



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Cláudio Augusto Justino Silva**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA PEDREIRA DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.**

**Goiânia, 2014.**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO  
IFG CAMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

Cláudio Augusto Justino Silva

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE AGREGADOS  
PARA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA PEDREIRA DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE GOIÂNIA.**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Carolina da Cruz Miranda

Coorientador: Prof. Dr. Cidney Rodrigues Valente

**Goiânia, 2014.**

Si381a Silva, Cláudio Augusto Justino.

Avaliação dos impactos ambientais da mineração de agregados para construção civil: estudo de caso de uma pedreira da região metropolitana de Goiânia/ Cláudio Augusto Justino. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2014.  
107 f. : il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Carolina da Cruz Miranda.  
Coorientador: Dr. Cidney Rodrigues Valente.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.  
Inclui anexos.

1. Mineração – impactos ambientais. 2. Construção Civil. 3. Pedreira – Goiânia. I. Miranda, Maria Carolina da Cruz (orientadora). II. Valente, Cidney Rodrigues (coorientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 363.7

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO  
IFG CAMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Cláudio Augusto Justino Silva

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE AGREGADOS  
PARA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA PEDREIRA DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE GOIÂNIA.**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

---

Doutora, Maria Carolina da Cruz Miranda, Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia de Goiás (orientador)

---

Doutor, Cidney Rodrigues Valente, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecno-  
logia de Goiás (coorientador)

---

Doutora, Luciana Miyahara Teixeira, IBAMA (Examinadora)

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Dedico a minha mãe, Zilma, por ter me dado carinho, caráter e honestidade, além de ter me concedido a oportunidade e segurança para me dedicar aos estudos, desde  
minha infância.

Agradeço a minha noiva, Viviane, pela paciência nos momentos de ausência, incentivo nos momentos difíceis e pelo carinho irrestrito a todo momento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Carolina pelas orientações, e correções do rumo do trabalho, apoio junto ao colegiado do curso e paciência com os prazos.

Ao prof. Dr. Sidney Valente pelas discussões, orientações e correções do trabalho.

Agradeço aos técnicos da Pedreira "P", objeto de estudo deste trabalho, que permitiram nosso acesso sem restrições.

À Geóloga Heloísa Helena, de Furnas, pelo apoio para a realização da análise de DRX na amostra de pó da rocha da pedreira.

A professora Suelene Vaz, da área de linguística do IFG, pelo apoio e correções na tradução do resumo deste trabalho.

Por ultimo, agradeço à todos os professores do programa de mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG, com os quais tive a oportunidade ter aulas.

Título: Avaliação dos impactos ambientais da mineração de agregados para construção civil: Estudo de caso de uma pedreira da região metropolitana de Goiânia.

Autor: Cláudio Augusto Justino Silva

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Maria Carolina da Cruz Miranda

Coorientador: Dr. Cidney Rodrigues Valente

## RESUMO

O nicho de mineradoras de agregados para construção civil ainda sofre por conter muitos empreendimentos as margens da legislação e pela falta de rigor dos órgãos regulamentadores. Sendo assim este trabalho buscou estudar o potencial de geração de impactos ambientais destes empreendimentos entendendo sua forma de atuação e como utilizam e se apropriam do espaço. Para estudo de caso foi escolhida uma pedreira localizada na região metropolitana de Goiânia, próxima do principal reservatório de água da região, a represa do ribeirão João Leite. A pesquisa foi estruturada em revisão bibliográfica sobre a temática da mineração e seus impactos ambientais, na aquisição e tratamento de dados cartográficos e imagens de satélite, além de realização de campanhas em campo para reconhecimento do empreendimento e sua região, montagem de banco de dados fotográfico, coleta e análise laboratorial de amostras de solos e aplicação de questionário qualitativo com a população residente no seu entorno. A pedreira em questão começou suas atividades entre os anos de 2006 e 2007, produzindo atualmente brita e areia a partir de rocha granítica. O desmonte do minério é feito em bancadas utilizando explosivos nitrogenados, realizada uma vez ao mês, e a britagem feita a método seco por série de britadores e moinhos. Entre os impactos identificados no estudo de caso pode-se citar a alteração do leito de uma drenagem por assoreamento e escavação para represamento, além de sua contaminação por derramamento de óleos de máquinas. Foi mapeada também uma erosão com cerca de 250 metros de extensão, identificada via imagens de satélite entre os anos de 2006 e 2009, em decorrência do mau planejamento das vias de trânsito interno da pedreira, as quais provocam a concentração das águas das chuvas não infiltradas em um único local. Essa erosão foi recuperada entre no ano de 2009 através do soterramento e construção de bancadas, além de um sistema de drenagem da mina. Por serem superdimensionadas, as detonações geram o lançamento de fragmentos de rochas a grandes distâncias, representado risco a segurança da população vizinha. Através de mapeamento das residências atingidas e de fragmentos encontrados em campo foi estipulado um raio de risco de cerca de 450 metros. A fragmentação da rocha gera grande quantidade de particulado rico em sílica, que são transportados e depositados pelos ventos no entorno da pedreira representando risco a saúde das pessoas que respiram esse material. Como a região é importante produtora de hortifrutí, foi realizada análise química de amostras de solos da área de entorno. Os mesmos apresentam índices médios de H+Al - 2,8 (mEq/100cm<sup>3</sup>), Ca - 5,5 (mEq/100cm<sup>3</sup>), Mg - 0,9 (mEq/100cm<sup>3</sup>), pH - 5,2 (CaCl<sub>2</sub>) e CTC entre 6,4 e 12,8 (mEq/100cm<sup>3</sup>). Os resultados alcançados demonstram que tal nicho de empreendimentos tem considerável potencial degradador do meio ambiente, principalmente por haver concentração de várias pedreiras nas regiões com grande demanda destes produtos, e conseqüentemente nas mesmas bacias hidrográficas, facilitado ainda pela falta de atenção dos órgãos fiscalizadores por serem normalmente empreendimentos de pequeno e médio porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mineração; Impacto Ambiental; Agregados para Construção Civil.

