



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Resíduos da Mineração e Remineralizadores
de Solo como Fertilizantes Agrícolas.**

Uma Alternativa de Mitigação dos Impactos Ambientais
provocados pela Mineração. Estudo de caso: Pedreira
Araguaia.

Heliton Fernandes do Carmo
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos
Setores Energético e Mineral

Brasília, maio de 2019.



Heliton Fernandes do Carmo

**Resíduos da Mineração e Remineralizadores de Solo como
Fertilizantes Agrícolas.**

Uma Alternativa de Mitigação dos Impactos Ambientais
provocados pela Mineração. Estudo de caso: Pedreira
Araguaia.

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas Públicas e
Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, apresentada ao
programa de pós-graduação lato sensu em Administração da PUC-Rio como
requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Políticas Públicas e
Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral

Orientador: José Luiz Amarante Araújo

Brasília, maio de 2019

“Todo conhecimento é válido.”

Frase ouvida no 2º Semestre de graduação, que carrego comigo nos dias de hoje.

Agradecimentos

Agradeço a minha família pela compreensão e apoio, permitindo-me fazer este trabalho. Neste período, do curso e elaboração do TCC, ocorreram muitas mudanças boas na minha família, como o transplante renal do meu pai Edson Fernandes das Silva, que foi um sucesso no Hospital Alberto Rassi – HGG em Goiânia-GO, que mesmo nos dias difíceis e da necessidade de meu apoio, consegui finalizar este trabalho. Ainda, em especial a minha esposa Letícia Parreiras Nunes Sousa Fernandes e meu futuro filho, Samuel, com 6 meses de gestação.

Aos meus colegas da Coordenação de Licenciamento Ambiental e Pesquisa Sísmica Terrestre – COMIP e da Divisão de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Agropecuário, Transposições e Pequenas Estruturas - DTAPE, do IBAMA, pelo companheirismo e amizade nesses 5 anos de carreira no serviço público. Aos colegas do curso pela companhia, trabalhos em grupo e dos lanches compartilhados.

Agradeço ao professor José Luiz Amarante Araújo, por compartilhar seu conhecimento com os alunos durante suas aulas administradas, e em especial por ter seguido compartilhando o seu conhecimento comigo na trajetória final do curso, durante a elaboração deste TCC.

Resumo

Carmo, Heliton Fernandes. Araújo, José Luiz Amarante. **Resíduos da Mineração e Remineralizadores de Solo como Fertilizantes Agrícolas. Uma Alternativa de Mitigação dos Impactos Ambientais provocados pela Mineração. Estudo de caso: Pedreira Araguaia.** Rio de Janeiro, 2019. 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A mineração e a agricultura estão entre as atividades mais antigas que contribuíram para o desenvolvimento da sociedade, assim ocasionando o aumento da demanda por minerais e alimentos. Com a intensificação dessas atividades a mineração gera uma maior quantidade de rejeitos, causando impacto ambiental negativo, e a agricultura necessita de maior quantidade de fertilizantes. Este trabalho tem por objetivo apresentar como mitigar os impactos ambientais dos resíduos da mineração, utilizando-os como insumo agrícola, de forma sustentável, denominado remineralizadores de solo. A partir do estudo de caso apresentado, concluiu-se ao final do trabalho, como é possível dar destinação dos resíduos de mineração para a agricultura, otimizando os recursos naturais.

Palavras-chave

Mineração, Agricultura, Resíduos, Impacto Ambiental, Pó-de-Rocha, Remineralizadores de Solo.

Abstract

Carmo, Heliton Fernandes. Araújo, José Luiz Amarante. **Resíduos da Mineração e Remineralizadores de Solo como Fertilizantes Agrícolas. Uma Alternativa de Mitigação dos Impactos Ambientais provocados pela Mineração. Estudo de Caso: Pedreira Araguaia.** Rio de Janeiro, 2019. 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Mining and agriculture are some of the oldest activities that contributed to the development of society, increasing the demand for minerals and food. As these activities increased, mining produces a greater amount of waste causing negative environmental impact, and agriculture needs a greater quantity of fertilizers. This paper aims to describe how to mitigate the environmental impacts of mining waste, using them as an agricultural input, in a sustainable way, called soil remineralizers. From the case study presented, it was concluded at the end of the work, how it is possible to use mining waste in agriculture, optimizing natural resources.

Key-words

Mining, agriculture, waste, environmental impact, rock dust, soil remineralizers.

Sumário

1.	Introdução.....	1
1.1	Apresentação e Contextualização.....	1
1.2	Objetivo Geral.....	2
1.3	Objetivos Específicos.....	2
1.4	Relevância, Justificativa e Público Alvo do Estudo.....	3
2.	Referencial Teórico.....	3
2.1	A Mineração e a Agricultura.....	3
2.1.1	A Importância da Mineração.....	3
2.1.2	A Importância da Agricultura.....	4
2.2	Impactos Ambientais dos Rejeitos da Mineração e seus Usos.....	6
2.2.1	Rejeitos da Mineração e Impactos Ambientais.....	6
2.2.2	Possíveis Usos dos Rejeitos da Mineração.....	8
2.3	Agricultura e Fertilizantes.....	9
2.3.1	A evolução da agricultura.....	9
2.3.2	Dependência dos fertilizantes e Aumento de Demanda.....	10
2.4	Pós de Rocha, Rochagem e Remineralizadores de Solo.....	10
2.4.1	Contexto dos Remineralizadores de Solo.....	10
2.4.2	Eficiência do Uso de Remineralizadores do Solo.....	12
3.	Metodologia.....	14
4.	Estudo de Caso – Pedreira Araguaia.....	14
4.1	Apresentação da Empresa.....	14
4.2	Processos de Beneficiamento e Resíduos Gerados.....	16
4.3	Dos Resíduos ao Produto Remineralizador de Solo FMX.....	20
4.4	Aproveitamento dos Resíduos - Mitigação dos Impactos Ambientais	21
4.5	Resultados.....	23
5.	Considerações Finais.....	25
6.	Referências Bibliográficas.....	28
	Lista de Figuras.....	VIII
	Lista de Tabelas.....	VIII
	Lista de Mapas.....	VIII
	Siglas.....	IX

Lista de Figuras

Figura 1	Aplicação de pó-de-rocha no solo em lavoura de morango.....	11
Figura 2	Área de Lavra, pós detonação.....	17
Figura 3	Britador da Pedreira Araguaia.....	17
Figura 4	Processo de lavagem da brita.....	17
Figura 5	Pátio de estocagem.....	18
Figura 6	Drenagem do rejeito.	19
Figura 7	Bacia de sedimentação.....	19
Figura 8	Bota-fora contendo finos de micaxisto.....	20
Figura 9	Visualização do Bota-fora no ano de 2002.....	21
Figura 10	Visualização do Bota-fora no ano de 2008.....	22
Figura 11	Visualização dos Bota-foras no ano de 2018.....	22
Figura 12	Pilha do remineralizador, após beneficiamento.....	24

Lista de Tabelas

Tabela 1	Previsão de produção de alguns minerais e produtos de base mineral.....	4
Tabela 2	Projeção de produção e área plantada até safra 2027/28.....	5
Tabela 3	Área plantada brasileira dos 5 principais grãos, nas safras de 2006/07 a 2016/17, em mil hectares.....	5
Tabela 4	Projeção das áreas plantadas brasileira dos 5 principais grãos, nas safras de 2017/2018 a 2027/28, em mil hectares.....	6
Tabela 5	Lista das empresas que registraram os produtos no MAPA até abril de 2019, após a publicação da IN MAPA nº 05/2016.....	11

Lista de Mapas

Mapa 1	Localização da poligonal ANM nº 860.159/1989.....	15
Mapa 2	Área de estudo – Pedreira Araguaia.....	16

Siglas

PNM	Plano Nacional de Mineração
MME	Ministério de Minas e Energia
PIB	Produto Interno Bruto
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
ANM	Agência Nacional de Mineração
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
MAPA	Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ETE	Estação de tratamento de Esgoto

1. Introdução

1.1 Apresentação e Contextualização

A mineração e a agricultura estão entre as atividades que acompanham o ser humano há milhares de anos. A evolução dessas atividades permitiu o desenvolvimento da sociedade desde a fabricação das primeiras armas para a caça e a criação das primeiras ferramentas para produção de alimentos, até os dias de hoje.

