

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E REJEITOS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

L.M. Mofati¹; F. W. H. Vidal¹; R.E.C. da Silva¹; J.C.G. Correia¹ e R.C.C. Ribeiro¹

RESUMO - Alternativas para a utilização dos resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de rochas ornamentais são estudadas de modo a considerar o resíduo como um “minério” de interesse industrial e econômico e buscam demonstrar sua viabilidade técnica e econômica de modo a torná-los insumos potenciais dos principais setores industriais consumidores, como a indústria cerâmica, a agricultura, o setor de polímeros e a própria indústria de rochas ornamentais e de revestimento (uso em mosaicos, tesselas, entre outros). Tais iniciativas permitem novas possibilidades de retorno para a empresa, que ampliará seu nicho de mercado, uma vez que a demanda por insumos minerais é crescente, e atenderá às novas exigências ambientais quanto aos novos padrões de consumo, a exemplo das certificações ambientais para a construção civil. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva demonstrar os estudos desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), voltadas para a recuperação de resíduos sólidos, oriundos do segmento de rochas ornamentais e de revestimento, de modo a projetar futuras aplicações de uso e inserção na cadeia produtiva. Os exemplos aqui descritos serão nas áreas de argamassa (regiões de Santo Antônio de Pádua – RJ e Várzea – PB) e compostos poliméricos (Ourolândia–BA).

Palavras-chave: Rochas ornamentais; gestão de resíduos; cadeia produtiva.

ABSTRACT - Alternatives to the use of waste generated in the mining and processing of ornamental rocks are studied in order to consider the residue as an "ore" of industrial and economic interests, and seek to demonstrate their technical and economic viability in order to make them inputs potential major consumer industries, such as the ceramics industry, agriculture, polymers sector and the ornamental rock and coating industry (used in mosaic among others). Such initiatives enable new possibilities for the company, which will expand its market, since the demand for mineral inputs is increasing, and will meet the new environmental requirements regarding the new consumption patterns, like the environmental certifications for building civil. The present study aims to demonstrate the tests developed by the Mineral Technology Center (CETEM), aimed at the recovery of solid waste arising in the ornamental and coating rocks in order to project future use and integration applications in cycle productive. The cases described herein will be in the mortar production (Santo Antônio de Padua-RJ and Várzea-PB) and polymeric compounds (Ourolândia - BA).

Keywords: Ornamental stone; waste management; cycle productive.

¹Coordenação de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas – CATE, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI. Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, e-mail: fhollanda@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva mineral geralmente inclui, no âmbito da atividade de mineração: lavra, processamento de minérios, transformação mineral e comercialização do produto final. O estudo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) sobre a cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo (Mello, 2004), descreve o processo em seu ciclo de produção, distribuição e serviços, que envolve a extração de matérias primas em pedreiras, seu desdobramento por serragem em produtos semiacabados e o acabamento de produtos finais, conforme adaptado na Figura 1.

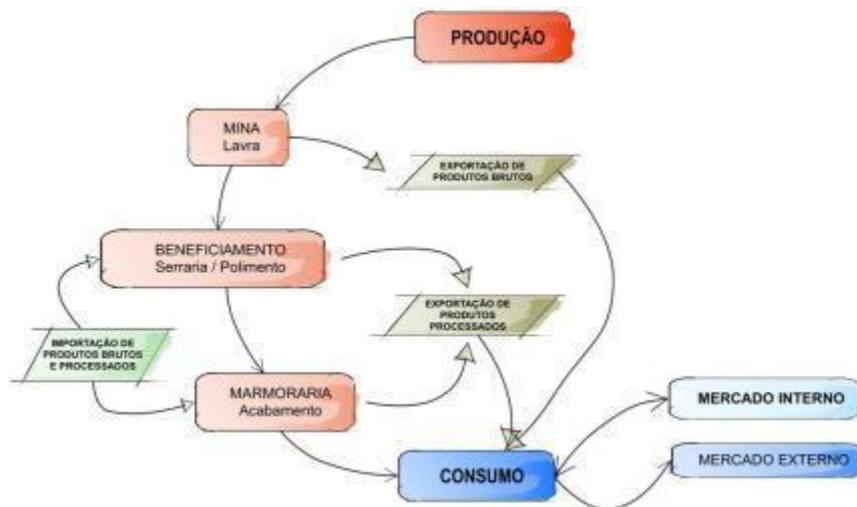


Figura 1 – Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais. Adaptado de Mello, 2004.