Title: Assessment of environmental impacts of mining of aggregates for construction: Case study of a stone quarry in the metropolitan region of Goiania.

Author: Cláudio Augusto Justino Silva

Adviser: Dr<sup>a</sup>. Maria Carolina da Cruz Miranda

Co-adviser: Dr. Cidney Rodrigues Valente

### ABSTRACT

The group of mining of aggregates for construction still suffers for containing many ventures at the margins of legislation and lack of rigor of the regulatory agencies. Therefore this study aimed to examine the potential to generate environmental impacts of these projects understanding the way it operates and how to use and appropriate space. For case study was chosen a stone quarry located in the metropolitan region of Goiania, close to the main reservoir of water in the region, the dam of Ribeirão João Leite. The research was structured by literature review on the topic of mining and its environmental impacts, acquisition and processing of map data and satellite images, as well as campaigning for recognition in the field of entrepreneurship and its region, assembling photographic data bank, collection and laboratory analysis of soil samples and application of qualitative questionnaire for resident population in its surroundings. The quarry in question began its activities between 2006 and 2007, currently producing gravel and sand from granite rock. The dismantling of the mineral is done on countertops using nitrogenous explosives carried out once a month, and the crushing is made by the dry method through series of crushers and mills. Between the impacts identified in this case study we can cite the change of the bed of the drainage by siltation and excavation for dam, besides its contamination by oil spill of machines. It was also mapped an erosion of about 250 meters in length, identified through satellite images from 2006 to 2009, due to the poor planning of the quarry internal routes traffic, which cause concentration of rainwater not infiltrated in only one location. This erosion was recovered in 2009 through burial and building benches, and also from a mine drainage system. Because they are oversized, the detonations generate the release of fragments of rocks at great distances, representing risk to the safety of the neighboring population. Through mapping the affected residences and the fragments found in field it was stipulated a lightning risk of about 450 meters. The fragmentation of the rock generates large amount of particulate rich in silica, which are transported and deposited by winds in the vicinity of the quarry representing risk to the health of those who breathe this stuff. As the region is an important producer of grocery, chemical analysis of soil samples from the surrounding area was conducted. They have an average rate of H + Al - 2.8 (mEq / 100cm<sup>3</sup>), Ca - 5.5 (mEq / 100cm<sup>3</sup>), Mg - 0.9 (mEq / 100cm<sup>3</sup>), pH - 5.2 (CaCl<sub>2</sub>) and CTC between 6.4 and 12.8 (mEq / 100cm<sup>3</sup>). Results show that this group of enterprises has considerable potential of degrading the environment, mainly because there is concentration of several quarries in the regions with high demand for these products, and consequently in the same watershed, further facilitated by the lack of attention from the regulatory authorities to be usually ventures of small and medium.

**KEYWORDS:** Mining; Environmental Impact; Aggregates for Construction

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura 1 - Mapa de Localização da Pedreira “P” .....	06
Figura 2 – Mapa Regional da Cobertura e Uso do Solo da Área em Estudo.....	07
Figura 3 – Mapa Hidrográfico Regional da Área em Estudo.....	08
Figura 4 – Mapa Geológico Regional da Área em Estudo (BAETA JR., 1999).....	11
Figura 5 – Mapa Geomorfológico Regional da Área em Estudo (LATRUBESSE, 2006).....	12
Figura 6 – Modelo Digital de Elevação – SRTM.....	13
Figura 7 – Mapa Pedológico Regional da Área em Estudo .....	14
Figura 8 – Fluxograma da Metodologia Utilizada.....	20
Figura 9 – Esquematização da montagem das barreiras ao longo da erosão (CARVALHO, 2006).....	49
Figura 10 – Carta Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Setembro de 2004).....	54
Figura 11 – Carta Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Abril de 2006).....	55
Figura 12 – Carta Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Setembro de 2009).....	56
Figura 13 – Carta Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2011).....	57
Figura 14 – Carta Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).....	58
Figura 15 – Mapa com localização das residências no entorno da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).....	59
Figura 16 – Mapa Altimétrico e do Layout da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).....	62
Figura 17 – Tanque de Combustível para veículos.....	63
Figura 18 – Tambores com combustível próximos a oficina.....	63
Figura 19 – Maquinário em manutenção.....	63
Figura 20 – Depósito de materiais para manutenção de veículos.....	63
Figura 21 – Visão Lateral da oficina de veículos.....	63
Figura 22 – Pátio de manobra de veículos e oficina.....	63
Figura 23 – Frente de lavra superior (visão frontal).....	65
Figura 24 – Frente de lavra inferior (visão panorâmica).....	65
Figura 25 – Acesso a usina de britagem.....	65
Figura 26 – Visão parcial da usina de britagem.....	65
Figura 27 – Pátio de veículos / borda do aterro.....	65
Figura 28 – Aterro da área da oficina e pátio de veículos.....	65
Figura 29 – Sistema de drenagem. Vala de captação das enxurrada .....	66
Figura 30 - Interferência na área da represa assoreada. Direção das Fotos: (a) – Norte; (b) – Leste.....	67
Figura 31 – Tanques de armazenamento e abastecimento de água .....	68
Figura 32 – Represa de abastecimento de água para o empreendimento.....	68

