

Impactos ambientais no desmonte de rochas com foco na transição para a economia circular**Environmental impacts of rock blasting focused on transition towards a circular economy**

DOI: 10.34188/bjaerv3n3-042

Recebimento dos originais: 20/05/2020

Aceitação para publicação: 20/06/2020

Julio Cesar de Pontes

Doutor em Recursos Naturais pela UFCG

Instituição: Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Endereço: Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal - RN I CEP 59015-000

E-mail: julio.pontes@ifrn.edu.br / pontesblaster@gmail.com

Vera Lúcia Antunes de Lima

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, bairro Universitário, Campina Grande-PB I CEP 58429-900

E-mail: antuneslima@gmail.com

Valdenildo Pedro da Silva

Pós-doutor em Sustentabilidade de Recursos Naturais pela UFRJ

Instituição: Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Endereço: Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal - RN I CEP 59015-000

E-mail: valdenildo.silva@ifrn.edu.br

RESUMO

O desmonte de rochas impacta de maneira significativa, devido ser uma atividade importante para o desenvolvimento socioeconômico e fonte geradora de riqueza e renda, mas traz consigo eventos sem a preocupação com o uso e o valor restaurativo e regenerativo dos recursos naturais, como extração mineral geradora de resíduos, exposição do solo aos processos erosivos de vibrações, poluição do ar, entre outros aspectos negativos. Este artigo volta-se para o estudo dos impactos ambientais da extração de rochas graníticas, realizada nas proximidades da cidade de Caicó-RN, mais precisamente na Pedreira Dantas Gurgel & Cia Ltda que está em transição para economia circular. Para a avaliação dos impactos dessa atividade econômica utilizou-se o método matriz de interação em todo o processo mineral, desde a extração da lavra até o beneficiamento final das rochas e seus sub produtos. A partir dos resultados obtidos, por ocasião da pesquisa de campo, pode-se afirmar que o desmonte de rocha com uso de explosivo, tem impactado positivo e negativamente, pois, se por um lado constitui a única fonte de geração de renda e empregos na região. Por outro lado, os impactos negativos de grande monta afetam o bem-estar da comunidade em sua vizinhança causados por uma extração mineral sem gerenciamento circulares dos resíduos locais, formação de crateras a céu aberto, difusão de gases, poeiras e doenças. O desmonte de rochas pode ser sustentável, caso adote um processo extrativo proativo e preventivo de uso dos resíduos dentro da própria mina, com isso fornecerá benefícios ambientais mais significativos e geradores de valores. Em suma, os princípios da economia circular podem ser aplicados de forma prática, no interior da mina, desde as primeiras fases do desmonte de rochas até comercialização dos produtos para suprir o setor da construção civil.

Palavras-chave: Desmonte de rochas, Mineração, Impacto ambiental, Economia circular.

ABSTRACT

Rock blasting has a significant impact, because it is an important activity for socioeconomic development and a source of wealth and income, but it brings events without concern for the use and restorative and regenerative value of natural resources, such as generating mineral extraction. waste, soil exposure to erosive vibration processes, air pollution, among other negative aspects. This manuscript is aimed at the study of environmental impact of granite rock mining, exploited rounding Caicó city in Rio Grande do Norte State, loca'd in quarry mining Dantas Gurgel & Cia Ltda that is in transitions to a circular economy. To impact evalue of this economic activity, has been interaction matrix method using in the entire mineral process, from the extraction on the pit up to the final processing of the gravel and your by-products, even know that in one hand it is the only source of income generation and jobs in the region. In other hand, the major negative impact of largest service affect the quality-life of the community in quarry mining boarder caused by mineral extraction without circular management of local waste, formation of open pit craters, gases diffusion, dust and diseases. The breaking rocks can be sustainable, if it adopts a proactive and preventive extractive process of using waste within the mine itself, providing more significant environmental benefits and generating value. In conclusion, it can apply the principles of a circular economy of a practical way, inside the mine, from the first phases of the rock blasting up to products marketing to supplying to the civil construction sector.