No ciclo produtivo de rochas ornamentais (Figura 1), a extração ocorre nas pedreiras (minas), seguindo-se nas serrarias, o desdobramento dos blocos, transformando-os em produtos semiacabados e, posteriormente, o beneficiamento secundário em produtos acabados. A marmoraria é responsável pelo beneficiamento de produtos acabados, mas as serrarias também podem efetuar produtos acabados para o mercado. A logística de abastecimento é complexa, envolvendo transbordo de cargas pesadas, e onde os insumos pétreos circulam entre os três elos da produção: mina, serraria e marmoraria. A serraria e a marmoraria também importam produtos brutos e processados.

Com relação ao mercado, além da comercialização dos produtos pétreos entre os elos de produção, os produtos finais podem ser comercializados diretamente pelos produtores ou por intermediários, como depósitos especializados e pontos de venda de materiais de construção. Já a exportação e a importação de produtos pétreos, em sua forma bruta, semiprocessada ou processada, pode se dar via produtores ou por agentes de exportação, *tradings* e representantes comerciais.

Após descrever a complexidade de sua cadeia produtiva, cabe esclarecer que em cada fase do processo produtivo da atividade mineral existe um foco poluidor ou um impacto social. Para o escopo deste trabalho, o foco se dará nos elos essenciais da cadeia produtiva, especificamente nas etapas de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais, tendo em vista que a análise dos minérios marginais (rejeitos) com vistas a torná-los resíduos e ao desenvolvimento de novos produtos tem sido desenvolvida em parceria com as pedreiras (mina) e serrarias existentes em diferentes estados do Brasil.

A Figura 2 ilustra os impactos relacionados à produção de rochas ornamentais. Note-se que, com relação aos impactos sociais, ao mesmo tempo em que a prospecção e acabamento geram conflitos de uso do solo e questões de responsabilidade social, a atividade gera renda e emprego, além de desenvolvimento local e regional. Além disso, muitas vezes esses impactos não são percebidos pela população local, que vê na perspectiva de crescimento econômico a única justificativa para a existência do empreendimento mineral.

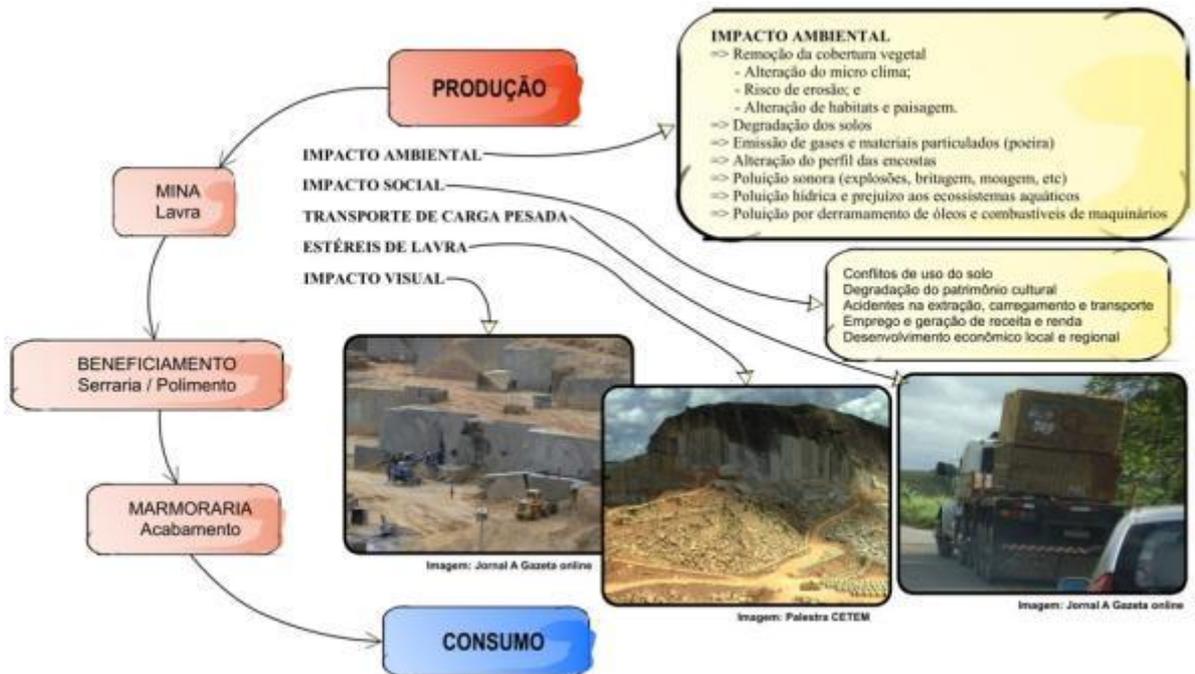


Figura 2 – Impactos da cadeia produtiva de rochas ornamentais com foco na indústria extrativa.
Fonte: Própria.

