

GESTÃO AMBIENTAL NA DISPOSIÇÃO FINAL DA LAMA GERADA NA ATIVIDADE DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO MUNICÍPIO DE NOVA VENÉCIA

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE FINAL DISPOSAL OF THE SLUDGE GENERATED IN THE PROCESSING ACTIVITY OF ORNAMENTAL ROCKS IN THE CITY OF NOVA VENÉCIA

¹Suelem Silva de Lima

²Pillar de Oliveira Carvalho Rodrigues

³Emerson Rodrigues Machado

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Nova Venécia. E-mail: suelem-lima2@hotmail.com

²Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Nova Venécia. E-mail: pillar.carvalho@ifes.edu.br*

³Prefeitura Municipal de Nova Venécia. E-mail: machado.er@hotmail.com

*Autor de correspondência

Artigo submetido em 28/12/2021, aceito em 27/04/2023 e publicado em 03/05/2023.

Resumo: O Espírito Santo concentra empreendimentos industriais que executam o beneficiamento de rochas ornamentais. O objetivo geral deste trabalho é compreender o panorama da destinação da Lama de Beneficiamento de Rochas Ornamentais (LBRO) gerada nos empreendimentos em Nova Venécia, e contribuir para um gerenciamento mais eficiente, sustentável e rentável em termos econômicos e ambientais. Foram levantados dados da produção de LBRO, na Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), análise documental de Licenças Ambientais e Planos de Controle Ambientais (PCAs), tabulação dos dados e discussões. No município, as empresas que beneficiam rochas possuem de porte médio, grande e pequeno, respectivamente. Na atividade de desdobramento e/ou polimento e/ou corte e aparelhamento de rochas ornamentais, quando associados entre si, destacam-se maiores volumes de geração de LBRO, chegando a 5668,93 toneladas mensais, observou-se associações de teares convencionais + fios diamantados, e sistemas de tratamento similares. As licenças ambientais estabelecem condicionantes padronizadas para a geração, tratamento, armazenagem e destinação final. Nos Planos de Controle Ambientais é dado enfoque maior à geração, comparado aos demais aspectos, incluindo prevenção a acidentes ambientais. A principal destinação final da LBRO é para aterros licenciados, destacando-se iniciativa promissora com reaproveitamento em áreas licenciadas para extração de rochas, para LBRO Classe II-B. Pelo cenário observado em Nova Venécia, identificamos potencialidades para aproveitamento da LBRO, devido aos volumes gerados de LBRO classe II-B, presença de instituições de ensino e pesquisa, representações do setor de rochas, possibilidade de adequações no gerenciamento que propiciem a inserção de LBRO em outros sistemas produtivos, tendo caráter experimental.

Palavras-chave: lama; rochas; reaproveitamento; destinação; licenciamento ambiental.

Abstract: Espírito Santo concentrates industrial projects that carry out the processing of ornamental stones. The general objective of this work is to understand the panorama of LBRO's destination

generated in the projects in Nova Venécia, and to contribute to a more efficient, sustainable and profitable management in economic and environmental terms. Data were collected from the production of LBRO, at the Municipal Environment Secretariat (SEMMA), document analysis of Environmental Licenses and Environmental Control Plans (PCAs), data tabulation and discussions. In the municipality, companies that process rocks are medium, large and small, respectively. In the activity of "unfolding and/or polishing and/or cutting and rigging of ornamental rocks, when associated with each other", there are higher volumes of LBRO generation, reaching 5668.93 tons per month, there were associations of conventional looms + diamond wires, and similar treatment systems. Environmental licenses establish standardized conditions for generation, treatment, storage and final destination. In PCAs, a greater focus is given to generation, compared to other aspects, including the prevention of environmental accidents. LBRO's main final destination is for licensed landfills, highlighting a promising initiative with reuse in licensed areas for rock extraction, for LBRO Class II-B. Based on the scenario observed in Nova Venécia, we identified potential for the use of LBRO, due to the volumes generated of LBRO class II-B, the presence of educational and research institutions, representations of the rock sector, the possibility of adjustments in the management that favor the insertion of LBRO in other productive systems, having an experimental character.

Keywords: sludge; rocks; reuse; destination; environmental licensing.

1 INTRODUÇÃO

Na região noroeste do Espírito Santo concentram-se empreendimentos industriais que desenvolvem a atividade de beneficiamento de rochas ornamentais, as quais interferem economicamente, socialmente e ambientalmente no município. Estes empreendimentos possuem responsabilidades ambientais no exercício de sua atividade, sendo competência e atribuição do Poder Público Municipal, o licenciamento e fiscalização ambientais.

As empresas de beneficiamento de rochas constituem importância econômica significativa com a oferta de empregos e geração de renda, por outro lado, no desenvolvimento das atividades produtivas ocorre a geração do resíduo industrial denominado de Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais (LBRO), sendo uma exigência do licenciamento ambiental, o gerenciamento adequado do mesmo, dado seu potencial impacto ao solo e aos recursos hídricos locais.