Figura 33 – Mapa de localização das residências visitadas para entrevistas .....	70
Figura 34 – Mapa de projeção dos impactos da Pedreira P – Dispersão de Poeiras (Data da Imagem: Maio de 2013) .....	72
Figura 35 – Fragmento de rocha lançado a sul da mina pelo desmonte das frentes de lavra.....	73
Figura 36 – Fragmento de rocha lançado a sul da mina pelo desmonte das frentes de lavra.....	73
Figura 37 – Mapa de projeção dos impactos da Pedreira P – Lançamento de fragmentos de rochas (Data da Imagem: Maio de 2013).....	74
Figura 38 – Mapa dos pontos de amostragem de solo.....	79
Figura 39 – Gráfico do resultado do Difratograma do pó de rocha – Amostra “PBR 01” .....	80
Figura 40 – Área da represa assoreada. Em (a) Figura obtida em 23/10/2013; Em (b) Figura obtida em 23/05/2014.....	84
Figura 41 – Esquematização proposta das bacias de contenção e acumulação de água da pedreira.....	85

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Valores para frações em massa de particulado relacionadas com efeitos à saúde, identificada no critério seletivo por tamanho de partícula para avaliação da exposição ocupacional a poeiras. Adaptação (Santos, 2005).....	30
Tabela 02 – Direção dos ventos na Região Metropolitana de Goiânia no ano de 2012 - Fonte BD-MEP/INMET.....	71
Tabela 03 – Locais de Amostragem de Solos do dia 18/11/2013.....	77
Tabela 04 – Análises de Solos - Amostragem de 18/11/2013.....	77
Tabela 05 – Locais de Reamostragem de Solos do dia 23/05/2014.....	78
Tabela 06 – Análises de Solos - Amostragem de 23/05/2014.....	78
Tabela 07 – Proporção dos minerais presentes na amostra de pó de rocha.....	81

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
ANA	Agencia Nacional de Águas
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CEN	European Committee for Standardization
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAM	Drenagens Ácidas de Minas
DNPM	Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
DRX	Difração de Raios-X
EIA	Estudos de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FUNMINERAL	Fundo de Fomento Mineral
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	International Organization for Standardization
LEO	Limite de Exposição Ocupacional
LP	Licença Prévia
LI	Licença Instalação
LO	Licença Operação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NR	Norma Regulamentadora
NRM	Normas Regulamentadoras de Mineração
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto do Meio Ambiente

SAD 69	South American Datum 1969
SEGPLAN	Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento – Goiás
SEMARH	Secretária Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – Goiás
SIEG	Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	1
2. Objetivo Geral .....	4
2.1 Objetivos Específicos .....	4
3. Área em Estudo .....	5
3.1 Localização da Pedreira P.....	5
3.2 Aspectos Operacionais da Pedreira P.....	5
3.3 Caracterização da Região do Estudo .....	5
4. Metodologia e Materiais .....	15
5. Fundamentação Teórica.....	21
5.1. Caracterização da Atividade Mineira .....	21
5.1.1 Prospecção e Pesquisa Mineral.....	21
5.1.2 Desenvolvimento e Implantação do Empreendimento .....	22
5.1.3 Fase de Funcionamento .....	23
5.1.4 Fase de Desativação .....	24
5.2. Impactos Ambientais da Mineração de Agregados .....	26
5.2.1 Impactos Visuais.....	27
5.2.2 Poluição Atmosférica .....	28
5.2.3 Fauna e Flora .....	31
5.2.4 Solos .....	32
5.2.5 Recursos Hídricos .....	34
5.2.6 Impactos Sonoros, Vibrações e Lançamentos de Fragmentos de Rochas .....	36
5.3 Aspectos Legais .....	38
5.4. Controle e Recuperação Ambiental .....	42
5.4.3 Solos .....	46
5.5. Aspectos Ambientais sobre a Desativação de Empreendimentos Mineiros.....	52

6. Resultados .....	53
6.1. Evolução Temporal dos Impactos Ambientais da Pedreira P – Avaliação via Imagens de Satélites .....	53
6.2. Avaliação dos Impactos Ambientais in Loco .....	60
6.2.1 Avaliação do Empreendimento .....	60
6.2.2 Avaliação Social dos Impactos.....	70
6.2.3 Análises Laboratoriais .....	75
6.2.3.1 Solos .....	75
6.2.3.2 Pó de Rocha.....	80
7. Discussões .....	82
7.1. Contaminação e Assoreamento das Drenagens .....	82
7.2. Solos .....	86
7.3. Poeiras.....	88
7.4. Fragmentos de rocha .....	89
7.5. Demais Impactos.....	90
8. Conclusões.....	92
9. Considerações Finais .....	95
10. Referências Bibliográficas .....	97
11. Anexos – Questionário de Entrevista com Moradores .....	107

## 1. Introdução

A mineração é um ramo industrial responsável por uma significativa parcela da economia em grande maioria dos países. Se aproveita da disponibilidade dos bens minerais existentes na crosta terrestre, tendo como princípio básico sua extração e beneficiamento, estejam em estado sólido, líquido ou gasoso. Ela sustenta também diversos outros setores industriais diretamente dependentes de seus produtos, como a metalurgia, a indústria química, a farmoquímica, de fertilizantes, da construção civil, além de ser responsável pela extração de carvão mineral, petróleo e gás natural, importantes fontes de energia.