Mas é consenso que as etapas de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais, como toda atividade mineral prospectiva gera impacto ambiental e interfere no ar, nas águas, produz vibrações, ruído e muda a dinâmica social do seu entorno. Com isso, ela está sujeita a regulamentação nas três esferas do poder público, federal, estadual e municipal, seja na área ambiental, na área mineral ou nas áreas que regulam o uso e a ocupação do solo, não se esquecendo de mencionar as regulamentações que tratam da segurança e saúde do trabalhador. Em específico para o segmento de rochas ornamentais, a capacidade de produção de resíduos e rejeitos, assim como as dificuldades relacionadas à destinação final tem sido o desafio, especialmente após a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Na Lei 12.305/2010, que institui a PNRS, o resíduo sólido passa a ser definido, em linhas gerais, como todo o material resultante de atividades humanas em sociedade cuja destinação final não seja o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, exigindo, portanto, soluções técnica e o gerenciamento para a sua destinação ambientalmente adequada. O rejeito, por sua vez, é todo resíduo sólido que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (a exemplo dos aterros sanitários).

Dessa feita, alternativas para a utilização dos resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de rochas ornamentais vêm sendo estudadas, de modo a considerar o resíduo como um “minério” de interesse industrial e econômico. Como justificativa, além do reaproveitamento dos estoques remanescentes, buscam demonstrar sua viabilidade técnica e econômica de modo a torná-los insumos dos principais setores industriais consumidores desses resíduos, como a indústria cerâmica, a agricultura, o setor de polímeros e a própria indústria de rochas ornamentais e de revestimento (uso em mosaicos, tesselas, entre outros). Tais iniciativas permitem novas possibilidades de retorno para a empresa, que ampliará seu nicho de mercado, uma vez que a demanda por insumos minerais é crescente, atenderá às novas exigências ambientais, bem como aos novos padrões de consumo, a exemplo das certificações ambientais para a construção civil.

Nesse sentido, o presente trabalho objetiva demonstrar a relevância dos estudos desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), voltados para a recuperação de resíduos sólidos oriundos do

segmento de rochas ornamentais, de modo a projetar futuras aplicações de uso dos resíduos como insumos minerais, bem como a sua introdução na cadeia produtiva.

2. PRÁTICAS RESPONSÁVEIS E PRÁTICAS AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Há uma crescente preocupação da sociedade com os passivos ambientais das atividades minerais, e o potencial para impactos significativos é maior quando a mineração ocorre em áreas remotas, ambientalmente ou socialmente sensíveis. Tem sido observado um aumento da atividade extrativa mineral em ecossistemas remotos e ricos em biodiversidade, em função da contínua demanda por minerais, da diminuição dos recursos em áreas mais acessíveis, somado às mudanças tecnológicas e econômicas no setor de mineração (ICMM, 2006). Mas por outro lado, é inegável o impacto social positivo dessa atividade, especialmente nas áreas remotas, que carecem de renda, geração de empregos e outras condicionantes para a fixação da população no entorno.

A dificuldade de sistematização e implementação das diversas esferas de controle e comando que fazem parte da atividade de mineração, como normas técnicas, regulamentos e certificações de cunho técnico e ambiental, leis, diretrizes e políticas nacionais, dentre outros ilustrados na Figura 3, tornam a atividade mais favorável a grandes corporações.



Figura 3 – O atendimento à legislação e a adoção de práticas responsáveis e práticas ambientais.
 Fonte: Própria.

Como exemplo, no arcabouço de instrumentos legais para implantação de empreendimentos mineiros, com relação aos aspectos ambientais, a Constituição Federal, em seu artigo 225, determina a obrigatoriedade de quem explora os recursos minerais de recuperar o meio ambiente degradado (Constituição, art. 225, § 2º); também que as substâncias minerais são recursos ambientais. (Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, art. 3º, V); ainda que a concessão de lavra dependente de prévio licenciamento ambiental (Lei nº 7.805/1989, art. 16).

Cabe observar que a viabilidade ambiental de um empreendimento mineiro também está sujeita aos parâmetros do Plano de Aproveitamento Econômico - PAE aprovado pelo DNPM, que será submetido ao órgão ambiental competente para autorizar a sua execução, uma vez que a autarquia exige a respectiva

licença ambiental, antes da outorga da portaria de lavra ao concessionário. Complementando, o Código de Mineração obriga o concessionário a lavrar a jazida de acordo com o Plano de Aproveitamento Econômico aprovado pelo DNPM, e a não promover lavra ambiciosa (aquela conduzida sem a observância do PAE).