Keywords: Rock blasting, Mining, Environmental impact, Circular economy.

1 INTRODUÇÃO

O desmonte de rochas pode ser realizado a céu aberto ou subterrâneo, envolvendo etapas, como: perfuração, preenchimento dos furos, amarração e iniciação dos explosivos. À medida que os furos mais próximos da superfície são disparados, as detonações criam novas *faces* livres para futuros desmontes. A sequência de tempos da saída dos furos é determinada por elementos de retardos em milésimos de segundo (ZHANG, 2016; ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2020). O desmonte de rochas visa a produção da britagem e moagem das rochas para suprir as bases da construção civil, mas traz impactos para o ambiente circundante. Por isso, avaliação de Impactos Ambientais (AIA) apresenta-se como um fundamental instrumento para tomada de decisões necessárias ao processo de equilíbrio ambiental. Existem diversas formas de se proceder a avaliação dos impactos ambientais provocados por empreendimentos humanos, alguns desses métodos são mais sistematizados e outros mais livres. As diferentes técnicas pressupõem fundamentações diferentes que poderão ser mais ou menos úteis dependendo de cada situação singular.

No âmbito das atividades humanas, a mineração tem sido uma das que mais tem causado problemas não somente ao meio ambiente, mas também a própria vida do homem, muitos dos quais de difícil resolução ou às vezes de solução socioeconômica inviável ou insustentável. Um dos problemas mais com no íterim das minas de extração tem se pautado pelo princípio filosófico do

extrair-fabricar-usar-descartar produtos minerais e energias (DUTHIE; LINS, 2017; SILVA, 2020). No entanto, no âmbito da mineração merece destaque a exploração de rochas que vem sendo imprescindível para o desenvolvimento local, principalmente daquelas comunidades rurais, situadas no interior do semiárido norte-rio-grandense. Ou seja, a atividade extrativa de desmonte de rocha, considerada como imprescindível à cadeia de suprimento mineral na maioria das minas, vem se configurando como um dos principais elos da cadeia produtiva da atividade de extração mineral, com influência direta nas etapas de carregamento, transporte e beneficiamento. Esse processo é gerador de impactos ambientais em várias dimensões econômica, social e ambiental.

Nessa perspectiva, entende-se que o impacto ambiental pode ser a alteração das características do meio ambiente, que resulte das atividades humanas e, que direta ou indiretamente afetem: a saúde, segurança e bem estar das pessoas; as atividades socioeconômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio; e por fim, a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986) Segundo Barbieri (2007), o impacto ambiental refere-se às alterações no meio físico, biótico e social que decorrem de ações humanas em andamento ou propostas.

Nessa perspectiva, a definição de impacto ambiental, no âmbito do desmonte de rocha, está associada à alteração ou ao efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de mineração em análise, podendo apresentar situações negativas ou positivas (BITAR; ORTEGA, 1998). Dessa forma, pode-se entender que impacto ambiental resulte uma relação causa-efeito. Tal efeito constitui a alteração mensurável da produtividade de sistemas naturais e da qualidade ambiental, originada de uma atividade econômica (MOREIRA, 1993).

Contudo, pouca ou nenhuma atenção tem sido dada a extração de rochas graníticas, amplamente usadas na construção civil, em relação a um processo operacional seguido da economia circular. Trata-se de um modelo que vai além do extrair-fabricar-usar-descartar, em que se redefine o crescimento, concentrando-se em benefícios positivos para o ambiente e a sociedade. Apoiando-se numa transição para fontes de energia renováveis, o modelo circular cria capital econômico, natural e social, baseando-se em princípios, como: projetar resíduos e poluição; manter produtos e materiais em uso; e regenerar sistemas naturais, como define a Ellen MacArthur Foundation (2020). Tudo isso é feito, segundo Lébre, Corder e Golev (2017), visando fluxos circulares na economia para manter os recursos em uso pelo maior tempo possível e limitar a disposição final de resíduos. Para esses autores, os minerais devem ser extraídos a custos ambientais aceitáveis, minimizando a perda de um recurso não renovável, podendo ser vista como uma contribuição da indústria de mineração para os objetivos da economia circular. Sabe-se que no início da cadeia de suprimentos, a extração de rochas vem ocorrendo sem nenhuma preocupação com a reutilização de desperdício e resíduos e muitas outras de

atividades são insustentáveis, requerendo com isso estudos que rumem para a transição da economia circular.