O setor industrial mineral é subdividido em alguns segmentos definidos pelo tipo de minério explorado, e entre estes destacam-se os metais, minerais energéticos, rochas ornamentais, agregados para construção civil, entre outros. Segundo o Balanço Mineral Brasileiro de 2001, o termo “agregados para construção civil” refere-se a um *segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. São basicamente a areia, a rocha britada(...)*(DNPM, 2001) e o cascalho. Esse ramo da mineração é extremamente importante sob os aspectos econômicos e sociais, sendo o consumo *per capita* dos agregados considerado um dos indicadores da qualidade de vida urbana, pois pode representar, segundo IPT (2003), o atendimento às necessidades da população referente a obras de infraestrutura sanitária, energética, de educação, saúde e moradia.

Atualmente os empreendimentos destinados à exploração dos recursos minerais devem submeter seus projetos à aprovação dos órgãos federais, estaduais e municipais competentes e executar estudos de avaliação dos impactos ambientais, bem como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas como aspectos básicos para obtenção das licenças ambientais, sem as quais o empreendimento não é concebido.

O nicho das pequenas mineradoras contem sérios problemas ambientais, entre estas incluindo as que extraem agregados para construção

civil. Dentre os empreendimentos legalizados situados no estado de Goiás em 2010, cerca de 51% destinavam-se a extração de agregados para construção civil<sup>1</sup>, em contrapartida sua representação econômica não passava dos 10% do valor da produção comercializada<sup>2</sup>. Sendo assim, é notório que os recursos financeiros que estas dispõem para realização de estudos ambientais preventivos e de ações de intervenções para correção dos impactos gerados é significativamente menor quando comparada as grandes empresas do setor mineral. Outro aspecto importante a se destacar é que, a fim de corte de gastos ou por considerarem que não há demanda, corriqueiramente estas não dispõem de profissional qualificado para acompanhamento da situação ambiental. A atenção as questões ambientais acaba sendo dada apenas por cumprimento de obrigações legais, sendo negligenciadas a partir da obtenção das licenças referidas, conseqüentemente o risco de geração de impactos durante a vida útil do projeto e de passivos ambientais após sua desativação são bastante elevados.

Dadas as circunstancias anteriormente citadas, não é difícil imaginar o potencial que um conjunto de vários empreendimentos deste tipo tem de geração de impactos. As regiões com grandes concentrações populacionais e/ou com altas taxas de crescimento urbano acabam atraindo para seu entorno esses empreendimentos em função da alta demanda dos agregados para construção civil. Logicamente há as limitações geológicas que condicionam a disposição da matéria prima, no entanto, como a gama de rochas aptas para produção de brita, por exemplo, é bem variada, podendo ser obtida de granitos, gnaisses, calcários, basaltos, etc., acaba sendo bastante comum a concentração de varias pedreiras e areeiras no entorno dos grandes centros urbanos (Silva, 2012).

A região metropolitana de Goiânia é formada por 20 municípios e cerca de 2.173.141 habitantes, segundo dados do censo IBGE 2010. Estima-se que cerca de 196 empreendimentos destinados a exploração de agregados para

---

<sup>1</sup> Consideradas as minas com produção ROM acima de 10.000 t/ano – Anuário Mineral Brasileiro 2010

<sup>2</sup> Quantidade e valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização - Anuário Mineral Brasileiro 2010.

construção civil em um raio de 100 km apresentavam condições de atender este mercado consumidor em 2010. Evidenciadas essas circunstâncias, atreladas ao risco ambiental intrínseco, nota-se que é de suma importância um olhar mais atento para esse nicho empresas sobre as questões ambientais envolvidas. Sendo assim, este trabalho busca demonstrar a relevância do assunto para comunidade científica, setor público e para os profissionais atuantes nesse ramo da mineração a fim de que mais atenção seja dada para os estudos de avaliação ambiental e para que seja realmente efetivo o acompanhamento dos impactos durante sua a vida útil.

Para a realização deste trabalho, definiu-se como o melhor caminho para se atingir resultados relevantes o desenvolvimento de um estudo de caso em um empreendimento destinado a produção de agregados para a construção civil e localizado em região com grande demanda, podendo assim analisar a real situação deste setor industrial.

Por questões de sigilo comercial e em respeito a disposição empenhada pela empresa proprietária da pedreira em permitir o acesso ao local, o nome da mesma, assim como do empreendimento estudado não serão citados neste trabalho. O empreendimento será tratado neste como “Pedreira P”.