A Figura 3 ilustra as condicionantes acima e também lista as normas e exigências técnicas adicionais para a operação e execução do empreendimento (com foco na lavra, para efeitos ilustrativos). Com relação à adoção de critérios mercadológicos de qualidade e certificação de produto, a indicação geográfica, ou indicação de procedência ou mesmo denominação de origem, por associarem a região, o território ou o lugar, representam formas de agregar valor e credibilidade a um produto ou serviço, conferindo-lhes um diferencial de mercado em função das características de seu local de origem.

No caso de uma certificação ambiental aplicada a produtos de origem mineral, tornar-se-á estratégico em um futuro próximo, poder atestar que a cadeia produtiva ou que parte dela apresenta responsabilidade social e menor impacto ambiental em relação a outros produtos "comparáveis" disponíveis no mercado, especialmente quando se tratar de uma mina ou local de extração. Apesar de serem processos gerenciais caros, a adoção de práticas responsáveis e ambientais traduzem-se em vantagens competitivas para as empresas, que se colocam a frente das demais em face de tendência mundial de consumo responsável, especialmente para arranjos produtivos (APs) com foco no mercado externo.

Em paralelo, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, em seu diagnóstico para a mineração, em fase de elaboração, reafirma a possibilidade de se trabalhar com os até então considerados “rejeitos” da mineração (agora definidos pela lei como resíduos), uma vez que 80 % desses são considerados estéreis ou inertes. Ao tempo que orientam para os cuidados com as barragens de rejeitos e indicam forte convergência entre os preceitos da PNRS e das ações previstas no Plano Nacional de Mineração 2030, que explicita ao setor a necessidade de estabelecer uma clara diretriz quanto à reciclagem de metais e outros minérios, por meio do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. (IPEA, 2011)

Em síntese, o atendimento às exigências ambientais e técnicas, a adoção de práticas responsáveis e práticas ambientais tem tornado a atividade onerosa, especialmente para as micro e pequenas empresas. Nesse cenário, a perspectiva de agregar valor à cadeia produtiva pode representar a manutenção da atividade para o segmento, e a parceria entre a entidade de pesquisa e o setor produtivo, além de fomentar pesquisa e desenvolver tecnologia, também gera a transferência tecnológica, tão necessária aos processos de inovação.

3. INSERÇÃO DO RESÍDUO NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Segundo Vidal *et al* (2007), o conhecimento das propriedades físicas, físico-mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas usadas como rochas ornamentais e de revestimento são fatores econômicos determinantes na formação de preço de mercado, além da estética e beleza do material. Hoje também podem ser pensadas como características essenciais para a ampliação da cadeia produtiva de rochas ornamentais. As experiências retratadas neste artigo focaram nos estudos da composição química média observada nos resíduos de rocha ornamental, nas concentrações médias e nos elementos de interesse, de modo a considerá-los “minérios” de interesse industrial e econômico, e na perspectiva de que pudessem ser inseridos na cadeia produtiva, como insumos para a indústria cerâmica, a agricultura, o setor de polímeros, a pavimentação asfáltica, as indústrias de vidro, cosméticos, papel e argamassa, entre outros.

Os setores industriais, foco deste trabalho, que podem consumir esses resíduos, como a indústria cerâmica, a agricultura, o setor de polímeros, as indústrias de vidro e argamassa, estão listados e sintetizados na Tabela I.

Tabela I - Setores de aplicação dos resíduos e características necessárias

TIPOS DE RESÍDUOS	FUNÇÃO DO RESÍDUO	CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS	OPERAÇÕES UNITÁRIAS NECESSÁRIAS
USO: CERÂMICA			
Principalmente os que apresentam altos teores de	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundente ▪ Diminuição da temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulometria < 0,149 mm ▪ Baixo teor de ferro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Britagem ▪ Moagem