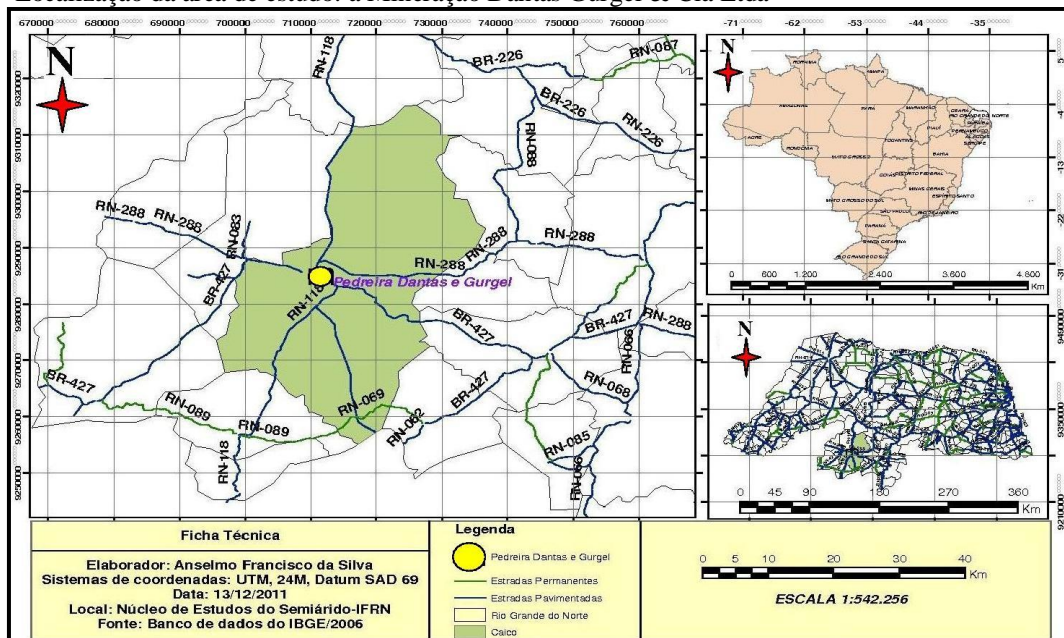
O objetivo do presente trabalho foi o de analisar os principais impactos ambientais estudo dos impactos ambientais da extração de rochas graníticas, realizada nas proximidades da cidade de Caicó-RN, mais precisamente na Pedreira Dantas Gurgel LTDA e suas transições para uma economia circular, utilizando a matriz de interação.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo desenvolveu-se no município de Caicó–RN, localizado na mesorregião Central Potiguar e na microrregião do Seridó Ocidental, limitando-se com os municípios de Jucurutu, Florânia, São João do Sabugí, Ouro Branco, Jardim do Seridó, São José do Seridó, Cruzeta, Timbaúba dos Batistas, São Fernando e Serra Negra do Norte, e com o Estado da Paraíba, abrangendo uma área de 1.215 km², conforme pode ser visualizado na figura 1. O município de Caicó está situado a aproximadamente 292 km da capital, a cidade de Natal.

Este estudo ocorreu na Mineração Dantas Gurgel & Cia Ltda., que fica situada no município de Caicó no estado do Rio Grande do Norte, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Localização da área de estudo: a Mineração Dantas Gurgel & Cia Ltda



Fonte: Banco de dados do IBGE (2006). Elaboração: Silva (2011).