## 2. Objetivo Geral

Este trabalho tem o objetivo de elaborar um estudo de avaliação dos impactos ambientais gerados, e/ou propensos a se desenvolverem, em função das atividades de um empreendimento mineiro de produção de agregados para construção civil localizado na região metropolitana de Goiânia.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Delimitar os impactos sobre a população instalada nas imediações;
- Identificar os métodos de recuperação de impactos ambientais desenvolvidos pelo empreendimento;
- Avaliar se a Pedreira “P” gera riscos ambientais a represa do Ribeirão João Leite e ao Parque Ecológico de Goiânia Altamiro de Moura Pacheco;
- Apontar alternativas operacionais que possibilite minimização dos impactos detectados.

### 3. Área em Estudo

#### 3.1 Localização da Pedreira P

A pedreira P está localizada no município de Goianápolis, a cerca de 21 km a nordeste de Goiânia, com acesso pela BR-060 em sentido a Anápolis (Figura 01). O empreendimento, que ocupa uma área de cerca de 395.000 m<sup>2</sup>, tem cotas variando entre 820 e 900 metros e, como visto na Figura 02, está a 1,2 km a leste da divisa do Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco e a cerca de 2,5 km a sudeste e a montante da represa do Ribeirão João Leite, destinada ao abastecimento de água para Goiânia e municípios conurbados. A região de entorno da mina é ocupada por pequenas propriedades rurais, destinadas em sua maioria para produção de hortifrutis como chuchu, maracujá, abóbora, além da criação de gado.

#### 3.2 Aspectos Operacionais da Pedreira P

A pedreira explora um maciço rochoso de origem metamórfica, sendo o desmonte realizado a céu aberto e em bancadas. A usina de beneficiamento também está situada toda a céu aberto, constituída por britadores primários, secundários e terciário, estando entre os agregados produzidos a brita, de diversas granulometrias, a pedra marroada e a areia, ambos destinados principalmente para indústrias de concreto e pavimentação.

#### 3.3 Caracterização da Região do Estudo

A área de estudo está situada na mesorregião central de Goiás e na região de planejamento definida pela Segplan como Região Metropolitana de Goiânia. Está englobada na área da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte e microbacia do ribeirão João Leite, principal manancial para abastecimento de água para a os municípios circunvizinhos (Figura 03). O tipo de uso do solo principal da região é para pastagens cultivadas, seguida por cultura anual, porém ainda apresentando fragmentos de vegetação nativa em topos de morros, fundos de vales e outras áreas de preservação, tendo nestas a