Na Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estes passam a ser definidos como todos os

materiais resultantes de atividades humanas em sociedade cuja destinação final não seja seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, exigindo, portanto, soluções técnicas e o gerenciamento para a sua destinação final ambientalmente adequada. A mesma lei define os rejeitos como todos os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade além da disposição final ambientalmente adequada (a exemplo dos aterros).

O controle deste resíduo consiste em acompanhar as fontes geradoras, o tratamento e armazenamento temporário dado na empresa, transporte e também a sua destinação final ambientalmente adequada. Uma gestão ambiental eficiente desses aspectos contribui para a prevenção de acidentes decorrentes de extravasamentos de resíduo, disposição em locais inadequados, contaminação de recursos naturais, sendo esta uma responsabilidade compartilhada entre prestadores de serviços e as empresas geradoras.

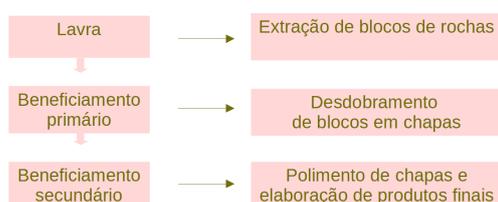
Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral compreender o panorama da destinação da LBRO pelos empreendimentos de rochas ornamentais licenciados no município de Nova Venécia e contribuir para um gerenciamento mais eficiente, sustentável e rentável em termos econômicos e ambientais dos rejeitos em questão. E como objetivos específicos realizar o levantamento da produção de LBRO, considerando os procedimentos utilizados nas empresas; apontar metodologias alternativas na destinação de LBRO e reutilização em áreas licenciadas para extração de rochas ornamentais, e contribuir para o aumento da eficiência do gerenciamento da LBRO gerada no município.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O estado do Espírito Santo se destaca na produção brasileira de rochas ornamentais, tendo em outubro de 2021, já superado a marca das exportações registradas no ano de 2020. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2021) as exportações compreendidas no período de janeiro a outubro deste ano, somaram US\$ 1.085,2 milhões, apresentando incremento no faturamento de em 36,8% para rochas processadas, 29,4% para rochas silicáticas brutas e 68,8% para rochas carbonáticas brutas.

A Figura 1 representa a cadeia produtiva de rochas ornamentais e suas diferentes etapas.

Figura 1: Cadeia produtiva de rochas ornamentais e suas diferentes etapas.



No município de Nova Venécia, dados disponíveis na Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), em fevereiro de 2021, apontam que além das empresas que executam a extração de blocos de rochas em pedreiras, também operam cerca de 27 empreendimentos licenciados ao exercício das demais etapas produtivas. Essas empresas contribuem com diversos impactos sociais e econômicos, que envolvem desde a indústria de fornecimento de insumos, equipamentos e maquinários, empresas de manutenções, e transportadores.

Dentre os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento da serragem, polimento e corte de rochas está a geração de resíduos, como por exemplo, cacos de rochas, lâminas e serras desgastadas, abrasivos, águas residuárias, lama de beneficiamento de rochas ornamentais, dentre outros.

A Instrução Normativa IEMA Nº 11, de 11 de outubro de 2016, que dispõe sobre critérios e procedimentos técnicos para licenciamento da atividade de disposição de Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais, define LBRO como sendo:

Resíduo sólido não perigoso - Classe II, resultante dos processos de beneficiamento de rochas ornamentais, composto basicamente de pó de rocha com ou sem elementos abrasivos e demais insumos do processo de beneficiamento (IEMA, 2016, fl. 52).

As LBROs apresentam composição química variada em função da composição das rochas, do processo de beneficiamento, das propriedades dos insumos, entre outros fatores. Uma das preocupações existentes é quanto ao seu grande volume de geração, pois para cada bloco desdobrado cerca de 1/3 em peso seco ou 2/3 em peso úmido são transformados em resíduo, o que requer um gerenciamento sustentável (BRAGA *et al.*, 2010).

Segundo Campos *et al.* (2013) os resíduos gerados nas serrarias apresentam

variação em termos de granulometria: grossos (>2 mm) dos casqueiros e aparas, finos (2-0,075 mm) e ultrafinos (<0,075mm) do corte e polimento das chapas, de diferentes composições mineralógicas dependendo do tipo de rocha beneficiada. Os resíduos finos e ultrafinos são gerados na forma de lama, já que o processo de beneficiamento é realizado a úmido, motivo pelo qual as unidades de beneficiamento de rochas possuem sistemas de tratamento, separadores sólidos-líquidos, recirculando entre 70 e 95% da água utilizada no processo. Ainda segundo Campos *et al.* (2013), há estimativa de que sejam geradas 2,2 toneladas de lama por cada metro cúbico de rocha serrado.