A realização do estudo aconteceu por meio dos seguintes aspectos metodológicos: levantamento e coleta referenciais bibliográficos sobre o tema do estudo e aspectos afins, pesquisa

direta na empresa e entorno (realizada por meio de observação simples, levantamento de informações empresariais e entrevistas com proprietário, trabalhadores e população circunvizinha) e levantamento de dados secundários, principalmente em revistas, livros, jornais, publicações governamentais e não governamentais e de outros institutos de pesquisa.

Diante da realidade estudada, a matriz de interação foi aplicada, com adaptações e alterações de sua proposição original, a um empreendimento real, a Mineração Dantas Gurgel & Cia Ltda, procedendo-se ao preenchimento da mesma e obtendo-se informações mais detalhadas que as geralmente conseguidas através das matrizes convencionais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desmonte de rocha, utilizando explosivos, constitui um dos processos de cominuição do maciço rochoso, fragmentando-o de partículas maiores para fragmentos menores que serão posteriormente processados. Esse procedimento visa atingir uma granulometria específica para, em seguida, poder ser beneficiada e comercializada, principalmente na forma de brita ou pó de pedra, que são utilizados na construção civil.

O uso de bens minerais pelo homem remonta a própria história da Terra. Esse uso vem desde a idade da pedra, do bronze e do ferro. A pedra lascada, por exemplo, foi talvez o primeiro utensílio utilizado pelos ancestrais humanos. Daí por diante, o homem tem utilizado diversos tipos de técnicas para desmontar a rocha. Mas, convém registrar que, as técnicas de aplicação de explosivos para o desmonte de rocha remontam a antiguidade, pois vem desde o advento da pólvora negra (TANNO; SINTORI, 2003).

A partir da invenção da dinamite (que foi patenteada por Alfred Nobel em 1867), inúmeros avanços tecnológicos têm surgido, visando à melhoria da segurança, mas sobretudo, a qualidade e controle da geometria dos furos de rochas (TANNO; SINTONI, 2003). No entanto, uma coisa é certa, desde a história antiga até os dias atuais da era das novas tecnologias informacionais, o desmonte de rocha (conforme pode ser visto pela figura 02), visando a fragmentação da rocha para ser utilizada pelo homem, vem causando inúmeros aspectos ambientais e, por conseguinte, impactos ao meio ambiente que precisam ser melhor esclarecidos e analisados.

Figura 1– Geração de ultralancamento, poeiras e gases após detonação



Fonte: Arquivo pessoal (2013).

A análise entre as atividades do desmorte de rochas e os aspectos e impactos físicos, bióticos e antrópicos, foi realizada através de uma matriz de interação, conforme sinalizado na matriz 1. Nessa matriz, os impactos são definidos de acordo com seu “potencial negativo ou positivo”, correlacionando-os com um grau estabelecido (alto, médio ou baixo) ou ressaltando a anulação de impacto (sem interferência).

Os dados apresentados na matriz explicitam principalmente os impactos ambientais decorrentes das atividades minerárias, que são: interferências em águas superficiais; deterioração da qualidade do ar pela emissão de gases e poeiras; vibrações e ruído; ultralancamento de fragmentos de rochas – que significa em outras palavras, o arremesso de fragmentos de rocha decorrente do desmorte utilizando explosivos, além da área de operação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005); erosão da zona de lavra; migração de aves/mamíferos; alteração paisagística; interferências na área de exploração; geração de emprego e renda; capacitação dos funcionários; fornecimento de matéria-prima necessária para o desenvolvimento urbano; desvalorização imobiliária e conflito no uso e ocupação do solo.

A matriz foi construída com o auxílio de uma legenda, para melhor interpretação; salienta-se que os espaços constantes de “hifenização”, correspondem a “não interferência” nos meios físico, biótico e antrópico, dos quais são analisados os efeitos causados na água, ar, solo, fauna, flora e vizinhança (atividade econômica, saúde e população).

Tomando por base as informações da Matriz 1 de Interação, pode-se afirmar que dentre as atividades minerárias e sua correlação com os impactos nos meios físico, biótico e antrópico, destacaram-se, principalmente nos decapeamento, perfuração das bancadas minerais, carregamento dos furos com explosivos e amarração do fogo, detonação, carregamento e transporte.