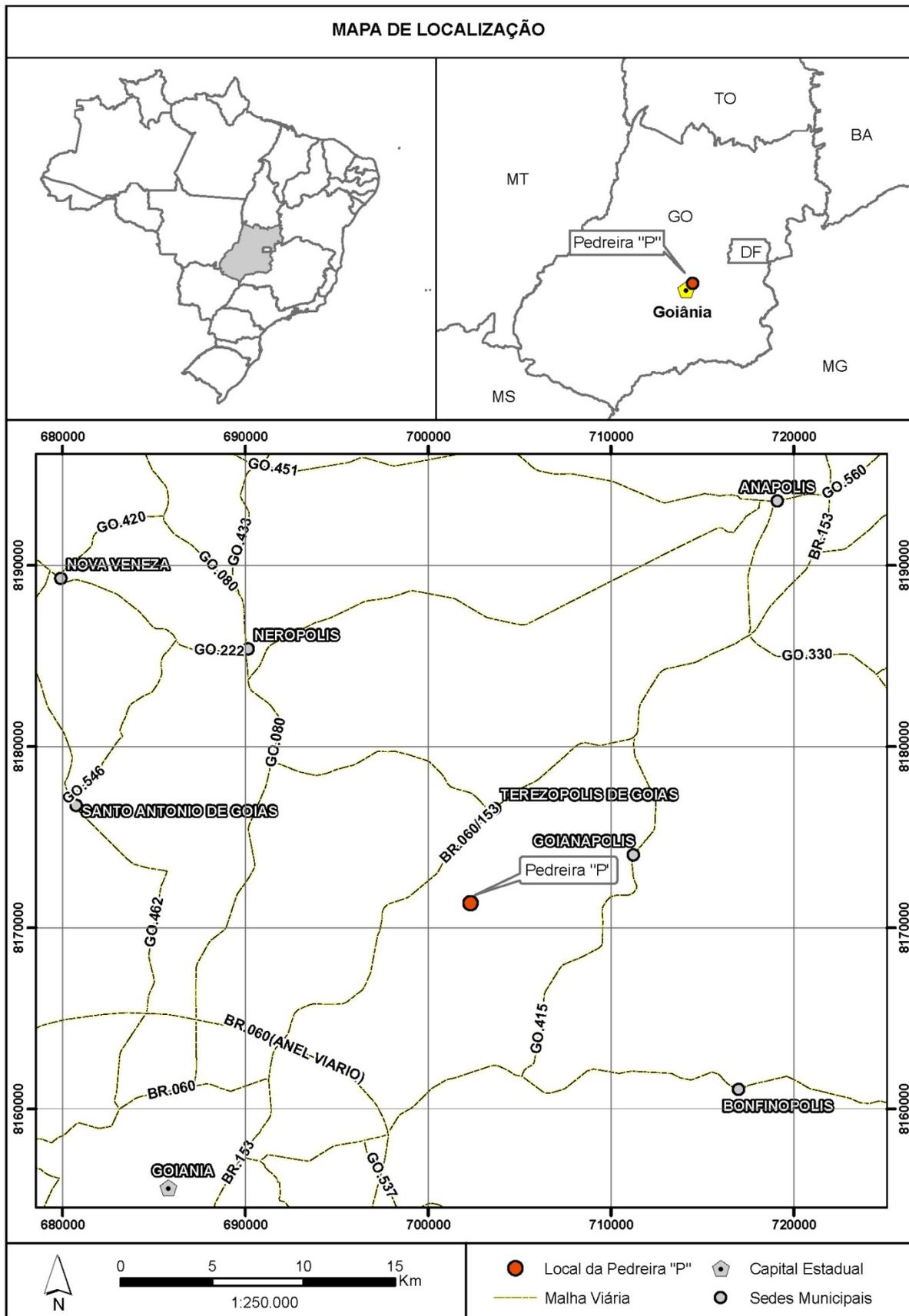
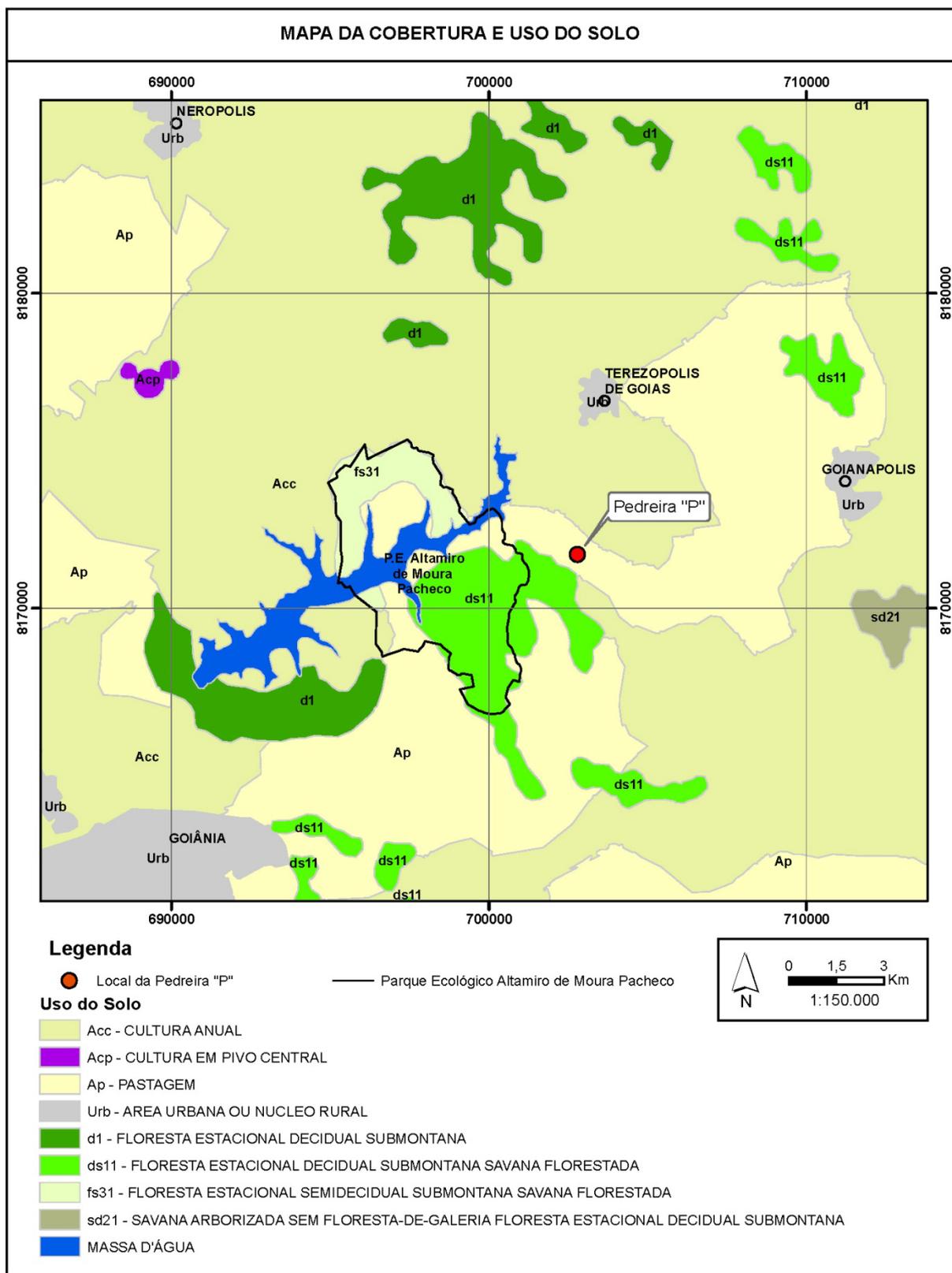


Figura 1 - Mapa de Localização da Pedreira "P".