feldspatos.	<ul style="list-style-type: none"> de vitrificação e queima da cerâmica. ▪ Permite maior controle da contração linear. ▪ Diminui a porosidade 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peneiramento ▪ Separação Magnética
USO: AGRICULTURA			
Carbonáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Correção de pH do solo – calagem. ▪ Eliminação do efeito do alumínio e manganês. ▪ Suprir nutrientes do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada área superficial. ▪ $PN^1 > 67\%$ ▪ $PRNT^2 > 45\%$ ▪ $CaO + MgO > 38\%$ ▪ Teor de Magnésio $> 10\%$ ▪ Teor de alumínio $< 1\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Britagem ▪ Moagem ▪ Peneiramento ▪ Separação Magnética
Silicáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suprir nutrientes do solo – rochagem³. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada área superficial. ▪ Teor de alumínio $< 1\%$ ▪ Elevados teores de potássio. 	
USO: POLÍMEROS			
Carbonáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga ▪ Melhorar as propriedades mecânicas, térmicas e termomecânicas ▪ Diminuir custos. ▪ Aumentar o reforço. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulometria $< 0,149$ mm. ▪ Baixa dureza. ▪ Teor de sílica $< 1\%$. ▪ Teor de ferro $< 5\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Britagem ▪ Moagem ▪ Peneiramento ▪ Separação Magnética
USO: VIDRO			
Silicáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SiO_2 - formador da rede vítrea. ▪ A_2O_3 - formador de rede. ▪ Fe_2O_3 - colorante na formulação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Na_2O entre 12 e 17% ▪ CaO entre 8 e 12% ▪ Massa específica – $2,5$ g/cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Britagem ▪ Moagem ▪ Peneiramento ▪ Separação Magnética
Carbonáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CaO e MgO – óxidos modificadores de rede e rompem a estrutura vítrea, reduzindo viscosidade e ponto de fusão do vidro. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teor de óxido de cálcio $> 30\%$ ▪ Teor de óxido de alumínio $< 0,4\%$ ▪ Teor de óxido de ferro $< 0,2\%$ 	
USO: CONCRETO E ARGAMASSA			
Silicáticos e Carbonáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga ▪ Aumentar a resistência à compressão e abrasão do concreto. ▪ Aumentar a resistência a cloretos e sulfatos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma arredondada de partículas. ▪ Perda ao fogo $> 40\%$ ▪ Teor de ferro $< 0,7\%$ ▪ Teor de alumínio $< 2\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Britagem ▪ Moagem ▪ Peneiramento ▪ Separação Magnética

Tendo em vista as composições químicas e funções dos resíduos, bem como as operações necessárias para torná-los insumos, o próximo passo foi elencar os principais resíduos por segmento e criar metodologias e práticas laboratoriais para cada um, adaptando as técnicas obtidas em escala de bancada para a realidade dos parques produtivos e locais de beneficiamento. Alguns estudos em laboratório puderam ser realizados em escala piloto, visando à ampliação de escala para obtenção de dados e parâmetros para a planta industrial.

Os estudos de caso descritos neste trabalho focam nos setores industriais de polímeros, concreto e argamassa, e retratam uma parte da experiência do CETEM no apoio às micro e pequenas empresas produtoras de gnaiss, localizadas em Santo Antônio de Pádua – RJ, as de extração e beneficiamento de quartzitos na cidade de Várzea - PB, região do Seridó Paraíbano, e as de extração do calcário, conhecido comercialmente como mármore bege Bahia, localizadas na região centro norte da Bahia – BA.

3.1. Gnaiss de Santo Antônio de Pádua – RJ

A região, localizada no noroeste do Estado do Rio de Janeiro, é considerada um dos principais polos de extração de rochas ornamentais do Estado, especificamente na extração de gnaisses. Até mais ou menos o início do século XXI, a disposição dos resíduos ocorria de maneira desordenada nas serrarias, ou eram lançados em rios e córregos da região, acarretando graves problemas ambientais. A Tabela II esquematiza as ações efetuadas com o apoio do CETEM, que permitiram a análise do rejeito, reciclagem do resíduo, a transferência tecnológica e os impactos na cadeia produtiva.