Com a revolução industrial, a partir dos anos 1760, houve a transição de produção utilizando métodos artesanais pelo assalariado e com uso de máquinas, além da fabricação de novos produtos químicos, novos processos de produção de ferro, maior eficiência de energia da água e uso crescente da energia vapor. Neste sentido, houve um crescimento da demanda por máquinas, equipamentos e produtos, o que causou o aumento da necessidade de matérias primas para tal fim.

Como base primária destas matérias primas, o ferro, cobre e alumínio, são exemplos, dos elementos que compõe os minerais mais usados pelo homem para a produção de máquinas, equipamentos e produtos. Estes minerais de interesse são encontrados na natureza, normalmente associados a outros minerais formadores de rocha, e sendo obtidos pelos processos de extração e beneficiamento dos minérios de interesse econômico.

Com o desenvolvimento da revolução industrial, permitiu o crescimento da produção de máquinas e equipamentos para agricultura, o que propiciou no aumento da produção agrícola, para suprir a necessidade de alimentar a crescente população mundial nos últimos séculos.

O aumento da população mundial e desenvolvimento da tecnologia, atrelado com o aumento do poder aquisitivo das pessoas, acarretou no aumento de demanda por bens e serviços, e consequentemente no consumo de produtos dependentes de minerais. Ainda, o aumento da população gerou o aumento da demanda por alimentos, sendo necessário, cada vez mais o aumento da produção de alimentos.

Com a intensificação da atividade de extração mineral, acaba gerando uma maior quantidade de rejeitos, sendo dispostos, por exemplo em forma de bota-foras,

cavas de mina, e barragens, assim, causando impacto ambiental negativo. Ainda, com o aumento da demanda por alimentos, ocorre a necessidade de cada vez mais a utilização de adubação química no solo, podendo ocorrer contaminação do solo e da água, causando, também, problemas ambientais.

Os rejeitos de mineração podem ter diversos usos e ser vendido como produtos pelas empresas de extração de mineração, como por exemplo, fertilizantes de solo na agricultura, fabricação de telhas e tijolos, produção de cimento na construção civil, entre outros. Esses reaproveitamentos dos rejeitos podem ser uma forma de mitigação dos impactos ambientais, que as empresas e profissionais devem observar no escopo do licenciamento ambiental dos projetos de mineração.

Os subprodutos da mineração, como por exemplo, os finos que sobram do processo de moagem, são conhecidos por pó de rocha, e podem ser utilizados na agricultura no processo de adubação das lavouras, hoje chamado por remineralizadores de solo, o que permitem uma adubação natural ao solo, sendo uma alternativa econômica ao agricultor, assim, produzindo alimentos de forma mais sustentável.

Neste contexto, é possível reduzir o volume produzido dos rejeitos da mineração utilizando-os como subprodutos naturais (remineralizadores de solo) para a adubação complementar na agricultura, reduzindo a dependência por adubos químicos, e mitigando os impactos ambientais causados pela mineração?

1.2 Objetivo Geral

Portanto, diante dos problemas encontrados, este trabalho tem por objetivo geral, apresentar como mitigar os impactos ambientais dos resíduos ou rejeitos gerados pela mineração, reaproveitando como fertilizantes de solo na agricultura de forma sustentável, em complementação na adubação química convencional, conhecidos por pó de rocha ou remineralizadores de solo.

1.3 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, tem-se por objetivos específicos os seguintes:

- Descrever a importância da Mineração e da Agricultura;
- Descrever os Impactos dos Rejeitos de Mineração e seus possíveis usos;

- Demonstrar o aumento da necessidade de adubação e apresentar a utilização de Remineralizadores de solo na Agricultura;
- Apresentar Estudo de Caso que demonstra como é possível a mitigação dos impactos ambientais dos rejeitos de mineração utilizando-os como Remineralizadores na fertilização de solo, de forma complementar aos fertilizantes químicos.

1.4 Relevância, Justificativa e Público Alvo do Estudo.

Este trabalho é relevante pois existem muitos trabalhos publicados que abordam os impactos ambientais que os rejeitos de mineração geram e ainda diversos trabalhos demonstram a eficiência do uso da rochagem na adubação complementar. Desta forma, este trabalho é diferente, pois, podemos reunir os dois assuntos, rejeitos da mineração e adubação na agricultura e demonstrar que o impacto negativo de uma atividade pode ser positiva a outra atividade.

Objetiva-se alcançar com este estudo, demonstrar as empresas de mineração, consultores na área ambiental, analistas ambientais de órgãos públicos licenciadores, agricultores, e principalmente a sociedade, como é possível reduzir os impactos ambientais da mineração atrelada a agricultura

2. Referencial Teórico

2.1 A Mineração e a Agricultura.

2.1.1 A Importância da Mineração.

O setor de mineração é uma atividade importante para a economia brasileira, conforme aponta no Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030, do Ministério de Minas e Energia (MME), sendo responsável por 4,2 % em média do Produto Interno Bruto (PIB), 20% das exportações brasileiras, podendo gerar um milhão de empregos diretos, o equivalente a 8% dos empregos da indústria.

O Brasil destaca-se internacionalmente pela produção de minério de ferro, bauxita, manganês, entre outros, conforme demonstra o PNM 2030, sendo que a produção de alguns minerais e produtos de base mineral do ano de 2008 a 2030, para atender as demandas internas e externas, devem crescer de três a cinco vezes, conforme tabela 1.

Tabela 1: Previsão de produção de alguns minerais e produtos de base mineral.

	Produto	Un.	2008	2015	2022	2030
Bem Mineral	Minério de ferro	Mt	351	585	795	1.098
	Ouro	t	55	120	180	200
	Cobre (contido)	kt	216	500	700	1.000
	Agregados	Mt	496	727	1.063	1.524
	Rochas ornamentais	Mt	7,80	11,1	15,8	22,4
	Bauxita	Mt	26,8	42,3	56,7	79,3
Metalurgia	Alumina	Mt	7,82	13,5	18,2	25,7
	Alumínio	Mt	1,66	2,04	2,51	3,18
	Níquel	kt	25,8	33,6	80,0	132
	Aço bruto	Mt	33,7	56,0	77,9	116
	Ferro-ligas*	kt	984	1.613	2.177	3.079
Não-Metálicos	Cimento	Mt	52,0	76,0	111	159
	Cerâmica vermelha	bilhão peças	70	103	150	215
	Cerâmica de revestimento	Mm²	713	1.009	1.458	2.077

Projeção: Secretaria Executiva do PNM-2030. (*) Inclui as ligas de FeNi.

Fonte: PNM 2030, 2011.

Conforme o PNM 2030, os investimentos podem chegar a 350 milhões de dólares no setor até 2030, considerando os projetos de pesquisa mineral, mineração, transformação mineral, infraestrutura e logística, sendo quase todos originários da iniciativa privada.

Em 2018, o Brasil arrecadou com a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM, 2018) aproximadamente R\$ 3.036.143.592,41, conforme aponta o Relatório da Diretoria de Procedimentos Arrecadatórios da Agência Nacional de Mineração - ANM, antigo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

2.1.2 A Importância da Agricultura.

Após recessão dos PIBs brasileiro de 2015 e 2016 na ordem de -3,5% em ambos os anos, conforme dados estatísticos do IBGE (2017), em 2017 houve alta de 1,0%, onde o setor de agropecuário teve alta de 13%, que decorreu principalmente pelo desempenho da agricultura, com destaque para a produção de milho e soja.

Em 2017 a agricultura brasileira teve uma área plantada de 61,0 milhões de hectare com uma produção recorde de grãos, alcançando 237,6 milhões de toneladas, de acordo com as projeções do agronegócio, Brasil 2017/18 a 2027/28, do Ministério de Agricultura (MAPA ,2018).

De acordo com os dados do MAPA (2018), a projeção até a safra 2027/28 pode alcançar uma produção de 301,833 milhões de toneladas em uma área plantada de 70,699 milhões de hectares, com um aumento de 29,8% de produção e 14,9% de área plantada. A evolução pode ser observada conforme tabela 2.

Tabela 2: Projeção de produção e área plantada até safra 2027/28.