De acordo com a Instrução Normativa IEMA Nº11/2016, o aterro ambientalmente adequado para a destinação de LBRO, segundo exigências de critérios de localização, implantação e operação dos mesmos, é definido como:

Área onde são empregadas técnicas de disposição de lamas do beneficiamento de rochas ornamentais no solo, de forma a possibilitar seu uso futuro, conforme princípios de engenharia, confinando os resíduos na menor área possível e reduzindo-os ao menor volume permissível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (IEMA, 2016, fl. 51).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se tratou de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, a fim de realizar a caracterização dos empreendimentos industriais, adotando os seguintes procedimentos: a) levantamento, b) análise documental e c) pesquisa documental. As fases do estudo consistiram de: 1) revisão bibliográfica sobre a temática abordada; 2) seleção de empreendimentos para análise, 3) sistematização de dados descritivos do gerenciamento de LBRO nos

empreendimentos, 4) análise dos resultados obtidos e 5) indicação de metodologia de gerenciamento e monitoramento de LBRO das empresas.

Para elaboração de um panorama dos empreendimentos presentes no município de Nova Venécia, a pesquisa documental foi realizada na Base Sistematizada utilizada na SEMMA. A figura a seguir (Figura 2), apresenta os documentos consultados nos processos de licenciamento ambiental e as informações específicas que se buscou extrair dos mesmos como, por exemplo, porte dos empreendimentos, licenças concedidas, quantidade de materiais descartados, análises necessárias solicitadas, tratamentos aplicados, entre outras.



Figura 2: Documentos consultados e informações extraídas.

Devido à diversidade de atividades relacionadas ao setor de beneficiamento de rochas ornamentais, e a dificuldades em desenvolver uma pesquisa que abrangesse a todos esses empreendimentos, foi necessário agregar empreendimentos de acordo com suas similaridades, possibilitando a abordagem específica de seus sistemas produtivos. Para tanto, foram propostos três critérios de seleção, que auxiliassem nas escolhas das empresas e o desenvolvimento das etapas seguintes do estudo.

O primeiro critério (Critério 1) adotado para seleção foi o porte dos empreendimentos e as atividades licenciadas, partindo do pressuposto de que quanto maior o empreendimento, maior número de etapas, complexidade e, conseqüentemente, maior a quantidade de LBRO gerenciada.

O segundo critério (Critério 2) considerado foi quanto ao número e aos tipos de equipamentos/maquinários e a eficiência do processo industrial, pois este tem relação com a geração do resíduo de LBRO, o tratamento necessário e observâncias desde o armazenamento temporário no empreendimento, até a destinação final.

O terceiro critério (Critério 3) considerado foi quanto aos tipos de tratamentos aplicados a LBRO, com as características dos sistemas implantados, e as diferenciações na destinação final da LBRO.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo os dados coletados no acervo documental da SEMMA, entre 2016 e 2020, foram emitidas licenças municipais para empresas de rochas ornamentais desenvolverem as seguintes atividades com rochas ornamentais:

- Treze licenças para empresas realizarem corte e acabamento/aparelhamento e/ou polimento manual ou semi-automático, quando exclusivos;
- Catorze licenças municipais para empresas realizarem desdobramento e/ou polimento e/ou corte quando associados entre si, e
- Uma licença para a atividade de pátio de estocagem de blocos e chapas.

Em relação ao porte dos empreendimentos, as Instruções Normativas SEMMA Nº 01 e 02, de 19 de setembro de 2017, utilizam dois parâmetros de classificação: (i) a produção mensal em metros quadrados (PM m²/ao mês) no caso do corte e acabamento/aparelhamento de rochas ornamentais e/ou polimento manual ou semi-automático, quando exclusivos e (ii) a capacidade máxima de produção em metros quadrados ao mês (CMP m²/ao

mês) no caso do desdobramento e/ou polimento e/ou corte e aparelhamento de rochas ornamentais, quando associados entre si. Os documentos levantados mostraram que, em geral, a maior parte dos empreendimentos licenciados são de porte simplificado (onze empresas com PM ≤ 5000) e que desenvolvem as atividades descritas em (i). Estas empresas representam marmorarias que utilizam como matéria-prima, placas previamente polidas para produção de pisos, pias, lápides, mesas e uma diversidade de produtos. Em segundo lugar, estão os empreendimentos classificados como de porte médio (oito empresas com 3000 < CMP ≤ 15000) que executam as atividades descritas em (ii).

Em termos de geração de LBRO, observou-se que as empresas que desenvolvem o desdobramento e/ou polimento e/ou corte e aparelhamento de rochas ornamentais, quando associados entre si, são as que descartam os maiores volumes de material.

Assim sendo, dentre as catorze empresas cujas atividades geram os maiores volumes de LBRO, foi possível observar que predominam as de médio porte (oito empresas com 3000 < CMP ≤ 15000), seguido pelo porte grande (quatro empresas com CMP > 15000), e por fim as empresas do porte pequeno (duas empresas com CMP < 2000).

Diante deste cenário, para prosseguir o estudo no sentido quantitativo-qualitativo, de acordo com o Critério 1 - Porte dos Empreendimentos e Atividades Licenciadas, foram selecionadas as empresas de portes médio e grande (doze empresas no total), por representarem o maior quantitativo de empreendimentos dentro da categoria com o maior volume de lama de beneficiamento produzido.