Tabela II – Análise do rejeito à inserção do resíduo na cadeia produtiva

ESTUDO DO REJEITO	<p>O CETEM realizou um estudo dos efluentes (pó de rocha + água) gerados nas serrarias de Santo Antônio de Pádua, visando à recuperação da água e dos finos de rocha, para evitar que esses finos, em torno de 720 t/mês, continuassem sendo lançados nos rios e córregos da região, provocando seu assoreamento, dentre outros problemas ambientais.</p> <p style="text-align: right;">Descarte inadequado de resíduos →</p>	
ESTUDO DO REJEITO + SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS	<p>O estudo foi iniciado nos laboratórios do CETEM, visando ao dimensionamento adequado de tanques de decantação para os resíduos finos que, posteriormente, foram implantados nas próprias empresas, para a separação dos finos de rocha da água.</p> <p style="text-align: right;">Tanques de decantação instalados nas serrarias →</p>	
RECICLAGEM DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO	<p>Com a separação dos finos de rocha da água foi possível recuperar 95% da água utilizada e circulá-la nas serrarias.</p>	
APLICAÇÃO INDUSTRIAL DO FINO DAS SERRARIAS	<p>Os finos da serraria eram estocados nos pátios das próprias serrarias e a falta de espaço motivou os estudos para aproveitamento desses resíduos. A parceria CETEM e INT iniciou as investigações as quais indicaram as seguintes possíveis aplicações industriais: argamassas, produtos cerâmicos e borracha. Estudos mais aprofundados foram realizados pelo CETEM e UENF, e os resultados foram muito favoráveis para aplicações na fabricação de argamassa e produtos cerâmicos (tijolos e telhas).</p>	
TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	<p>Complementou-se o estudo com a análise de viabilidade técnica e econômica do projeto, visando o aproveitamento dos resíduos na fabricação de argamassas. Concluído o estudo, e com base na Lei de Inovação, foram realizadas negociações de transferência de tecnologia entre CETEM, INT e SINDGNAISSES com a empresa ARGAMIL, do Grupo Mil. Estas negociações foram bem sucedidas, e resultaram na instalação, por este Grupo, de uma fábrica de argamassa localizada no polo industrial de Santo Antonio de Pádua-RJ, que produz 450 t/dia do produto. Atualmente, os depósitos de resíduos de rochas da região foram consumidos e todo resíduo gerado é direcionado para a fábrica de argamassas.</p>	
AMPLIAÇÃO DO PARQUE PRODUTIVO	<p>A minimização do impacto ambiental que era causado pelos resíduos dessas serrarias propiciou, por parte do Órgão Ambiental e Ministério Público, o licenciamento para o funcionamento de 53 serrarias no município de Santo Antonio de Pádua.</p>	

3.2. Quartzitos do Seridó – PB

Na cidade de Várzea, região do Seridó Paraibano existe a extração e beneficiamento de quartzitos. O quartzito é uma rocha resultante do metamorfismo do quartzito, componente principal (75 %) e de outros minerais como silicatos, micas, os quais correspondem aos 25 % da composição mineralógica. As rochas quartzíticas são utilizadas como rochas ornamentais na sua forma rústica, trabalhada ou polida. A Tabela III resume a experiência do CETEM na análise dos impactos ao beneficiamento sustentável do parque produtivo em estudo.

Tabela III – Beneficiamento sustentável do quartzito do Seridó

ESTUDO DO REJEITO	<p>No beneficiamento das rochas são gerados efluentes sólidos e líquidos constituídos por partículas micrométricas da rocha, partículas metálicas de ferro, oriundas do desgaste do disco de corte e água utilizada na refrigeração do disco. Os efluentes sólidos apresentam, em geral, granulometria inferior a 27,8 micrômetros quando saem das serrarias.</p> <p style="text-align: right;">Descarte inadequado de resíduos →</p>	
	<p>Também são produzidas grande quantidade de aparas (resíduos grossos) que sobram do processo de esquadreamento. Esses resíduos são estocados em grandes pilhas localizadas nas serrarias, gerando impacto ambiental e danos à saúde dos trabalhadores, pelo pó emanado das pilhas pela ação dos ventos.</p> <p style="text-align: right;">Pilha de aparas estocadas →</p>	

VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO	Além da argamassa produzida na usina, outros subprodutos são obtidos, a partir da mistura de materiais que seriam rejeitados na mesma, como os resíduos grossos das peneiras, <i>underflow</i> do ciclone e o pó coletado nos filtros de manga. Dentre esses subprodutos, podem ser destacados: ladrilhos, blocos estruturais e lajotas. Com os mesmos materiais citados, planejam-se as fabricações de massa corrida e tinta lavável.
ESTÍMULO A FORMALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	O projeto de pesquisas desenvolvido pelo CETEM em 2009 estimulou a criação de uma cooperativa, a COOPVARZEA, que legalizou as suas áreas de lavra.
RECICLAGEM E APLICAÇÃO INDUSTRIAL DO RESÍDUO	A parceria com o CETEM também permitiu a criação de uma usina piloto para produção de argamassas e tijolos a partir dos resíduos das rochas. A usina piloto contou com equipamentos adquiridos pelo projeto, como máquinas de corte, prensa, britadores, dentre outros, que permitiram o beneficiamento e posterior aproveitamento dos resíduos na produção de argamassas. Para aplicação na indústria de argamassas, os resíduos foram britados em britadores de mandíbula e moídos em moinhos de martelos, visando alcançar a distribuição granulométrica adequada para a fabricação de argamassas (abaixo de 35 malhas), posteriormente, foram homogeneizados para geração do produto final.
TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	Devido ao bem sucedido projeto realizado em Santo Antônio de Pádua – RJ, foram realizadas visitas técnicas para o dimensionamento e implementação dos tanques de decantação nas serrarias, bem como para a implantação da Usina Piloto de argamassa da empresa TECQUÍMICA, em Várzea – PB, utilizando resíduos de rochas de quartzito. A usina está preparada para aproveitar os resíduos finos gerados pelas serrarias da região, bem como de aproveitar as mais de 17 ton/dia de aparas geradas pelas empresas, com meta de produzir 15 ton/dia de argamassa. Foi elaborada uma patente pela empresa TECQUÍMICA para apresentar uma alternativa ecologicamente correta, convertendo os rejeitos de quartzito oriundos da serragem de pedras, em insumos de constituição padronizada requeridos comercialmente para a aplicação em obras ornamentais da construção civil.