Ano	Produção (mil t)		Área (mil ha)	
	Projeção	Lsup.	Projeção	Lsup.
2017/18	232.600	-	61.546	-
2018/19	245.621	269.005	62.350	65.334
2019/20	248.281	274.176	63.247	68.374
2020/21	257.012	288.940	64.160	71.064
2021/22	262.240	297.303	65.091	73.503
2022/23	269.510	308.475	66.023	75.745
2023/24	275.598	317.560	66.958	77.847
2024/25	282.373	327.430	67.893	79.839
2025/26	288.750	336.540	68.828	81.747
2026/27	295.359	345.823	69.763	83.588
2027/28	301.833	354.787	70.699	85.373

Variação %	
2017/18 a 2027/28	
Produção	29,8%
Área	14,9%

Fonte: Elaboração da CGEA/DCEE/SPA/Mapa e SIRE/Embrapa com dados da CONAB.

* Modelos utilizados: Para produção e área, modelo Espaço de estados.

Na última década a agricultura de grãos brasileira aumentou consideravelmente, conforme aponta o MAPA (2018), sendo que as cinco culturas mais plantadas são arroz, feijão, milho, soja e trigo, conforme demonstra na tabela 3. Ainda, no mesmo estudo de projeções da safra 2017/18 a 2027/28, há uma tendência da redução das áreas plantadas de arroz e feijão e aumento das áreas de soja, milho e trigo, conforme tabela 4.

Tabela 3: Área plantada brasileira dos 5 principais grãos, nas safras de 2006/07 a 2016/17, em mil hectares.

	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Arroz	2.967	2.875	2.909	2.765	2.820	2.427	2.400	2.373	2.295	2.008	1.981
Feijão	4.088	3.993	4.148	3.609	3.990	3.262	3.075	3.366	3.024	2.837	3.180
Milho	14.055	14.766	14.172	12.994	13.806	15.178	15.829	15.829	15.693	15.923	17.592
Soja	20.687	21.313	21.743	23.468	24.181	25.042	27.736	30.173	32.093	33.252	33.909
Trigo	1.852	2.396	2.428	2.150	2.166	1.895	2.210	2.758	2.449	2.118	1.916
Total	43.649	45.343	45.400	44.985	46.964	47.804	51.250	54.499	55.554	56.138	58.578

Fonte: CGEA/DCEE/SPA/Mapa e SIRE/Embrapa

Tabela 4: Projeção das áreas plantadas brasileira dos 5 principais grãos, nas safras de 2017/2018 a 2027/28, em mil hectares.

	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26	2026/27	2027/28
Arroz	1.959	1.820	1.694	1.611	1.517	1.409	1.306	1.209	1.108	1.006	905
Feijão	3.244	2.975	2.870	2.766	2.662	2.558	2.454	2.350	2.246	2.142	2.038
Milho	16.645	16.749	16.853	16.957	17.061	17.164	17.268	17.372	17.476	17.580	17.684
Soja	35.100	36.174	37.193	38.191	39.180	40.166	41.150	42.134	43.117	44.101	45.084
Trigo	1.996	2.019	2.042	2.065	2.088	2.111	2.134	2.156	2.179	2.202	2.225
Total	58.944	59.737	60.652	61.590	62.508	63.408	64.312	65.221	66.127	67.030	67.936

Fonte: CGEA/DCEE/SPA/Mapa e SIRE/Embrapa

2.2 Impactos Ambientais dos Rejeitos da Mineração e seus Usos.

2.2.1 Rejeitos da Mineração e Impactos Ambientais.

De acordo com Portes (2013) os minerais não são encontrados puros na natureza e a cada vez sendo encontrados em pequenas concentrações no minério bruto, assim durante o processo de beneficiamento há geração de resíduos denominados “rejeitos de mineração”.

De acordo com Viana et al. (2012), na atividade de extração mineral são geradas e movimentadas grandes quantidades de matérias ou resíduos, que dependem dos métodos utilizados para extração do minério, da concentração da substância mineral estocada na rocha matriz e da localização da jazida em relação à superfície.

“Na atividade de mineração, existem dois tipos principais de resíduos sólidos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados, gerados pelas atividades de extração (ou lavra) no decapeamento da mina, não têm valor econômico e ficam geralmente dispostos em pilhas. Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento a que são submetidas às substâncias minerais. Estes processos têm a finalidade de padronizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final. Existem ainda outros resíduos, constituídos por um conjunto bastante diverso de materiais, tais como efluentes do tratamento de esgoto gerado nas plantas de mineração, carcaças de baterias e pneus utilizados pela frota de veículos, provenientes da operação das plantas de extração e de beneficiamento das substâncias minerais.” (VIANA et al., 2012)”.

Os rejeitos de mineração, podem ser dispostos em minas subterrânea, em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco (método “*dry stacking*”), por disposição em pasta, e em barragens de contenção de rejeitos (tipo a montante, a jusante e em linha de centro), (IBRAM, 2016).

Conforme CONAMA 01 de 23 de janeiro de 1986, defini que impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais.

Sanchez (2013) diz que a conceituação da legislação ambiental seria a definição de poluição e não de impacto ambiental. Em seu livro, conceitua impacto ambiental como “a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana” e que a definição reflete o caráter dinâmico do ambiente, e que as questões ligadas à supressão ou inserção de elementos nesse ambiente estão implícitas. Assim, não se deve confundir a causa com a consequência, pois o impacto é o resultado de uma ação humana.

Os impactos negativos que a atividade de mineração gera, é citada por Fernandes et al. (2014):

“A mineração altera de forma substancial o meio físico, provocando desmatamentos, erosão, contaminação dos corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações da paisagem, do solo, além de comprometer a fauna e a flora. Afeta, também, o modo de viver e a qualidade de vida das populações estabelecidas na área minerada e em seu entorno”.

Para Mechi e Sanches (2010, p. 209), descrevem uma definição do que a atividade provoca de modo geral:

“Praticamente toda atividade de mineração implica supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração. Em muitas situações, o solo superficial de maior fertilidade é também removido, e os solos remanescentes ficam expostos aos processos erosivos que podem acarretar em assoreamento dos corpos d’água do entorno. A qualidade das águas dos rios e reservatórios da

mesma bacia, a jusante do empreendimento, pode ser prejudicada em razão da turbidez provo cada pelos sedimentos finos em suspensão, assim como pela poluição causada por substâncias lixiviadas e carregadas ou contidas nos efluentes das áreas de mineração, tais como óleos, graxa, metais pesados”.

2.2.2 Possíveis Usos dos Rejeitos da Mineração.

As empresas de mineração já vêm empregando o aproveitamento dos rejeitos de mineração de forma econômica, como uma alternativa de reduzir a disposição em barragem e reaproveitamento para fins agrícola (IBRAM, 2016).

Como alternativa para reduzir a disposição do rejeito nas barragens existentes e eliminar novas ou aumentar a vida útil, as mineradoras estão utilizando os rejeitos produzidos para o preenchimento de cavas exauridas de minas, assim, mitigando os impactos ambientais causadas, trazendo vantagens como: maior capacidade do reservatório da barragem; não provoca saturação do dique; menores riscos a jusante; e melhores possibilidades de revegetação no fechamento da barragem (IBRAM, 2016).

Para a finalidade agrícola, os rejeitos do beneficiamento do minério, apresentam potencial para o aproveitamento, como por exemplo o pó de calcário industrial que passou a ser destinado como corretivo do pH de solos para atender as necessidades do mercado agrícola regional. Este uso contribui como uma alternativa de redução de novas áreas ou ampliações de barragens ou lagoas de rejeitos gerados pelo processo de beneficiamento do minério e consequentemente reduz os riscos de danos ambientais e sociais provocados por estas estruturas de deposição de rejeitos, conforme cita IBRAM (2016).

Estudos mostram que existem muitas alternativas tecnológica para o aproveitamento dos rejeitos de mineração, citados por IBRAM (2016), como: rochas ornamentais; indústrias de fabricação de cerâmicas, vidros; construção civil, metalúrgica, química; no artesanato, confecção de pavimentos e tijolos.

2.3 Agricultura e Fertilizantes

2.3.1 A evolução da agricultura.

Ao longo dos últimos 50 anos, a evolução da agricultura brasileira teve 3 etapas ou 3 mudanças de paradigmas, conforme aponta Pillon (2016), “primeira onda”, “segunda onda” e “terceira onda”.