A seguir, foi realizado um levantamento dos maquinários dos

empreendimentos que executam o desdobramento de blocos em chapas, cujo resultado é apresentado no Quadro 1, no qual nota-se a diversidade de tecnologias dos equipamentos. Estão instalados e

licenciados no município o quantitativo de 45 teares dentre os quais predominam os teares convencionais, presentes em 34 empresas de todos os portes.

Quadro 1: Equipamentos e Maquinários utilizados na atividade de desdobramento de blocos de rochas.

Porte	Equipamentos e maquinários					
	Tear Multifio	Tear Monofio	Tear Convencional	Politriz (semi automáticas e automáticas)	Cortadeira	Poliborda
Pequeno	-	-	4	1	2	-
Médio	1	2	21	7	9	1
Grande	4	4	9	6	4	1
Total	5	6	34	14	15	2

Fonte: Órgão Público Municipal.

Atentando para as empresas do porte médio, verifica-se a operação de todos os tipos de teares, desde os multilâminas (convencionais) aos multifios, com os teares convencionais representando a maior alternativa ao desdobramento. Os teares monofios e multifios representam as alternativas mais modernas e eficientes pois utilizam diversos fios diamantados ao mesmo tempo. Entretanto, a presença destes equipamentos é registrada apenas nas empresas de médio e grande porte e, maioria das vezes, operam em associação com os teares convencionais. Algumas empresas já abandonaram o uso dos teares convencionais por razões custo/benefício/produção dos multifios. Cabe destacar que há a possibilidade desta tendência estar ocorrendo entre as empresas de porte grande do município, no momento da pesquisa, podendo ser estudada em futuros levantamentos.

Silva *et al.* (2012) compararam em seus estudos, o processo de beneficiamento primário envolvendo os teares multilâmina (convencionais) e os teares de fios diamantados (multifio), destacando as vantagens e desvantagens em cada tecnologia. Os resultados apontaram que

nos teares multilâminas, os custos com a aquisição de insumos equivalem a 50% dos multifios. Entretanto, apesar da economia neste sentido, esses teares apresentam maior consumo de energia e a sua produtividade foi equivalente, apenas, à 16% da produtividade de um tear multifio.

Silveira *et al.* (2014) apontam que em determinados casos, os teares multilâmina ainda são os mais indicados, principalmente quando se trata de empresas de pequeno porte e cujo mercado interno é o principal cliente devido a algumas características como, por exemplo, maior flexibilidade operacional, boa produtividade e boa relação custo x benefício do investimento inicial.

De forma geral, os dados indicados no perfil tecnológico e capacidade instalada do parque brasileiro de serragem de chapas disponibilizado pela ABIROCHAS (2020), demonstra o Espírito Santo com 350 teares multilâminas e 330 teares multifio diamantados, operantes.

Dando prosseguimento à seleção de alvos para o presente estudo, de acordo com o Critério 2 - Tipos de Equipamentos e Maquinários utilizados, manteve-se o

enfoque do estudo sobre as empresas de porte médio e grande (doze empresas) porque, além delas representarem a maioria de empreendimentos no grupo das empresas do desdobramento, também utilizam uma diversidade maior de tecnologias. Este fato pode ser observado, por exemplo, no uso associado de teares convencionais e modernos feito pelas empresas de médio porte, e na citada tendência de modernização nas grandes empresas.

Posteriormente foram analisados os tipos de sistemas implantados para o tratamento da LBRO. Os resultados (Quadro 2) levaram a seleção dos alvos segundo o Critério 3 - Tipo de Tratamento e Destinação da LBRO. Foram levantadas

basicamente três práticas, produzindo lamas com características e destinações particulares: i) Tratamento primário aplicado a LBRO com a utilização de sistemas de sedimentação, compostos por tanques de células decantadoras. Estes sistemas são abertos e permitem a interação com a atmosfera, propiciando a passagem do efluente pelas células de modo que a fração mais sólida e densa se deposite na parte basal, enquanto a parte líquida será reaproveitada no sistema produtivo, resultando em redução da umidade do resíduo de LBRO; ii) Expansão do armazenamento com a utilização de silos verticais (ou silos cônicos, ou decantadores verticais). Esse

Quadro 2: Sistemas de tratamento de LBRO adotados nos empreendimentos licenciados para o desdobramento de blocos de rochas ornamentais em Nova Venécia.

Porte	Sistemas de Tratamento		
	Tratamento primário	Expansão do armazenamento	Tratamento complementar
Pequeno	2	-	-
Médio	5	3	2
Grande	2	2	2
Total	9	5	4

Fonte: Órgão Público Municipal

sistema possui a capacidade de promover tanto separação quanto a ampliação da capacidade de armazenagem dentro do empreendimento, e geralmente é utilizado como etapa preliminar de preparação do efluente para submissão ao tratamento e posterior de desidratação; iii) Tratamento complementar consistindo na submissão da LBRO, proveniente dos tanques de decantação e silos, ao processo de desidratação em filtros prensas. Neste sistema há a compressão mecânica do resíduo para retirada da água do seu interior, resultando níveis muito baixos de umidade, estando na umidade adequada para sua destinação final em aterros licenciados.