Matriz 1 – Interação das atividades e impactos ambientais proporcionados pelo desmonte de rocha com uso de explosivos

Fatores Ambientais	Meio Físico						Meio Biótico		Meio Antrópico								
	Água	Ar			Solo		Fauna	Flora	Vizinhança								
		Interferências em águas superficiais	Gases e Poeiras	Ruídos	Ultrapassagem	Erosão da zona de lavra			Vibrações	Migração de Aves/Mamíferos	Interferências na área de exploração	Atividade Econômica				Saúde	
	Geração de Emprego						Fornecimento de matéria prima	Desvalorização Imobiliária				Modificação das formas do uso do solo	Acidente no Trabalho	Doença e Danos a Saúde	Aumento da população no entorno da pedreira	Alteração visual e paisagística	Conflito no uso e ocupação do solo
Decapeamento	▼	▶	▼	-	▲	▼	▲	▶	△	△	-	△	▼	▼	-	▲	▼
Perfuração das bancadas	-	▲	▲	-	▶	▲	▲	-	△	△	-	-	▶	▶	-	▼	-
Carregamento dos furos com explosivo	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	-	-	▶	▶	-	-	-
Amarração do fogo	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	-	-	▶	▶	-	-	-
Detonação	▼	▲	▶	▲	▼	▶	▲	▶	△	△	▲	-	▲	▲	-	▲	▲
Carregamento e transporte	▼	▲	▶	-	▼	▼	▼	▼	△	△	▲	-	▼	▶	-	▼	▼

LEGENDA

Potencial Impacto Positivo			Potencial Impacto Negativo			Sem Interferência
Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	-
△	▷	▽	▲	▶	▼	

Fonte: Elaboração pessoal (2013).

No quadro 1 estão dispostos os impactos potenciais, de acordo com o meio ambiente físico, biótico e antrópico e sua correlação de Magnitude (P – Pequena; M – Média; G – Grande), Importância (1 – Não significativa; 2 – Moderada; 3 – Significativa) e Duração (C – Curta; M – Média; L – Longa).

Quadro 1 – Impactos do desmonte de rocha a explosivo no meio físico, biótico e antrópico.

MEIO	IMPACTOS POTENCIAIS	MAGNITUDE			IMPORTÂNCIA			DURAÇÃO			DESCRIÇÃO
		P	M	G	1	2	3	C	M	L	
FÍSICO	Interferências nos recursos hídricos	X			X			X			Reservatório localizado próximo à pedreira; Rebaixamento do lençol freático.
	Gases e poeiras			X			X		X		Advindo das Atividades de desmonte
	Vibrações		X			X		X			Advindo das Atividades de desmonte
	Ruído			X			X	X			Advindo das Atividades de desmonte
	Ultralancamento			X			X	X			
	Erosão da zona de lavra			X			X			X	Advindo das Atividades de desmonte
BIÓTICO	Migração de aves/mamíferos			X			X			X	Alterações no habitat das espécies
	Interferência na área de exploração		X			X				X	
ANTRÓPICO	Geração de emprego			X			X			X	Modificação do meio
	Fornecimento de matéria prima			X			X			X	
	Desvalorização imobiliária			X			X			X	Interferência direta na comunidade
	Acidente no trabalho			X			X			X	Alto potencial de risco
	Doença e danos a saúde			X			X			X	Exposição do trabalhador
	Aumento da população no entorno da pedreira	X				X			X		Avanço da cidade
	Alteração visual e paisagística			X			X			X	Impacto visual
	Conflito no uso e ocupação do solo			X			X			X	Ausência da aplicação do plano diretor da cidade

P – Pequena; M – Média; G – Grande; 1 – Não significativa; 2 – Moderada; 3 – Significativa; C – Curta; M – Média; L – Longa

Fonte: Elaboração pessoal (2012).