Na “primeira onda” ou revolução verde, para Pillon (2016), ocorreu de 1960 a 1990, em que este modelo agrícola se caracterizou pela intensificação da mecanização agrícola, pela monocultura, pelo intenso preparo de solo e pela adoção de pacotes tecnológicos baseados em insumos sintéticos, dentre os quais o calcário, os fertilizantes solúveis (NPK) e agrotóxicos.

Na “segunda onda” ou sistemas integradas, entre 1990 a atual (2019), é caracterizado pela mudança de monocultura para sistemas integrados e rotacionados de produção, que permite melhor convivência com as pragas, são mais eficientes no uso da água e da energia, e ainda permite melhor ciclagem de nutrientes (Pillon, 2016).

Na agricultura de base biológica ou “terceira onda”, conforme Pillon, 2016, é o futuro da agricultura, que a sociedade sinaliza cinco pontos que devem ser prioridades das instituições de ciência, tecnologia e inovação: (i) mudanças climáticas; (ii) sustentabilidade; (iii) geração de valor (iv) subsídios a políticas públicas; e (v) alimento-nutrição-saúde.

Nesta terceira onda, caracterizada pela sustentabilidade e alimento mais saudável, assim, são preocupações da sociedade quanto ao uso de agrotóxico e insumos agrícolas químicos na agricultura.

A sistemas de produção de alimento de forma saudável é apontado por Pillon, 2016:

“Fontes de nutrientes presentes em agrominerais (remineralizadores de solo) de ocorrência em diferentes formações geológicas, muitos dos quais ainda desconhecidos; resíduos culturais; dejetos animais; em adição aos produtos e co-produtos de processos biológicos presentes na natureza, cujos organismos (fungos, bactérias, actinomicetos e micorrizas) são capazes de promover crescimento de plantas, controlar pragas, ampliar a eficiência de absorção de nutrientes, promover a fixação

biológica de nitrogênio, dentre outras funções, serão fundamentais para a consolidação desta “nova agricultura”.

2.3.2 Dependência dos fertilizantes e Aumento de Demanda.

O setor de fertilizantes no Brasil, conforme dados da AMA Brasil (2019), entregou ao mercado agrícola de janeiro a novembro/2018 33,12 Milhões de toneladas, com destaque aos estados de Mato Grosso com 6,91 Milhões de toneladas. Em um cenário mundial, a agricultura brasileira consumiu 7% dos fertilizantes mundiais no ano de 2015, com destaque para a China com 28%.

Conforme dados da AMA Brasil (2019), em 2017 o Brasil importou 83% dos fertilizantes principais, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente 88%, 64% e 95%, sendo o potássio o maior macronutriente dependente da importação.

2.4 Pós de Rocha, Rochagem e Remineralizadores de Solo

2.4.1 Contexto dos Remineralizadores de Solo

O uso de pós de rocha iniciou na década de 1950 por Josué Guimarães e Vladimir Ilchenko. Posteriormente o professor Othon Leonardos, da Universidade de Brasília realizou importantes estudos relacionados ao tema (Martins & Theodoro 2009). Hoje os estudos focaram especialmente em fontes de K e P, assim foram realizados eventos em 2009, 2013 e 2016 como o I, II e III Congressos Brasileiros de Rochagem, que apresentaram resultados sobre o tema.

A rochagem é uma técnica utilizada para a fertilização de solos por meio de aplicação de rochas moídas (pós de rocha), figura 1, sendo uma opção para substituir total ou parcial o elevado uso de fertilizantes químicos, como também diminuir os impactos ambientais causados pelos mesmos (RAMOS et al, 2014).



Figura 1: Aplicação de pó-de-rocha no solo em lavoura de morango. Fonte: Embrapa, 2016.

Como mitigação dos impactos ambientais, a disposição de resíduos de mineração é um custo para as empresas e como alternativa tecnológica viáveis para a disposição, vem crescendo a rochagem, pois utiliza os resíduos de operações de mineração, como a britagem, para fins agrônômicos (NUNES, 2012).

De acordo com Theodoro, Dubois e Leonardos (2002, apud NUNES, 2012), nos últimos 10 anos, no Brasil, tem se intensificado o estudo e aproveitamento dos resíduos de mineração como fertilizante, corretivo ou remineralizador do solo, como alternativa para reduzir os custos da produção da lavoura e, também, uma forma de diminuir a dependência da importação de insumos, mantendo a produtividade das lavouras.

Para a regulamentação do uso dos remineralizadores, Martins (2013), apresentou uma proposta de classificação de rochas silicáticas, como fontes de nutrientes e condicionadores de solo, com a finalidade de subsidiar a normatização da rochagem nos órgãos de registro, controle e fiscalização de produção e uso de insumos na agricultura.

Conforme a Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013, em seu artigo 3º, é um marco na legislação brasileira, que incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, assim definindo:

“remineralizador, material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo.”

Porém, somente no ano de 2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA normatizou a produção, o registro e comércio dos remineralizadores, através da Instrução Normativa nº 5 de 10 de março de 2016, assim, ficando estabelecidas as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura.

Em consulta ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA (2019), foram registrados, até a presente data, apenas 8 produtos das empresas, conforme tabela 5.

Tabela 5: Lista das empresas que registraram os produtos no MAPA até abril de 2019, após a publicação da IN MAPA nº 05/2016.

Empresa	Município	UF	Registro	Processo
Pedreira Araguaia Ltda	Aparecida de Goiânia	GO	GO-9338	21020002225201799
Mistel Mineração Santa Terezinha Ltda - Epp	Luziânia	GO	GO-9345	21020004561201695
Mineração Curimbaba Ltda	Poços de Caldas	MG	MG-90432	21028001894201188
Mineração Curimbaba Ltda	Poços de Caldas	MG	MG-90668	21028005581201107
Mineração Dornas Ltda - Epp	São Gotardo	MG	MG-91182	21028014672201711
Triunfo Mineração Do Brasil Ltda	Carmo do Paranaíba	MG	MG 000710- 2.000001	-
BK Mineração Ltda	Piên	PR	PR-95137	21034000551201711
Gigamix Tecnologias Futuras Ltda	Paraí	RS	RS-14568	21042004715201518

Fonte: MAPA, 2019. Dados tabulados a partir de informações prestadas pelo e-SIC do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

2.4.2 Eficiência do Uso de Remineralizadores do Solo

Conforme Carvalho (2013), avaliou a disponibilidade de nutrientes de pós de rocha de charnockito, esteatito e gnaiss, após cultivos sucessivos nas plantas, da microbiota do solo e em particular dos fungos micorrízicos arbusculares. O trabalho concluiu que os pós de rocha aplicados se demonstraram como fontes efetivas de nutrientes para as plantas e não restringiram a atividade biológica do

solo nem a atuação dos fungos micorrízicos arbusculares. Assim, os pós de rochas de esteatito mostrou-se como fonte expressiva de Mg e Si, e os pós de gnaiss e charnockito de K para as plantas.

O trabalho descrito por Batista (2016), demonstrou em seu estudo que o efeito de doses de basalto moído sobre os atributos químicos de Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com soja em sucessão de sorgo, apresentou diminuição de acidez do solo, bem como, proporcionou aumento nos teores de cálcio, fósforo e silício.

Outro estudo que tem como finalidade pesquisar o uso de rochas no Brasil, descrito por Tarumoto (2016), que avaliou a eficiência do remineralizador de solo nos parâmetros biométricos e tecnológico em dois locais variando quanto o manejo da cultura, variedades e ambientes de produção da soqueira de cana-de-açúcar. O Trabalho concluiu que a presença dos remineralizadores pode aumentar os seguintes parâmetros: altura de plantas; comprimento e número de entrenós; peso médio; e número e colmos na soqueira de cana-de-açúcar.

Segundo Theodoro (2016), apresentou um estudo de caso do uso dos remineralizadores na recuperação de áreas degradadas, no reservatório de Três Marias/MG, onde os resultados mostraram que a remineralização do solo somado a cobertura vegetal são ferramentas que rapidamente reverterem os processos de erosão e degradação.