Segundo registrado por Campos *et al.* (2013) a explosão da produção de rochas ornamentais ocorrida na década de 1990, e o consequente aumento de unidades de beneficiamento, especialmente no estado do Espírito Santo, revelou o problema ambiental do despejo direto dos efluentes das serrarias nos cursos d'água próximos. O Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), regulamentou então o licenciamento ambiental das serrarias – consideradas potenciais poluidoras - por meio da Instrução Normativa IN 19, de 2005, dando especial ênfase ao tratamento desses efluentes, com recirculação da água e à disposição dos sólidos, não perigosos, mas não inertes, em aterros. Foi então iniciada a instalação de sistemas de

tratamento de efluentes, principalmente de separação sólido-líquido, e recircular a água no processo, resultando em material sólido seco (baixo teor de umidade) e a produção de um líquido clarificado (água para recirculação).

Por fim, sobre o Critério 3 - Tipos de tratamentos aplicados a LBRO, observa-se nas empresas do porte médio e grande, similaridades quanto ao tipo de tratamento dado à lama, com os três tipos de sistemas operando em interação, motivo pelo qual não foi possível neste levantamento segregar as empresas/atividades.

Segundo Campos *et. al.* (2013), a separação da fase sólida/líquida da lama ocorre nas etapas de espessamento, filtração e secagem, sendo o espessamento correspondente ao primeiro estágio, baseado no fenômeno de sedimentação. A sedimentação de partículas sólidas em um meio fluido depende, entre outros fatores, da densidade e do tamanho dessas partículas. Com a sedimentação das partículas sólidas, estas se separam de grande parte da água (sobrenadante).

Dentre as empresas analisadas, há aquelas em que o espessamento ocorre somente nos taques de decantação, e aqueles em que a etapa se dá em tanques e em sedimentadores verticais, instalados na área de operação da empresa. Já as fases de filtração e de secagem ocorrem tanto nas empresas quanto nos aterros de LBRO, ou seja, em área externa ao empreendimento.

No município do Nova Venécia, há empreendimentos que detêm filtros prensa e que destinam a LBRO em forma sólida e em umidade final adequada a deposição nos aterros e há empresas que destinam a LBRO na forma líquida ao aterro do Centro de Tratamento de Resíduos de Nova Venécia – CTR Nova Venécia, responsável pela filtroprensagem e deposição adequada, retornando a fração líquida para reaproveitamento na empresa associada. Um dos empreendimentos

apresentou a diferenciação na destinação da LBRO pois, enquanto o padrão observado foi a destinação final aos aterros licenciados existentes na região, este empreendimento destina sua lama ao reaproveitamento, fato que chamou a atenção como uma alternativa para a lama produzida.

Um diagnóstico adicional realizado a partir da análise das licenças ambientais foi das condicionantes aplicadas às diferentes etapas da produção (Figura 4).

As condicionantes do licenciamento ambiental são cláusulas que estabelecem as condições, restrições, medidas administrativas e ambientais que deverão ser observadas pelo empreendedor para o gerenciamento dos impactos ambientais decorrentes da instalação e operação de empreendimentos e atividades objeto do licenciamento.



Figura 4: Condicionantes direcionadas ao gerenciamento aplicado etapas distintas da produção.

Na análise das condicionantes que se aplicam ao tratamento e armazenamento da LBRO, houve uma tendência a semelhança dos sistemas, independente do porte que a empresa apresenta, devido a observância das três etapas de tratamento (tratamento primário, expansão do armazenamento e tratamento complementar).

Deste modo, as condicionantes presentes nas licenças demonstram padronização indicando que a manutenção dos sistemas de controle se faz por meio de condicionante técnica de caráter orientativo, a ser observada continuamente na atividade. Esta condição de orientação também se aplica nos casos de descarte da água residuária dos tanques de decantação, a qual deve ser precedida por análise

química dos parâmetros de modo que o efluente atenda aos padrões de lançamento permitidos em corpos hídricos, sem alteração de sua classe. Essa exigência leva ao entendimento da potencial capacidade para veicular elementos químicos importantes, que em meio aquoso podem resultar em impactos como alteração de pH, influência em organismos, toxicidades etc. Também se destaca uma condicionante específica, adotada nas licenças, em todas as empresas com produção superior a 12000 m² ao mês, constando da apresentação anual da realização de análises de classificação da LBRO, acompanhados de laudos técnicos que determinem se a LBRO pertence a Classe II-A (resíduos não perigosos não-inertes) ou Classe II-B (resíduos não perigosos inertes) da NBR 10004:2004. Estas análises utilizam amostras de LBRO coletadas na empresa, procedendo a quantificação de parâmetros específicos ao extrato lixiviado, extrato solubilizado e massa bruta de LBRO, ou seja, em três condições diferenciadas sendo a massa de LBRO, o líquido que flui desta massa e este líquido diluído em solução. Por meio desses resultados, é possível compreender os riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde humana, ao evidenciar a geração de resíduos da Classe II-A por exemplo, inserem-se uma série de cuidados a serem observados desde a manipulação a destinação do resíduo, pois ainda há possibilidade de ocorrência de reações químicas e geração de sub produtos. Enquanto para a LBRO caracterizada como classe II-B, a ausência de reação em água destilada ou deionizada, sugere menor possibilidade de reações, ocasionando preferência por este produto nos estudos de reutilização.

