valor da resistência a aderência obtido foi de 0,47 Mpa, valor muito próximo do limite inferior especificado na norma ABNT NBR 14081-4, de 0,5 MPa.

Entretanto o teste deverá ser repetido, pois não foi seguida a norma regularizadora do ensaio, ABNT NBR 14081-4, especifica que o arrancamento seja realizado após 28 dia de cura. Os resultados obtidos mostram-se na Tabela 2.

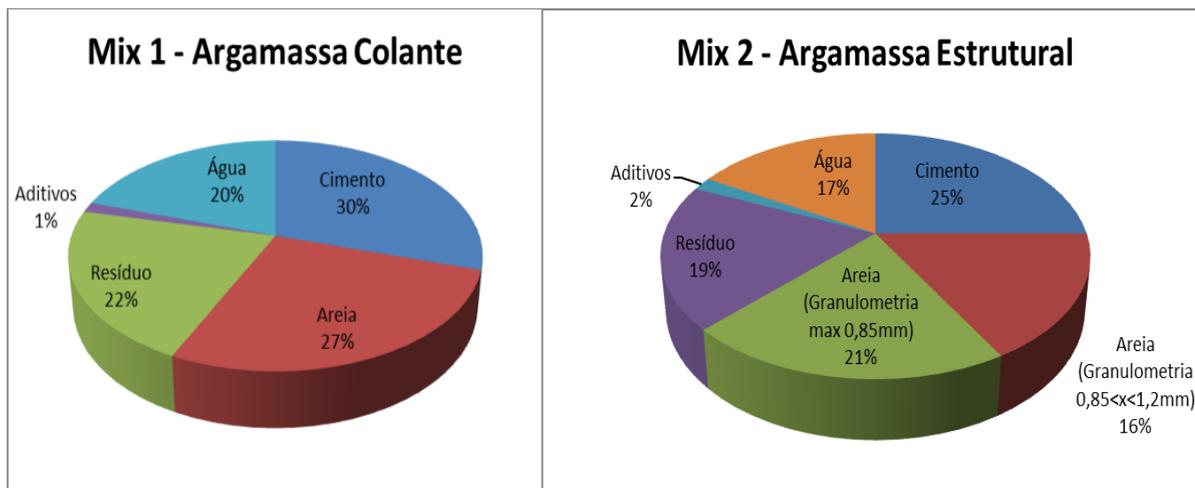


Figura 1 – Composição das argamassas produzidas com resíduos

Tabela 2. Resultados do ensaio de arrancamento

	Resultado (Kgf)	Resultado (Mpa)
Mix 1	92	0,47
Comercial 1	144	0,73
Comercial 2*	54	0,27

Conclusão

Foi obtida uma ampliação do conhecimento técnico-científico dos processos e tecnologias de aproveitamento de resíduos da produção de rochas ornamentais. Foi formalizado o convênio de cooperação com instituições italianas e brasileiras pelo qual o CETEM participa de uma rede internacional de pesquisa para o aproveitamento de resíduos da produção de rochas ornamentais. Espera-se agora ser possível a transferência de tecnologia de aproveitamento de resíduos com a obtenção de novos produtos e a contribuição com o desenvolvimento sustentável do setor de rochas ornamentais pela diminuição de resíduos gerados e a valorização de seus produtos. E também difundir a cultura de desenvolvimento de processos tecnológicos inovadores como vetores da sustentabilidade e competitividade entre os empresários do setor de rochas ornamentais consolidando cada vez mais as alianças existentes entre o setor de rochas e o CETEM, na busca de soluções sustentáveis.

O único ensaio realizado até o momento mostra que os resíduos de rochas ornamentais podem ser incorporados a argamassas colantes, de maior valor que as comuns, com sucesso. Outros ensaios estão em andamento e novas misturas também estão sendo produzidas, mas deve-se realizar ainda um trabalho sistemático de testes, incluindo-se outros importantes para a caracterização tecnológica dos produtos, com diferentes tipos de resíduos e diferentes formulações cedidas pelos parceiros italianos, trabalho para o qual o NRES está sendo instrumentando.

5. Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela bolsa e consequentemente custeio da pesquisa, ao CETEM pela oportunidade de aprendizagem e crescimento, agradeço a todo corpo técnico, em especial a todos que trabalharam diretamente comigo no NRES, aos colegas bolsistas pelas conversas esclarecedoras, aos técnicos por ajudarem na execução de tarefas, e a supervisora que com grande conhecimento e paciência tem conduzido tudo até aqui.

6. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS. **Balanco das Exportações e Importações de Rochas em 2013**. Informe 01/2014. 2014. Disponível em: http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/3050/Informe_01_2014.pdf. Acessado em: 20/06/2014.

CAMPOS, A. R. et al. **Resíduos: tratamento e aplicações industriais**. In: VIDAL, Francisco W. H.; CARVALHO, Hélio A. A.; CASTRO, Nuria F. (Ed.). **TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS: Pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 677p. ISBN: 987-85-8261-005-3

PERSONAL FACTORY. **Origami 5**. Brochura de miniusina de argamassa. Personal Factory, 2014. Disponível em: <http://www.personalfactory.eu/EN/origami-production-plant-for-chemical-premixes-forconstruction/overview>. Acessado em: 23 de junho de 2014.

VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais – Pesquisa, Lavra e Beneficiamento**. 1.ed. Rio de Janeiro, Brasil: CETEM/MCTI, 2013. 677p. ISBN: 987-85-8261-005-3