A partir da pesquisa de campo, e das informações organizadas no quadro 1, pode-se afirmar que os impactos advindos da atividade mineral da pedreira Dantas Gurgel & Cia Ltda., apresentam variedade de magnitudes, a depender do meio investigado, quais sejam: *interferência nos recursos hídricos* – consta de magnitude pequena, uma importância não significativa e uma curta duração; *gases e poeiras* – constam de grande magnitude, com significativa importância e uma média duração

advinda das atividades do desmonte de rochas com uso de explosivos; *vibrações* – constam de média magnitude com uma moderada importância e curta duração no meio; *ruídos* – constam de grande magnitude com significativa importância e curta duração no ar; *ultralançamento* – consta de grande magnitude com significativa importância e curta duração; advém das atividades do desmonte; *erosão da zona de lavra* – conta de grande magnitude com significativa importância e longa duração, provocada pelos efeitos negativos das atividades do desmonte.

No que refere a interferência sobre o meio biótico, a pesquisa deu ênfase para estas duas situações destaques: *migração de aves/mamíferos* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração gerada devido às alterações causadas no habitat das espécies; e *interferência na área de exploração* – consta de média magnitude com moderada importância e longa duração, promovida pela alteração na superfície do solo em que pode aumentar a necrose da superfície das folhas e caule ou frutos (ASSUNÇÃO, 1998).

A partir das investigações realizadas na Mineração Dantas & Gurgel Ltda e em áreas circunvizinhas, percebeu-se que, em relação ao meio antrópico, as principais alterações locais recaíram sobre: *geração de emprego* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração devido à geração de emprego e melhor qualidade de vida para as comunidades da região; *fornecimento de matéria-prima* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração, devido ao fornecimento de matéria-prima para executar obras indispensáveis de infraestrutura para o desenvolvimento urbano; *desvalorização imobiliária* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração e é causada pelas interferências diretas dos processos de produção e potencialização de conflitos entre a população do entorno e a pedreira; *acidente no trabalho* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração; é causado, geralmente, pela alta potência de risco decorrente da atividade; *doença e danos à saúde* – constam de grande importância e longa duração, causado pelos efeitos maléfica da exploração dos recursos naturais; *aumento da população do entorno* – consta de média magnitude com moderada importância e longa duração devido ao avanço e à expansão da cidade seguida de inexistência de planejamento urbano, o que implica na incorporação da comunidade em áreas periurbanas; *alteração visual e paisagística* – consta de grande magnitude com significativa importância e longa duração, gerada pela alteração física da paisagem. Conflito no uso e ocupação do solo – constam de grande magnitude com significativa importância e longa duração, em virtude de ausência da aplicação do plano diretor da cidade.

Constatou-se que a extração de rochas graníticas na Mineração Dantas & Gurgel Ltda vem ocorrendo, ainda, por meio de práticas de extração excessiva de rochas, geradoras de resíduos e

apresentação de impactos negativos, que não trilham por nenhum dos princípios de transição para a economia circular, sem considerar valor e reuso de produtos e materiais e inovações tecnológicas, como pontuam Duthie e Lins (2017), para que se obtenha uma prática em sintonia com esse tipo de economia no âmbito da mineração.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se nas análises realizadas, pode-se concluir que foram avaliados os impactos ambientais da atividade do desmonte de rocha, destacando-se principalmente os impactos adversos mais significativos vinculados à etapa de detonação propriamente dita, podendo se estender, também, para áreas fora do domínio da mineração como: o ultralancamento, a vibração, os gases e as poeiras. Essas adversidades geradas pela mina atual serão mudadas numa transição para uma extração mineral mais sustentável em que a mina do futuro apresentará apenas produtos extrativos demandados por uma economia cada vez mais circular, como afirmou Batterham (2017).