Os resíduos gerados em cada tipo de tear apresentam características distintas. Silveira *et al.* (2014) relatam que o resíduo gerado na serragem de blocos em tear multifio é uma lama composta basicamente por água, pó de rocha e micro cristais de diamante, desprendidos da pérola

diamantada. No tear multilâmina, a lama contém pó de rocha, cal, água e fragmentos de aço oriundos da granalha e da lâmina. Em ambos os casos, mais de 95% da água utilizada é recirculada. Os estudos realizados por Braga *et al.* (2010), em caracterização de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais de diferentes empresas no Espírito Santo, analisaram a mistura de rocha moída e água deionizada, considerada a forma mais pura que uma LBRO pode apresentar, e verificaram que todas as amostras se caracterizavam como resíduo não-corrosivo e não-tóxico quando quantificados no extrato lixiviado, ou seja, resíduo Classe II. Em suas análises do extrato solubilizado, 50% dessas amostras foram classificadas como resíduo Classe IIA – não inerte para os parâmetros A1 e F, os quais correspondiam amostras das rochas amarela e de cor mais escura, preto e verde, diferentemente das amostras de rochas de cor clara, mármore branco, granito branco e granito cinza, classificadas como resíduo Classe IIB – inerte. O tear multilâmina utiliza, para o corte, lâminas de aço com ajuda de uma mistura abrasiva composta por água, cal hidratada, granalha de aço e pó de rocha. A densidade correta e constante adição de granalha nova (granalha ativa – superior a 0,425 mm), cal e água ao sistema, além de uma descida do quadro porta-lâmina (cala), condizente com as características de dureza e tenacidade da rocha, são acompanhados visando a qualidade da serrada. Essa lama abrasiva percorre um circuito fechado sendo bombeada continuamente banhando o bloco a ser cortado (Silveira *et al.* 2014). O desgaste das lâminas de aço ou ferro influenciam nas composições da LBRO gerada (Braga *et al.*, 2010).

Em estudos realizados por Buzzi *et al.* (2008) os autores levantaram o armazenamento temporário da lama de beneficiamento até a destinação final no município de Cachoeiro do Itapemirim, em que 39% das empresas utilizavam o sistema de sedimentador de fluxo horizontal, enquanto 37% utilizavam como

alternativa de armazenamento os tanques escavados no solo. Estudos de caracterização realizados por Braga *et al.*, (2010), demonstraram a análise de amostras de lamas de desdobramento expurgadas dos poços de bombeamento para tanques escavados no solo e apresentaram caracterização como não-corrosivas, não-tóxicas e não-inertes para os parâmetros Al, Fe, Pb, Cr, fenóis, SO_4^{-2} , classificadas como Classe IIA.

Assim sendo, as análises químicas são relevantes na adoção de estratégias de destinação, segregando o resíduo para o qual há maior possibilidades de estudos e assim destinação diferenciada de acordo com a classe como, por exemplo, reaproveitamento em outros processos produtivos. Os estudos de Braga *et al.* (2010) discutem que uma alternativa para esta questão seria a disposição das lamas de desdobramento e de polimento em separado, em tanques construídos e cobertos, permitindo melhores condições de controle ambiental de rotina dos resíduos das ações impactantes causadas pelas LBRO.

As condicionantes exigidas na destinação final dada a LBRO, reforçam o compromisso delegado ao gerador com a destinação dos resíduos provenientes na atividade, incluindo desde as condições relativas ao transportador dos mesmos, e o local de destinação final o qual deve ser provido de licença ambiental.

Em análises dos Planos de Controles Ambientais (PCAs), verificou-se que em geral não são descritos o monitoramento de LBRO adotado nos empreendimentos, as manutenções dos sistemas de controle, cronogramas de destinação e ações preventivas a acidentes ambientais. O enfoque dado nos mesmos é quanto a geração e os sistemas de tratamento de LBRO e seus projetos técnicos. Quanto a destinação final, os PCAs apresentam descrição mais sucinta conforme ilustrado no infográfico a seguir (Figura 5), apresentando simplesmente

apenas dois processos distintos: a deposição em aterros licenciados ou o reaproveitamento em áreas licenciadas.

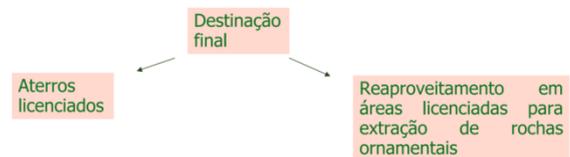


Figura 5: Destinação final da LBRO nas empresas de Nova Venécia.