**Figura 2 – Mapa Regional da Cobertura e Uso do Solo da Área em Estudo. Base de dados disponíveis em SIEG (2006): Determinação de áreas prioritárias para unidades de preservação – Consórcio de Imagem WWF - EMBRAPA-IBGE / revisado pela SGM/SIC.**

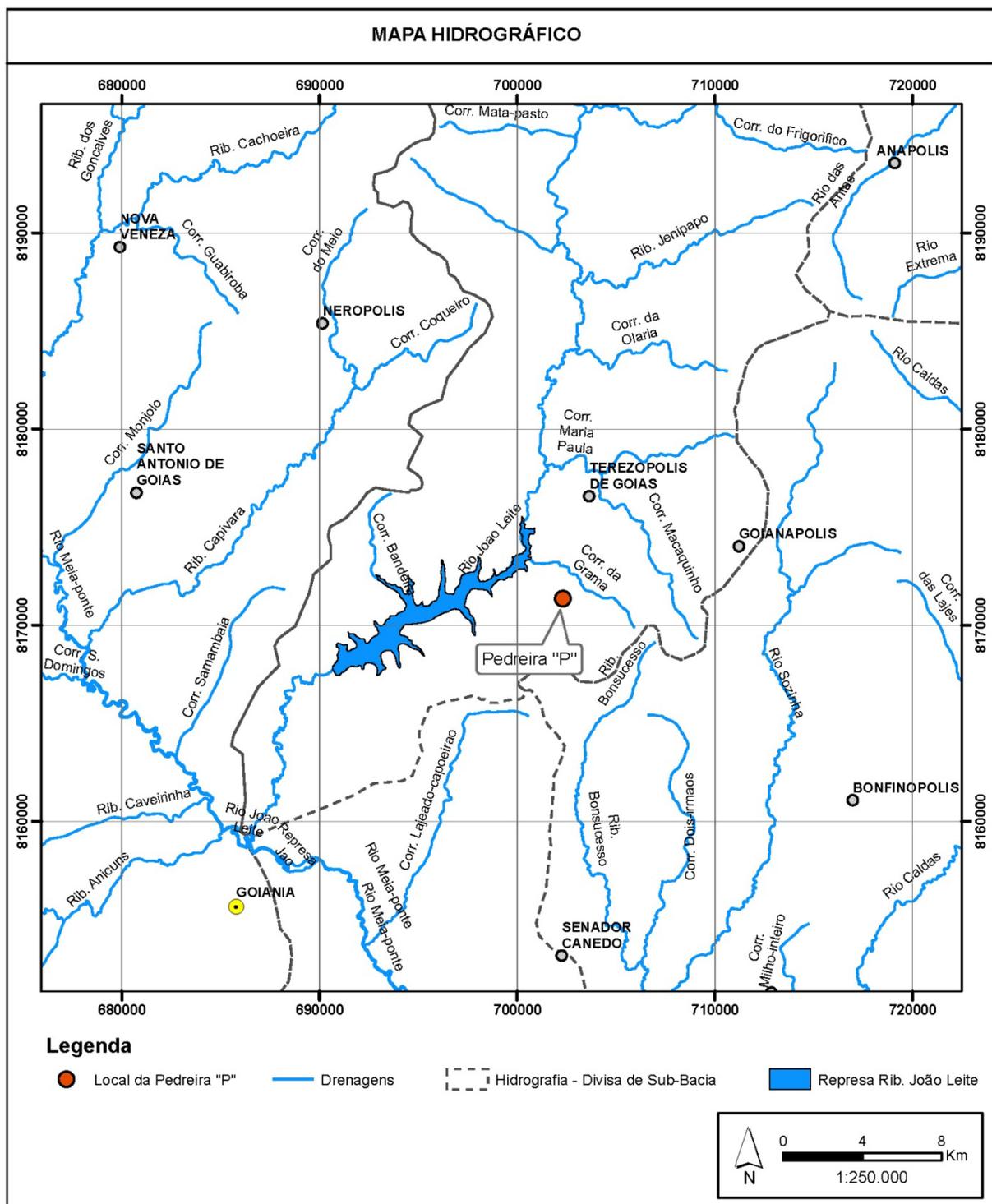


Figura 3 – Mapa Hidrográfico Regional da Área em Estudo. Base de dados disponíveis em SIEG (2006): Drenagens da Base cartográfica 1:1.000.000 IBGE - Drenagens da Base Cartográfica Vetorial Digital ANA -revisão de topologia, alimentação, atualizações e edição da carta - SGM/SIC

predominância de vegetação do tipo Campo Cerrado, Cerradão e Floresta Estacional. (Figura 02).

Quanto aos aspectos geológicos, a Pedreira P está situada sobre o Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu que, segundo Moreton (1994, *apud* Lopes e Castro, 2004), é constituído por rochas metamórficas como os granulitos ácidos e básicos, com ocorrências de metagranitoides e encraves de rochas metavulcanossedimentares que datam do Neoproterozóico (Figura 04). Baeta Junior (1999) também sobre o Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu, o define como (...) *um cinturão de rochas cisalhadas, estabilizadas na fácies anfibolito alto a granulito e separadas em ortoderivados e paraderivados*. Dentre os ortoderivados (que englobam ígneas metamorfizadas na fácies granulito e correspondem ao conjunto de piroxenitos/gnaisses gábricos e à metabásicas e metaultrabásicas granulitizadas) *destacam-se, metagabróides, metabásicas, enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos e metapiroxenitos, estes últimos às vezes transformados em serpentinitos, talco-xistos e tremolita talco-xistos. Alternando-se com tais litótipos ocorrem os paraderivados* (geralmente constituídos por gnaisses aluminosos e hiperaluminosos), onde se destacam, *granada gnaisses, biotita-granada gnaisses, biotita-sillimanita-granada gnaisses, cianita-granada gnaisses, granada quartzitos, gonditos e calcissilicáticas* (Baeta Junior, 1999).