A utilização de pós de rocha é eficiente em fornecer K para a cultura de café arábica (MANCUSO, 2013), assim demonstrou no trabalho quanto a eficiência da rocha fonolito moída, em que aumenta a produtividade de grãos de café em coco.

O estudo de avaliação econômica do uso da rochagem em lavoura comercial no Sudoeste Goiano (BIZÃO, 2013), realizou-se experimento com pó de rocha finos de mica xisto e areia de mica xisto, sendo aplicados em faixas de 2,0 hectares com testemunhos com NPK. Na avaliação foi considerada a produtividade média por hectare, com preço de R\$ 40,00/sc nas safras de 2010/11, 2011/12 e 2012/13, dos custos de produção e do lucro líquido. Na média das 3 safras, foram observados maior lucratividade na aplicação dos pós de rocha, assim concluiu o trabalho que a Rochagem é viável economicamente nos sistemas de produção do Sudoeste Goiano a partir de rochas regionais.

3. Metodologia

O presente estudo objetiva realizar uma pesquisa qualitativa, com base a fundamentação teórica a partir de pesquisa bibliográfica e de informações e dados técnicos disponibilizados pelos principais órgãos do governo, como os textos legais normativos vigentes, relatórios técnicos de especialista, periódicos publicados com dados e informações relevantes sobre o tema abordado neste estudo.

O estudo não apenas restringe em elencar teorias e evidências de que os rejeitos de mineração causam impacto ambiental e que podem ser utilizados como adubação na agricultura como fertilizantes naturais, mas também apresentando um estudo de caso, demonstrando a efetiva relação que os impactos negativos podem ser impactos positivos. Este estudo de caso será realizado utilizando o método dedutivo, e as principais fontes de dados são: realização de visita técnica, e informações e documentos apresentadas pela empresa.

4. Estudo de Caso – Pedreira Araguaia

4.1 Apresentação da Empresa.

A Pedreira Araguaia está localizada na Fazenda Santo Antônio, Zona Rural de Aparecida de Goiânia/GO, sendo uma de suas unidades de extração e beneficiamento de rochas de Micaxisto, assim, após o beneficiamento, são obtidos os seguintes produtos para a construção civil: brita 0, brita 01, brita 02, pó de brita, massa asfáltica, e pedra marroada.

A pedreira é responsável por fornecer agregados e finos para construção civil na cidade de Goiânia e Aparecida de Goiânia há cerca de 24 anos, o que tem demonstrado desenvolvimento urbano e de infraestrutura regional.

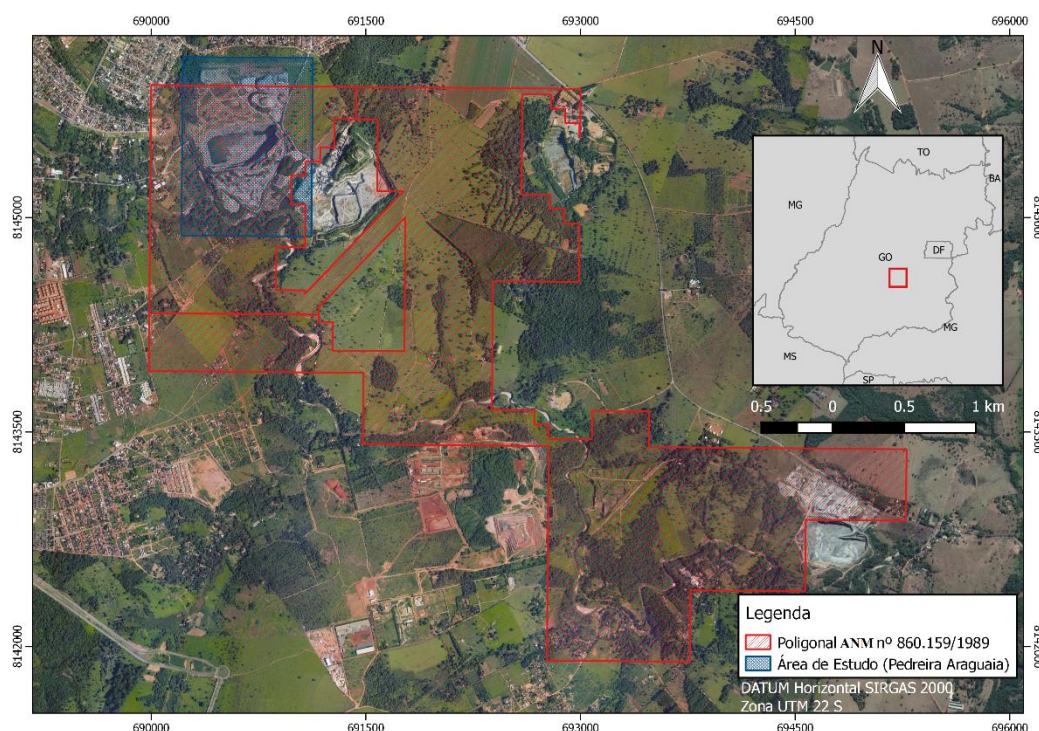
A empresa foi responsável em fornecer insumos de diversas obras para a cidade tais como: Viaduto da Avenida 85 (uma das principais de Goiânia); Viaduto Consolação saída para BR 060; Viaduto do Madre Germana; Parque Municipal Macambira Anicuns; Gabiões da Marginal Botafogo; ETE Goiânia; Barragem João Leite; Museu do Oscar Niemeyer; Estádio Serra Dourada; Novo Aeroporto Santa Genoveva; Autódromo internacional Ayrton Senna. Além de possuir usina de asfalto e fornecer material para a implantação e ampliação das Rodovias Federal

e Estaduais BR-153, GO-040 e GO-060, entre outras, e manutenção das vias das cidades de Goiânia e Aparecida de Goiânia.

A Brita Araguaia, nome fantasia, possui como missão “Suprir o desenvolvimento logístico e urbano sustentável, através do fornecimento de agregados e finos para os diversos segmentos da Construção Civil e Agronegócio”.

A empresa explora o direito minerário de registro na Agência Nacional de Mineração-ANM, antigo DNPM, com a poligonal ANM número 860.159/1989, em nome da empresa Mineradora Afrânio Roberto de Souza Ltda, e arrendado pela Pedreira Araguaia Ltda.

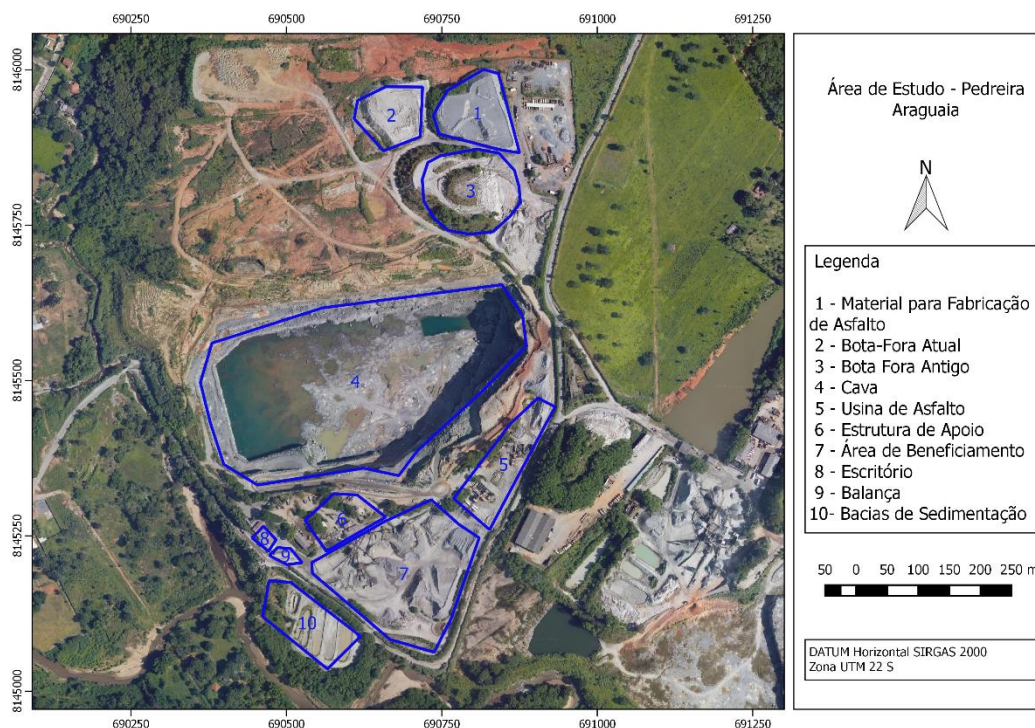
A autorização para lavra, foi emitida inicialmente em 1995 com guia de utilização, emitida pelo então DNPM, numa área de 775,08 ha, com a substância mineral registrada como Xisto, conforme mapa 1. Atualmente, a poligonal está em regime de concessão de lavra, cuja portaria de lavra foi emitida em 07/08/2001.