A destinação da LBRO aos aterros licenciados é o principal método adotado pelas empresas do município. Atualmente registra-se a operação de dois aterros licenciados aptos para o recebimento de LBRO no município. Ambos recebem LBRO independente da classificação, possibilitando às empresas, destinação com menor investimento em transporte. Por se tratar do procedimento mais usual a destinação de LBRO aos aterros é um procedimento conhecido de todas as empresas, a sua prática contribui com o cumprimento da legislação, com o resíduo sendo destinado ao local adequado, cabendo ao empreendimento manutenção dos tanques de decantação e dos sistemas de drenagem do efluente, a realização das análises químicas, e conseqüentemente um planejamento financeiro aliado ao planejamento ambiental. Estudos recentes realizados por Neto (2021) em um empreendimento localizado em Jaciguá, Sul do Estado do Espírito Santo, avaliaram os custos envolvidos para a separação sólido-líquido no processo de desdobramento de blocos de rochas ornamentais com uso de tear multilâminas e indicaram a quantia mensal de R\$ 11.424,58, gastos nos processos de floculação do efluente, sistema de bombeamento, agitador de polpa, filtro prensa, carregamento, transporte e a disposição da lama.

A outra destinação encontrada para a LBRO - realizado especificamente por uma empresa localizada na zona rural do

município. Estando distante cerca de 27 km da sede municipal, e 22 km do Pólo Agroindustrial - é o reaproveitamento do resíduo em áreas licenciadas para a extração de rochas ornamentais nas quais a lama tem sido autorizada a ser utilizada como “cama de amortecimento” em substituição ao solo previamente preparada com o objetivo de amortecer o impacto de queda dos blocos lavrados. A possibilidade de adoção deste procedimento é condicionada a exigências técnicas específicas tanto ao gerador, quanto ao receptor de LBRO.

O tombamento de painéis e a movimentação de blocos são etapas de operação da lavra que se iniciam uma vez isolados os filões do maciço. Os filões são tombados em “camas” constituídas, na sua maioria, por solo e fragmentos de rocha. Do filão tombado, também chamado painel, são esquadrejados os blocos (Vidal *et al.* 2013). Com a confecção da “cama” ocorre a redução do impacto da prancha no solo, evitando fraturas, quebras. Segundo Pontes *et al.* (2018), quanto ao processo de tombamento das pranchas, caso não haja o devido amortecimento durante a ação, pode haver fraturas devido ao impacto, resultando em prejuízos.

Dada esta finalidade de utilização da LBRO, determina-se que a empresa fornecedora da lama gere, em seu processo produtivo, LBRO da classe II-B resíduo não inerte, classificado de acordo com a NBR 10004:2004. Para tanto é exigida a comprovação por meio de apresentação de laudos de caracterização em frequência semestral, prazo inferior ao exigido das demais empresas. Deve-se cumprir o padrão de umidade adequada a deposição em aterros, ou seja, igual ou inferior a 30% em base seca, com realização do tratamento na unidade geradora, implicando automaticamente que esta possua filtro prensa para execução de todas as etapas de tratamento adequadamente (essamento, filtragem e secagem). E por meio de condicionantes específicas a

deposição da LBRO é autorizada nos locais denominados depósitos de rejeitos ou depósito de estéreis, cuja função é de armazenar produtos que não atendem aos padrões comerciais, avaliados como portadores de defeitos, mas que podem vir a ser utilizados futuramente, observando-se critérios de controle como sinalização da área, cordão de isolamento, sistema de drenagem, além da observação da devida manutenção desses sistemas, por exemplo. As áreas dos depósitos de rejeitos possuem tamanho e sua poligonal definidos na licença ambiental da empresa receptora, e também são identificados na licença ambiental da empresa doadora. Esses aspectos são observados no monitoramento do empreendimento e também para avaliação da continuidade da destinação diferenciada, sendo solicitado anualmente a apresentação de relatórios de atendimento.

Percebe-se que a destinação da lama para utilização em área de extração de rochas ornamentais como “cama de amortecimento”, se adapta aos empreendimentos localizados no município em regiões distantes dos aterros licenciados, localizados na sede de Nova Venécia, possibilitando iniciativas experimentais de destinação final mais próxima ao seu local de operação. Esta alternativa contribui com a economia de recursos em transporte de LBRO e pagamento pelos serviços dos aterros industriais. Porém, no acompanhamento dado ao empreendimento são acrescidos custos com monitoramento, na realização de análises de caracterização e laudos laboratoriais de comprovação mais frequentes, além de custos de implantação e manutenção dos equipamentos característicos no processo produtivo, como os filtros prensas. No aspecto ambiental, há redução dos cortes para obtenção de solo e formação da “cama de amortecimento”. O que contribui com a redução de escavações, exposições de solo, alterações da paisagem, interferências no

comportamento da drenagem natural dos terrenos e emissão de material particulado.