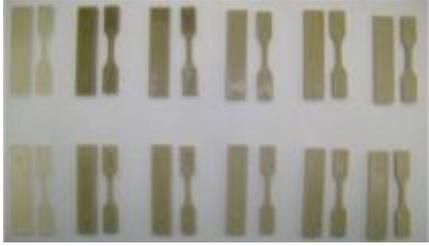
4.3. Mármore Bege Bahia - BA

A Bahia é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do Brasil e o único produtor do mármore bege Bahia, possuindo uma das mais completas diversidades de cores de rochas do país, que vão desde as suas mais famosas rochas azuis, passando para uma variedade de cores incluindo-se mármore, granitos, arenitos e conglomerados. As jazidas e ocorrências do mármore bege Bahia se distribuem entre os municípios de Ouro-lândia, Campo Formoso, Mirangaba, Jacobina e Umburamas, no centro norte da Bahia. Os principais polos de extração do mármore bege Bahia, em ordem crescente de importância, são os de Curral Velho (Campo Formoso), Mirangaba e Ouro-lândia.

Os métodos de lavra do mármore bege Bahia variam desde bancadas baixas a altas, e as tecnologias desde artesanais e pouco sustentáveis a avançadas, predominando atualmente cortes com ferramentas diamantadas (máquinas de fio diamantado). As tecnologias de desdobramento de blocos em peças ornamentais são também variáveis, seja por meio de teares de multilâminas diamantadas a talha-blocos. Assim, por meio do APL do mármore bege Bahia, onde o CETEM teve grande participação e coordenação, foi proposta a criação de um polo industrial entre Ouro-lândia e Jacobina, para o desenvolvimento sustentável da lavra e do beneficiamento. No que tange ao processo de extração do mármore Bege Bahia, a atuação do CETEM pode ser sintetizada na Tabela IV abaixo.

Tabela IV – Viabilidade de aplicação industrial do resíduo da produção do mármore Bege Bahia

ESTUDO DO REJEITO	<p>A extração e beneficiamento dessa rocha gera uma quantidade significativa de materiais grosseiros, em função da quebra das peças durante o corte, também de materiais finos que aparecem na forma de lama, totalizando cerca de 250 mil t/ano. Esses rejeitos são acumulados nas pedreiras e serrarias, sendo posteriormente encaminhados para aterros próprios. Com o aumento da produção ao longo dos anos, os aterros encontram-se cada vez mais incapacitados de receber resíduos, sendo necessários estudos para aplicação dos mesmos.</p> <p style="text-align: right;">Descarte dos resíduos grossos →</p>	
-------------------	--	---

<p>VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS</p>	<p>A aplicação dos resíduos foi direcionada para a indústria polimérica, que adiciona cargas minerais aos seus materiais termoplásticos. As cargas são incorporadas aos plásticos visam à melhoria das propriedades térmicas, mecânicas e termo-mecânicas, mudam a aparência superficial e as características de processamento e ainda reduzem os custos da composição polimérica. O custo da carga e sua influência no preço final do compósito afeta fortemente a sua escolha.</p>	
<p>ESTUDO PARA APLICAÇÃO INDUSTRIAL DO RESÍDUO</p>	<p>Os resíduos do mármore Bege Bahia foram peneirados até a obtenção de uma granulometria inferior a 0,037 mm. Após o peneiramento, foram secos em estufa a 70°C, por 24 horas e em seguida, foram desagregados para o processamento de compósitos poliméricos com polipropileno. O processamento dos compósitos foi realizado por meio de extrusora, gerando compósitos poliméricos para os seguintes teores percentuais de resíduos: 0, 5, 10, 20, 30, 40 e 50, em massa. Os materiais gerados foram avaliados segundo os valores de densidade, resistência mecânica e a intempéries.</p>	 <p>Perfis de fita dos compósitos poliméricos</p>
<p>APLICAÇÃO INDUSTRIAL</p>	<p>Os resultados indicaram a possibilidade de incorporação de até 50%, em massa, de resíduo na matriz de polipropileno, obtendo-se um compósito de baixa densidade e elevadas resistências mecânica e de alterabilidade. Dessa forma, sugere-se a geração de mobiliário escolar e urbano com esses materiais, bem como na confecção de materiais onde a redução de peso é importante, como peças automotivas e de aviação, uma vez que a densidade desse material, em torno de 1,2 g.cm⁻³ é extremamente baixa.</p>	