Mapa 1: Localização da poligonal ANM nº 860.159/1989. Direito minerário da empresa Mineradora Afrânio Roberto de Souza Ltda, e arrendado pela Pedreira Araguaia Ltda. Fonte: Google Earth, Qgis, ANM. Elaborador: Andrade, E. L. 2019.

A empresa explora a área há 24 anos, e já explorou uma cava de aproximadamente 30 metros de profundidade, numa área de extensão de aproximadamente de 14 hectares.

Ademais, a estrutura da empresa é composta por balança, escritório, área de convivência, áreas de apoio à mineração, área de lavra, área de beneficiamento, pátio de estocagem, usinas de massa asfáltica, sistema de disposição do rejeito e bota-foras, conforme mapa 2.



Mapa 2: Área de estudo – Pedreira Araguaia. Localização das estruturas. Fonte: Google Earth, Qgis. Elaborador: Andrade, E. L. 2019.

Além dos produtos de brita 0, brita 01, brita 02, pó de brita, e massa asfáltica comercializados pela empresa, desde 2017 foi registrado no Ministério da Agricultura - MAPA o remineralizador de solos denominado FMX (finos de micaxisto), assim, sendo mais um produto comercializado pela empresa.

4.2 Processos de Beneficiamento e Resíduos Gerados.

Visando a obtenção dos produtos comercializados pela Pedreira Araguaia, a empresa adota as seguintes etapas de processos: supressão de vegetação, decapeamento para retirada do solo, explosão da rocha, carregamento do minério no caminhão, transporte até o britador, britagem, moinho, peneiramento, lavagem, e estocagem, conforme figuras 2 a 5.



Figura 2: Área de Lavra, pós detonação. Minério sendo preparado pela escavadeira para carregamento e transporte por caminhão até a área de beneficiamento.
Fonte: Fotos do autor.



Figura 3: Britador da Pedreira Araguaia. A esquerda esteira transportadora a direita para o peneiramento do minério. Fonte: Fotos do autor.



Figura 4: Processo de lavagem da brita. Fonte: Fotos do autor.



Figura 5: Pátio de estocagem. Pilhas de brita em diferentes classificações sendo formado.
Fonte: Fotos do autor.

Durante a lavagem da brita é gerado o rejeito de mineração, composto por água e mais finos em suspensão de micaxisto. Este rejeito é drenado pela declividade da área do pátio de estocagem do minério (figura 6) e direcionado para as bacias de sedimentação (figura 7). Além de drenar, também, as águas superficiais do pátio, derivado das chuvas.

As bacias de sedimentação, tem a função de realizar a retenção dos finos, processo físico de separação, e posterior ser lançada no corpo hídrico. Assim, trata-se de uma medida de controle ambiental, para não ocorrer degradação ao meio ambiente e contaminação do corpo hídrico, localizado a jusante da operação da mineradora.

Assim, com a acumulação da decantação dos finos de micaxisto, ocorre a necessidade de realização de limpezas periódicas das bacias, o que acaba gerando resíduos. Desta forma, a empresar realiza a retirada de cerca de 60 mil toneladas/ano de resíduos das bacias, e estocas em bota-foras dentro da propriedade da empresa (figura 8), sendo um problema ambiental para empresa.



Figura 6: Drenagem do rejeito. Contendo sólidos em suspensão, oriundo da lavagem da brita, sendo direcionado para as bacias de decantação. Fonte: Fotos do autor.



Figura 7: Bacia de sedimentação. Presença dos rejeitos, aguardando secagem para ser removido. Fonte: Fotos do autor.



Figura 8: Bota-fora contendo finos de micaxisto. Local onde é disposto os resíduos da limpeza das bacias de sedimentação. Fonte: Fotos do autor.

4.3 Dos Resíduos ao Produto Remineralizador de Solo FMX

Os resíduos retirados das bacias de sedimentação, são denominados de finos de micaxisto, que se torna os pós-de-rocha. Assim, conforme descrito no referencial teórico, se trata de um material promissor para uso na agricultura, conforme pesquisas realizadas pela Embrapa Cerrado.

Após pesquisas realizadas, e detalhamento analítico do material, em 2013, se descobriu o potencial de utilizar este resíduo da limpeza das bacias de decantação, para uso de fertilizantes de solo na agricultura.

Neste mesmo ano de 2013, a Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013 em seu artigo 3º, incluiu os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, o que permitiu a empresa em avançar no projeto de comercializar o resíduo, retirado das bacias de decantação, para produtores da região.

Assim, em 2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA normatizou a produção, o registro e comércio dos remineralizadores, através da Instrução Normativa nº 5 de 10 de março de 2016, o que permitiu a empresa em protocolar o pedido para o registro do seu produto, permitindo a comercialização.

Após 4 anos do reconhecimento do pó-de-rocha como remineralizador, em 2017, o MAPA autorizou o registro do primeiro remineralizador do Brasil, por meio do

número GO-9338 (processo nº 21020002225201799), e a empresa pode, deste então, comercializar o resíduo com um produto para insumo agrícola, denominado comercialmente como: Remineralizador FMX – Tratamento Mineral para Solos.

Os FMX's são matérias primas agro minerais silicáticos, sua composição química é rica em Cálcio, Magnésio e Potássio, podendo ser utilizado como insumo agrícola para o tratamento de solos. Assim, fornecendo argilonutrientes para o incremento de CTC, CRA e suprimento de MgO, CaO e K₂O de forma sustentável para lavouras, pastagens, plantas ornamentais, gramados, substratos, entre outros.

4.4 Aproveitamento dos Resíduos - Mitigação dos Impactos Ambientais.

Ao longo dos 24 anos de operação de extração do micaxisto, a empresa estima-se que nos 2 (dois) bota-foras possui uma quantidade de 490 mil toneladas dos resíduos, com aproximadamente 2,00 ha e 1,00 ha de áreas, respectivamente.

Conforme figuras 9, 10 e 11, é demonstrado a evolução do bota-fora desde 2002, 2008 e 2018. É nítido o aumento considerável do volume do bota-fora desde 2002, sendo que na imagem ano 2018 é perceptível a retirada de material da pilha do bota-fora.



Figura 9: Visualização do Bota-fora no ano de 2002. Nesta imagem, é possível visualizar o bota-fora já com finos de micaxisto, oriundo da limpeza das bacias de sedimentação. Fonte: Google Earth Pro, 2002. Elaborador: Autor.



Figura 10: Visualização do Bota-fora no ano de 2008. Nesta imagem é possível visualizar a evolução do bota-fora, em comparação com o ano de 2002. Fonte: Google Earth Pro, 2008. Elaborador: Autor.



Figura 11: Visualização do Bota-fora no ano de 2018. Nesta imagem, é possível visualizar um novo bota-fora e o início da remoção dos finos de micaxisto do bota-fora antigo. Fonte: Google Earth Pro, 2008. Elaborador: Autor.

Outros autores, como aponta Silveira (2015), em seu trabalho, que apresentou o estudo de caso da empresa Minério Itaúna Ltda. – MINERITA, na qual a empresa possui uma planta de concentração de *sínter feed*, para recuperação de finos de minério de ferro, que era disposto irregularmente como estéril ou barragem de

rejeitos, assim, nesse processo, gera um resíduo com alto teor de sílica, o que permitiu a empresa a elaborar um projeto de fabricação de pré-moldados para uso na construção civil. O trabalho concluiu que, com a destinação deste subproduto não é mais necessário a deposição em barragens de rejeitos, assim, mitigando um dos principais impactos da mineração.