5 CONCLUSÕES

A LBRO ainda persiste como um desafio ambiental, gerando muitos questionamentos, sendo tema de pesquisas aplicadas principalmente na área da construção civil. O desenvolvimento de pesquisas nesta área é essencial em diferentes aspectos. No sentido econômico contribuem para definição de novos processos de utilização do material, a partir do reaproveitamento e sua inserção em outros processos industriais gerando receitas. No aspecto ambiental, esses estudos possibilitam a concepção de tecnologias ambientais no avanço das técnicas de manuseio e armazenamento. E na esfera social contribuem para a nova construção do conceito de imagem da atividade, passando de poluidora à tecnológica e adequadamente planejada.

Uma metodologia adequada de gerenciamento de LBRO se torna cada vez mais necessária, sendo o empreendimento altamente especializado em determinada atividade, seja o desdobramento de blocos, polimento e corte em peças, as atividades relativas ao gerenciamento com enfoque na LBRO demanda busca e aplicação de conhecimentos novos.

A inclusão de novos procedimentos na atividade pode ser facilitada pela integração das empresas do setor e busca por parcerias estabelecidas com Instituições de Ensino e Pesquisa. Além disso, é necessário a concretização de uma capacitação técnica que promova o aperfeiçoamento e atualização dos profissionais envolvidos, que exercem papel importante de atuação direta junto aos empreendimentos. Os resultados deste estudo já exemplificam adequações práticas a serem adotadas pelas empresas que geram resíduo classe II-B inerte, pelo armazenamento segregado da LBRO proveniente dos multifios e monofios, pelo registro dos materiais desdobrados

constando as informações de origem e coloração, pois estes podem conferir diferentes características à LBRO, como indicado no trabalho de Braga *et al.*, 2010. Questões como estimativa de geração de LBRO, com previsões por período e seus devidos registros, e ações preventivas a eventos extremos e acidentes ambientais, são medidas práticas de gerenciamento que não se encontram nos estudos abordados nos PCAs.

Os aterros licenciados constituem a rota de destinação mais viável no município. Entretanto, um conjunto de empresas geradoras de grandes volumes de LBRO, apresentam potencial tanto para a modernização dos seus sistemas e conseqüentemente, para a geração da LBRO classe II-B. Para a que estes resíduos sejam inseridos em novos processos produtivos, ainda que em caráter experimental, é necessário adequações nos sistemas geradores, medidas de identificação, segregação e quantificação do resíduo, em conjunto ao desenvolvimento de capacitações aos profissionais e estímulos à modernização das empresas.

Ademais, a possibilidade de expandir a reutilização da LBRO em áreas de extração de rochas ornamentais, pesquisas futuras, com enfoque no planejamento, execução e acompanhamento do fechamento e recuperação ambiental das áreas de extração, no qual poderiam ser investigados os efeitos deste resíduo inerte segundo os objetivos de restauração, recuperação ou reabilitação da área.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, à família pelo apoio, ao IFES Campus Nova Venécia, à minha orientadora pela parceria e todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no Período Janeiro-Outubro de 2021**. Disponível em https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2021/11/Informe-07_2021-Exportac%CC%A7o%CC%83es-outubro.pdf. Acesso em 16 de dezembro de 2021.
- ABIROCHAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **O Setor brasileiro de rochas ornamentais**. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/abinoticias/Setor_de_Rochas_Ornamentais.pdf. Acesso em: 21/05/2020.
- BRAGA, F. S. et al. Caracterização ambiental de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 237-244, 2010.
- BRASIL, **Lei nº 12.305 de 02 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: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato/2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 20/03/2023.
- BRUNHARA NETO, V. **Avaliação dos custos envolvidos no processo de separação sólido-líquido do processo de desdobramento de blocos de rochas ornamentais com uso de tear multilâminas**. 2021.
- BUZZI, D. C. et al. **Quantificação dos resíduos sólidos gerados nas empresas de beneficiamento de rochas ornamentais**. 2008.
- ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa Nº 019 de 17 de agosto de 2005**. Dispõe sobre a definição dos procedimentos de licenciamento das atividades de beneficiamento de rochas ornamentais. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/instrucao-normativa-019-de-17-de-agosto-de-2005>. Acesso em: 21/05/2020.
- ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa Nº 11 de 11 de outubro de 2016**. Dispõe sobre critérios e procedimentos técnicos para licenciamento da atividade de disposição de Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais. <http://servicos.iema.es.gov.br/legislacao/FileHandler.ashx?id=858&type=2>. Acesso em: 22/06/2021.
- VIDAL, F. W. H.; PINHEIRO, J. R.; CASTRO, N. F.; CARANASSIOS, A. Cap. 4: Lavra de Rochas Ornamentais. In: VIDAL, F. W. H. et al. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. 2013.
- SILVEIRA, L. L. L. S.; VIDAL, F. W. H.; SOUZA, J. C. S. Cap. 7: Beneficiamento de rochas ornamentais. In: VIDAL, Francisco Wilson Hollanda et al. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. 2014.
- PONTES, J. C. et al. Proposição de técnicas de produção mais limpa para lavra de rochas ornamentais de pedreiras do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC)**. 2018.
- SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W.; CASTRO, N. F. Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de rochas ornamentais. **Jornada Iniciação Científica, Cetem**. Rio de Janeiro - RJ, 2012. 5p.