A empresa mineral investigada possui um sistema de gestão ambiental, mas sem vinculações com os princípios da economia circular, que vem avaliando os impactos das atividades do desmonte de rocha, através do monitoramento das vibrações e da sobrepressão atmosférica, centrando-se no levantamento dos aspectos ambientais; a poluição do ar tem sido um dos impactos de ordem restritamente local, e que está mais diretamente relacionado às questões de saúde ocupacional dos trabalhadores; a análise da atividade mineral de desmonte rocha, utilizando explosivos, evidenciou no meio físico: o capeamento da vegetação tem reduzido a biodiversidade; a mineração tem modificado a paisagem e reduzido a disponibilidade de recursos minerais; no meio biótico os impactos do desmonte de rochas foram classificados como negativos, pois a presença humana e os ruídos e barulho das explosões condicionaram a migração de aves e mamíferos, e a poeira e gases além de causar interferências na morfologia dos vegetais tem provocado a degradação visual da paisagem; e por fim, no meio antrópico: foram diagnosticados impactos positivos e negativos.

Desse modo, os impactos positivos estão ligados à geração de emprego e renda, ao fornecimento de matéria-prima para as indústrias, e à promoção de arrecadação de impostos a serem investidos na gestão pública local. Em relação aos impactos negativos, foram diagnosticados alguns, a saber: os desperdícios e geração de resíduos da extração, a emissão de poeira e gases polui o ar, causador doenças respiratórias para as pessoas locais (trabalhadores e populações do entorno) que inalem o ar poluído; o uso de explosivos expõe os trabalhadores a grandes riscos de vida; e detonações emitem sons agudos comprometedores do bem-estar humano.

Portanto, diante dos impactos ambientais evidenciados espera-se que o desmonte de rocha, no nível da mina, comece a observar alguns princípios da economia circular, devido a mesma contribuir com o desenvolvimento de novos elos para a cadeia produtiva seguinte, por meio de práticas a serem observadas, como: otimização de processos do desmonte de rochas no interior da mina, produto como serviço, compartilhamento, extensão da vida do produto, insumos circulares, recuperação de recursos naturais e virtualização.

O desmonte de rochas pode ser menos impactante ao meio ambiente e mais sustentável, caso seja implementado um processo extrativo proativo e preventivo de uso dos resíduos dentro da própria mina, fornecendo benefícios ambientais mais significativos e geradores de valores. Em suma, os princípios da economia circular podem ser aplicados de forma prática, no interior da mina, desde as primeiras fases da extração das rochas até a saída dos produtos para suprimento do setor da construção civil, reduzindo assim os impactos ambientais em todas as esferas espaciais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 9653/2005: *Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSUNÇÃO, J. V. Poluição atmosférica. In: CASTELLANO, E. G. (Ed.). *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. São Paulo, 1998. p. 271-308.

BARBIERI, J. C. Impacto ambiental. In: *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 2007, p. 289-290.

BATTERHAM, R. J. The mine of the future: even more sustainable. *Minerals Engineering*, 107, 1-7, 2017. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687516303739>. Access in 15 may. 2020.

BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. Gestão ambiental. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. (Ed.). *Geologia de engenharia*. São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 32, p. 499-508.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)*. Diário [da] República do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. *Rock blasting*. Available in: <https://www.britannica.com/technology/prospecting-mining>. Access in 15 may. 2020.

DUTHIE, A. C. R.; LINS, F. A. F. A economia circular e o papel da mineração. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 6. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. p.7-14.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. What is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design. Available in: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>. Access in 15 may. 2020.

MOREIRA, A. C. M. L. Avaliação dos instrumentos de intervenção urbana. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, 2., 1993, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAAUSP, 1993, p.34.

SILVA, V. P. da. Economia circular: um novo valor para negócios sustentáveis. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, v. 59, n. 3, maio-junho, p.222, 2019.

TANNO, L. C.; SINTONI, A. *Mineração e município*: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. (Publicação IPT; 2850).

LÈBRE, É., CORDER, G., GOLEV, A. The role of the mining industry in a circular economy: a framework for resource management at the mine site level. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 662–672, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1111/jiec.12596>. Access in 15 may. 2020.

ZHANG, Z-X. *Rock fracture and blasting*: theory and applications. Butterworth-Heinemann/Elsevier, Oxford. 2016.