O uso deste remineralizador FMX da Pedreira Araguaia no mercado agrícola, ajuda a melhorar as propriedades físicas e químicas do solo como um produto natural, assim reduzindo o uso de fertilizantes químicos pelos produtores agrícolas, podendo evitar a contaminação do solo e água, reduzindo o impacto ambiental negativo da agricultura convencional.

4.5 Resultados

A Pedreira Araguaia, vem desenvolvendo um trabalho de comercialização, desde 2017, dos resíduos da mineração, especificamente, os rejeitos sedimentados derivados da lavagem do minério. Essa ideia da empresa possui três justificativas particulares: sendo o primeiro, o aproveitamento de todo o material extraído, otimizando os recursos naturais; o segundo, reduzir os bota-foras, assim eliminando novas áreas e evitando a contaminação do ar atmosférico, colocando os finos em suspensão no ar, e mitigando os impactos socioambientais; terceiro, diversificação da receita devido a empresa ser pioneira na comercialização do remineralizador de solo registrado no MAPA.

Na safra de 2017/2018, a empresa comercializou 33 mil do remineralizador FMX toneladas e na safra de 2018/2019 62 mil toneladas. Destaca-se que a comercialização do remineralizador FMX, ainda, é em pequena escala, e que a empresa vem retirando os resíduos dispostos ao longo dos 24 anos de operação. Devido as pesquisas realizadas e aceitação do mercado agrícola, a empresa está na expectativa de vendas na safra 2019/2020 de 100 mil toneladas.

Nesta safra de 2018/2019 o remineralizador FMX da empresa foi comercializado por R\$ 55,00 a tonelada, sem frete incluso. O que demonstrou um acréscimo de receita para empresa, pois o único custo da empresa é o gasto com máquinas retirada do produto do bota-fora e um beneficiamento de peneira de 200 micras para homogeneização do remineralizador (figura 12), além de impostos e custos associados à mão de obra.



Figura 12: Pilha do remineralizador, após beneficiamento.
Fonte: Fotos do autor.

A empresa realiza vendas para clientes em diversas cidades do estado de Goiás, como Rio Verde, Jataí, Mineiros. Ainda, possui clientes produtores de soja em Luís Eduardo Magalhães na Bahia, Uberlândia e Uberaba em Minas Gerais, e cidade de Vera em Mato Grosso, neste último cerca de 1100 km de distância.

Conforme portal KLFF (2018), na reportagem “Manejo do solo com pó de rocha ganha mais adeptos entre sojicultores”, relata que, conforme a Embrapa:

“No levantamento da instituição, a comercialização do pó de rocha compensa desde que a fonte dos recursos não esteja há mais de 300 quilômetros de distância da propriedade rural.”

Chama-se atenção que a empresa comercializa o remineralizador FMX com distâncias superiores, provando que os remineralizadores tem um potencial de uso na agricultura brasileira e que o frete não é um limitador.

Desde o registro do remineralizador FMX, a empresa comercializou 95 mil toneladas do produto desde 2017, assim, considerando uma densidade média de $0,9 \text{ t/m}^3$ do produto, podendo variar de acordo com a umidade, a empresa comercializou um volume aproximadamente de 105.555 m^3 de produto, retirados dos bota-foras, assim, mitigando os impactos negativos da atividade da empresa. Desta forma, evitando que em períodos secos, com os ventos, ocorresse a suspensão do material para o ar atmosférico, causando impactos sociais, pois se trata de uma atividade muito próxima à área urbana.

Neste sentido, a Pedreira Araguaia planeja, reduzir a zero o material dos bota-fora, assim, aproveitando 100% dos recursos naturais extraídos da rocha de micaxisto.

5. Considerações Finais.

Hoje a sociedade é altamente dependente da mineração, ela está presente desde a fabricação de uma agulha até de um avião. Tudo ao nosso redor existe mineração, construção civil, tecnologia, medicina, produção de alimentos, transporte, entre outros. Se não houvesse a mineração, não seria possível existir o modo de vida moderna na sociedade em centros urbanos e os bens de consumo existentes.

O setor de mineração é uma atividade importante para a economia brasileira, sendo responsável por 4,2 % em média do Produto Interno Bruto – PIB, 20 % das exportações brasileiras, gera um milhão de empregos diretos. O Brasil destaca-se internacionalmente pela produção de minério de ferro, bauxita, manganês.

Na atividade de extração mineral após o beneficiamento são gerados rejeitos de mineração, que podem ser dispostos de diversas formas, como minas subterrânea, em cava exauridas de minas, em pilhas, bota-foras e barragens de rejeitos.

Desta forma a atividade de mineração, causam impacto ambiental e quando se tratando dos rejeitos, estes podem alterar a paisagem do meio ambiental, o gradiente da qualidade da água, do solo e do ar, causando impacto ambiental. Ademais, os rejeitos podem causar dano ambiental ao meio ambiental, como os recentes acidentes ocorridos no Brasil, nas cidades de Mariana/MG em 2015 e Brumadinho/MG em 2019.

Devido ao crescimento da população mundial e o modo de vida moderno, existe a necessidade de produção em larga escala de alimentos. Assim, é nítido a tendência no crescimento da agricultura convencional e orgânica.

O setor agrícola, após recessão dos PIB's brasileiro de 2015 e 2016 de -3,5%, em 2017 houve uma alta 1,0, onde o setor agropecuário teve alta de 13% em

decorrência do desempenho da agricultura. Existe uma tendência de crescimento de área plantada e aumento de produção até a safra de 2027/2028.

Para produzir alimentos, e devido ao aumento de área plantada e de produção, o setor de fertilizantes no Brasil entregou ao mercado agrícola de janeiro a novembro/2018 33,13 Milhões de toneladas, sendo que em 2017 o Brasil importou 83%. Assim, apesar da evolução das tecnologias e avanço da produção, produtividade, eficiência e até da sustentabilidade em diversos sistemas de produção, a agricultura brasileira é altamente dependente da importação de insumos, como fertilizantes e defensivos agrícolas.

Ainda, conforme a projeção até a safra 2027/28 com um aumento de 29,8% de produção e 14,9% de área plantada é claro que o consumo de fertilizantes na agricultura brasileira terá uma tendência de crescimento nos próximos anos.

Com o aumento da necessidade de fertilizantes de solo para a agricultura, e os problemas ambientais dos resíduos de mineração, se iniciou diversas pesquisas sobre o uso dos pós-de-rocha como fertilizantes de solo.

A aplicação de pós de rocha como fertilização de solos, ajuda na recomposição de macronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio, além de micronutrientes como ferro, manganês, cobre, zinco, sódio, entre outros, a partir da adição de partículas de determinados tipos de rochas, também chamados de agrominerais.

As pesquisas recentes demonstram que os remineralizadores de solo têm potencial para uso na agricultura de forma agrônômica efetiva, dando resultados em produtividade e ainda reduzindo custos das lavouras, assim aumentando a receita do produtor rural.

Assim, como mitigação dos impactos ambientais da mineração, vem crescendo o uso dos pós-de-rocha na agricultura, hoje chamados de remineralizadores de solo.

Desde a publicação da IN nº 05/2016 do Ministério da Agricultura-MAPA, até a presente data, existem 8 (oito) empresas com produtos registrados para uso de remineralizadores de solo.

O uso dos resíduos como remineralizadores, ainda, é bem promissor, uma vez que os resíduos de mineração podem conter diversas substâncias, inclusive tóxicas, o que inviabiliza o registro de remineralizadores de solo.

Conforme demonstrado no estudo de caso da empresa Pedreira Araguaia, em que a empresa é detentora do remineralizador FMX, finos de micaxisto, foi demonstrado como é possível dar destinação dos resíduos, dispostos em bota-foras, que antes era um problema ambiental para empresa, e hoje uma fonte de lucro. Assim, otimizando todo o recurso mineral e mitigando os impactos ambientais negativos da geração dos rejeitos de mineração.

A mineração e a agricultura são duas atividades importantes para sociedade e que ambas geram impactos ambientais negativos. Assim, conclui-se que é possível mitigar os impactos ambientais da geração de resíduos ou rejeitos da mineração, e que podem ser uma alternativa de uso na agricultura como remineralizadores de solo, ou fertilizantes de solo.

Desta forma, o uso dos remineralizadores é uma forma sustentável das atividades exploração mineral e produção agrícola, onde é possível otimizar os recursos minerais e produzir alimentos para suprir a necessidade da sociedade.