4. CONCLUSÃO

O presente artigo expõe a complexidade da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais e de revestimento, também que essa complexidade se soma à recrudescência da legislação, tendo em vista que a atividade, como outras do setor mineral, promove impactos em todos os elos de sua cadeia produtiva, especialmente nas etapas de lavra e de beneficiamento. Adicionalmente, aponta para as novas condicionantes impostas pela adoção da política e do plano nacional de resíduos sólidos, que ampliará tais exigências, agora com a disposição final do rejeito e com o novo modelo de gestão do resíduo, em fase de concepção. Por fim, soma aos marcos regulatórios minerais e às exigências técnicas de prospecção e beneficiamento, as novas condicionantes mercadológicas de consumo consciente e certificação, que criam vantagens competitivas para os empreendimentos minerais com foco em exportação.

No cenário acima, a perspectiva de manutenção da atividade para o segmento é em muito facilitada pela parceria entre a entidade de pesquisa tecnológica e o setor produtivo, que além de fomentar pesquisa e desenvolver tecnologia, também gera a transferência tecnológica, tão necessária aos processos de inovação. Os exemplos aqui descritos demonstraram essa parceria. A atuação do CETEM nos estudos para a inserção do resíduo, na cadeia produtiva, nas áreas de argamassa e compostos poliméricos foi extremamente satisfatória e, no caso de Santo Antônio de Pádua, os trabalhos resultaram na fábrica de argamassa localizada no Polo industrial, que produz 450 t por dia do produto. Já no caso de Ouroândia – BA, o foco da aplicação, devido à composição do resíduo, foi a indústria polimérica, que consome uma grande quantidade de cargas minerais aos seus materiais termoplásticos. Mas a exposição dessas experiências não esgota o tema. Permanece a necessidade de estudos para o descarte ambientalmente satisfatório do rejeito, há que se pensar em novas propostas que ampliem a transferência tecnológica e especialmente para a inovação, em propostas sistematizadas de difusão do conhecimento.

5. REFERÊNCIAS

- Castro, N.F., *et al.* 2011. Impacto do APL de Rochas Ornamentais do Espírito Santo nas Comunidades. Apresentação de trabalho no evento Recursos Minerais & Sustentabilidade Territorial - SGM/MME e CETEM/MCTI, 30 de novembro, 2011. Disponível em: <www.cetem.gov.br/rio20/galerias/2010/06-impacto-apl-rochas-ornamentais-es>. Acesso em 17/08/2012.
- Curi, A. 2011. Análise Qualitativa da Sustentabilidade Ambiental da Mineração: Mito e Realidade. In: Villas-Bôas R.C. Indicadores de Sustentabilidade para a Indústria Extrativa Mineral - Estudos de Casos, CETEM / MCT / CNPq, Rio de Janeiro, RJ, 56 p., ISBN 978-85-61121-75-4.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Fiscalização do Controle Ambiental na Mineração. Disponível em: <www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=1363>. Acesso em 13/08/2012.

ICMM - International Council on Mining and Metals. 2006. Diretrizes de Boas Práticas para Mineração e Biodiversidade. Londres, Reino Unido. Disponível em: <www.icmm.com>. Acesso em: 15/08/2011, às 15 h 39 min.

Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10/07/2012, às 13 h 03 min.

Mello, I.S.C. 2004. A Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais e para Revestimento no Estado de São Paulo: Diretrizes e Ações para Inovação e Competitividade. Capítulo 2. São Paulo, SP, Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Vidal, F. W. H. *et al.* 2007. Avaliação Comparativa de Granitos Ornamentais do Nordeste e Sudeste através das suas Características Tecnológicas. In: Anais do III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais e VI Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 15 a 18 de novembro de 2007.