As empresas de mineração, devem dar mais atenção ao potencial de uso dos rejeitos, pois, podem ser subprodutos para diversos usos, tais como na construção civil, fertilizantes de solo, entre outros. Além de seu reaproveitamento, os resíduos podem gerar empregos, aumentar a receita da empresa, e ainda, devidos os danos ambientais que os rejeitos podem causar, a destinação pode ajudar a melhorar a imagem da empresa perante a sociedade e aos órgãos ambientais municipais, estaduais e federal, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento sustentável dessas atividades econômicas.

Conforme demonstrado no trabalho, a legislação brasileira, os consultores ambientais e engenheiros contratados pelas empresas de mineração, e os analistas ambientais dos órgãos ambientais, deveriam exigir, propor, e avaliar, respectivamente, a destinação e o uso sustentável dos rejeitos de mineração, de forma a evitar os danos ambientais, assim, compatibilizando as atividades econômicas com a proteção do meio ambiente.

Em uma avaliação final, tendo em vista o cenário atual, onde os rejeitos de mineração estão causando danos ambientais, é perceptível que o futuro da

exploração mineração depende de novas rotas de processos que reduzem a geração de rejeitos e que as empresas priorizem no reaproveitamento dos resíduos. Assim, os novos projetos de mineração devem ser apresentados aos órgãos ambientais já com propostas prontas de reaproveitamento econômico dos resíduos/rejeitos.

6. Referências Bibliográficas

AMA BRASIL. Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil. **Entregas dos Fertilizantes**. Disponível em: <<http://amabrasil.agr.br/web/portfolio-item/entregas-de-fertilizantes/>>. Acesso em 19 de abr. de 2019.

AMA BRASIL. Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil. **Produção e Importação de Fertilizantes**. Disponível em: <<http://amabrasil.agr.br/web/portfolio-item/producao-e-importacao-de-fertilizantes/>>. Acesso em 19 de abr. de 2019.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 001. 23 de janeiro de 1986**. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1986.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**. Brasília: MME, 2011.

BRASIL. **LEI 12.890 DE 10 DE DEZEMBRO DE 2013**. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Brasília, DF, abr. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm> Acesso em: 20 de abr. 2019.

BIZÃO, A. A. HACK, E. BATISTA, N. T. F. GORGEN. C. A. RAGAGNIN, V. A. MARTINS, E. S. MORAIS, L. F. MARQUES, A. L. G. CARVALHO, R. S. ASSIS, L. B. Avaliação Econômica do Uso da Rochagem em Lavoura Comercial no Sudoeste Goiano. In: II Congresso Brasileiro Rochagem, 2013, Poços de Caldas/MG. **Anais...** Visconde do Rio Branco: SUPREMA, 2013. P. 212 - 219.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016**. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília, DF abr. 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf>>. Acesso em: 20 de abr. 2019.

BATISTA, N. T. F. RAGAGNIN, V. A. HACK, E. GORGEN, A. L. MARTINS, E. S. Atributos Químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob Cultivo de Soja e Sorgo Submetido ao uso de Basalto Moído. In. III Congresso Brasileiro de Rochagem, 2016, Pelotas/RS. **Anais...** Brasília/DF: Embrapa, 2016. P. 241-248.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores - IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais, Indicadores de Volume e Valores Correntes**. Brasília: IBGE, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Projeção do Agronegócio, Brasil 2017/218 a 2027/28, Projeções a Longo Prazo. Brasília: MAPA, 2018.

BRASIL, Agência Nacional de Mineração - ANM, Diretoria de Procedimentos Arrecadatórios. Relatório de Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM). Brasília: ANM, 2018. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx> Acesso em: 14 de Abr. 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. **Insumos Agrícolas Registrados para Remineralizadores de Solo**. Consulta e-SIC, protocolo 21900000444201990. Brasília/DF. Em 18/03/2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Notícias, 07/11/16. **Congresso de Rochagem inicia nesta terça-feira, em Pelotas, em busca de remineralizadores de solo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17871838/congresso-de->

[rochagem-inicia-nesta-terca-feira-em-pelotas-em-busca-de-remineralizadores-de-solo](#)>. Acesso em: 30/05/2019.

FERNANDES, R. F. C. et al. Banco de dados do CETEM/MCTI disponibiliza mais de uma centena de estudos de caso sobre os impactos socioambientais da mineração no território brasileiro. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SAÚDE & AMBIENTE (2ºSIBSA), 2014, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Disponível em: <http://www.sibsa.com.br/resources/anais/4/1404160092_ARQUIVO_SIBSA_FranciscoFernandes.pdf>. Acesso em: 19 de abr. de 2019.

MARTINS, E. S. THEODORO, S.H. Apresentação do Congresso Brasileiro de Rochagem. In: I Congresso Brasileiro Rochagem, 2009, Brasília/DF. **Anais...** Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 2010. P. 1:3-4.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo**. Revista de Estudos Avançados, v. 24, n. 68, São Paulo, mar. 2010.

MARTINS, E. S. Proposta de Classificação de Rochas Silicáticas como Fontes de Nutrientes e Condicionadores de Solo. In: II Congresso Brasileiro Rochagem, 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Visconde do Rio Branco: SUPREMA, 2013. P. 368 - 378.

MARTINS, E. S. Plantas, Micorrizas e Microbiota do Solo na Disponibilização de Nutrientes de Pós de Rocha. In: II Congresso Brasileiro Rochagem, 2013, Poços de Caldas/MG. **Anais...** Visconde do Rio Branco: SUPREMA, 2013. P. 13 - 23.

MANCUSO, M. A. C. SORATTO, R. P. PALHANO, M. G. CRUSCIOL, C. A. C. Rocha Fonolito Moída como Fonte de Potássio para Cultura do Café Arábica. In: II Congresso Brasileiro Rochagem, 2013, Poços de Caldas/MG. **Anais...** Visconde do Rio Branco: SUPREMA, 2013. P. 338 - 350.

PORTES, A. M. C. **Avaliação Da Disposição De Rejeitos De Minério De Ferro Nas Consistências Polpa e Torta**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - UFMG, Belo Horizonte. 2013.

PILLON, C. N. Dos Pós de Rocha aos Remineralizadores: Passado, Presente e Desafios. In. III Congresso Brasileiro de Rochagem, 2016 Pelotas/RS. **Anais...** Brasília/DF: Embrapa, 2016. P. 15-22.

KLFF. Kleffman Group. **Manejo do solo com pó de rocha ganha mais adeptos entre sojicultores**. Disponível em : < <http://portalklff.com.br/noticia/manejo-do-solo-com-po-de-rocha-ganha-mais-adeptos-entre-sojicultores-1055333>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

RAMOS, G. C; SILVA; S. G; MELLO, G. A; LEÃO, B. F; KAUTZMAN, M.R; **Caracterização De Rocha Vulcânica Ácida Para Aplicação Em Rochagem**. Comunicações Geológicas, Especial III, 2014.

SILVA, A. P. M. VIANA, J. P. CAVALCANTE, A. L. B. **Diagnóstico Dos Resíduos Sólidos Da Atividade De Mineração De Substâncias Não Energéticas**. Relatório de pesquisa, IPEA. Brasília, 2012.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**. Oficina de Textos, 2ª ed., 2013

TARAMOTO, M. B. ROSSATO, O. B. CRUSCIOL, C. A. C. Eficiência do Remineralizador em dois Tipos de Solo e Manejos nos Parâmetros Biométricos e Tecnológicos da Soqueira de Cana-de-Açúcar. In. III Congresso Brasileiro de Rochagem, 2016, Pelotas/RS. **Anais...** Brasília/DF: Embrapa, 2016. P. 282-286.

THEODORO, S. H. Uso de Remineralizadores na Recuperação de Áreas Degradadas: Estudo de Caso do Reservatório de Três Marias/MG. In. III Congresso Brasileiro de Rochagem, 2016, Pelotas/RS. **Anais...** Brasília/DF: Embrapa, 2016. P. 395-401.

NUNES, J. M. G. **Caracterização de Resíduos E Produtos da Britagem de Rochas Basálticas e Avaliação da Aplicação na Rochagem**. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais. Centro Universitário La Salle, Canoas, 2012.