O clima da região metropolitana de Goiânia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, “Tropical Úmido”. Tem duas estações bem distintas durante o ano, sendo uma fria e seca, corresponde ao inverno, resultado da atuação das massas de ar polar atlântica e tropical atlântica especialmente de maio a setembro respectivamente. A outra corresponde ao verão, que vai de outubro a abril, sendo chuvoso e quente, resultado da influência das massas de ar equatoriais continentais. As temperaturas da região variam entre 22 °C a 31 °C, podendo ultrapassar os 35 °C entre setembro e dezembro, e atingir 13 °C entre maio e julho (Nunes, 2010).

Esta região é caracterizada geomorfologicamente de Superfície Regional de Aplainamento com forte índice de dissecação – SRAIIA (Latrubesse, 2005). Segundo Lopes e Castro (2004) os paragrulitos presentes, sendo rochas

mais resistentes e ricas em quartzo, sustentam áreas com cotas elevadas com predomínio de solos pouco desenvolvidos como os cambissolos, enquanto ortogranulitos, apresentando caráter máfico, são mais propensos a sofrer intemperismo e formação de solos espessos e bem desenvolvidos, como os latossolos, propiciando assim a região características de relevo esculpido com claras feições estruturais (Figuras 05, 06 e 07).

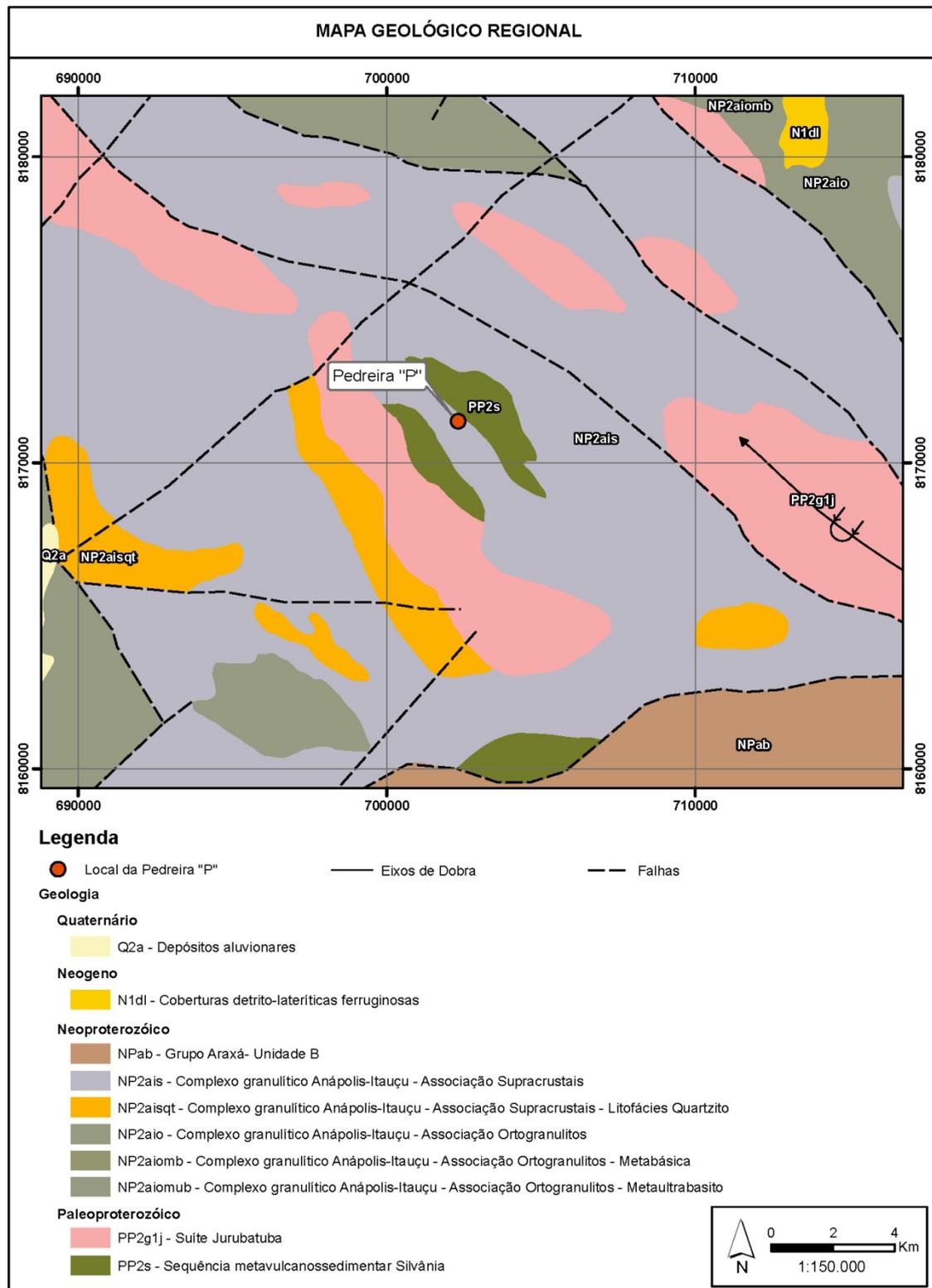


Figura 4 – Mapa Geológico Regional da Área em Estudo (BAETA JR., 1999)

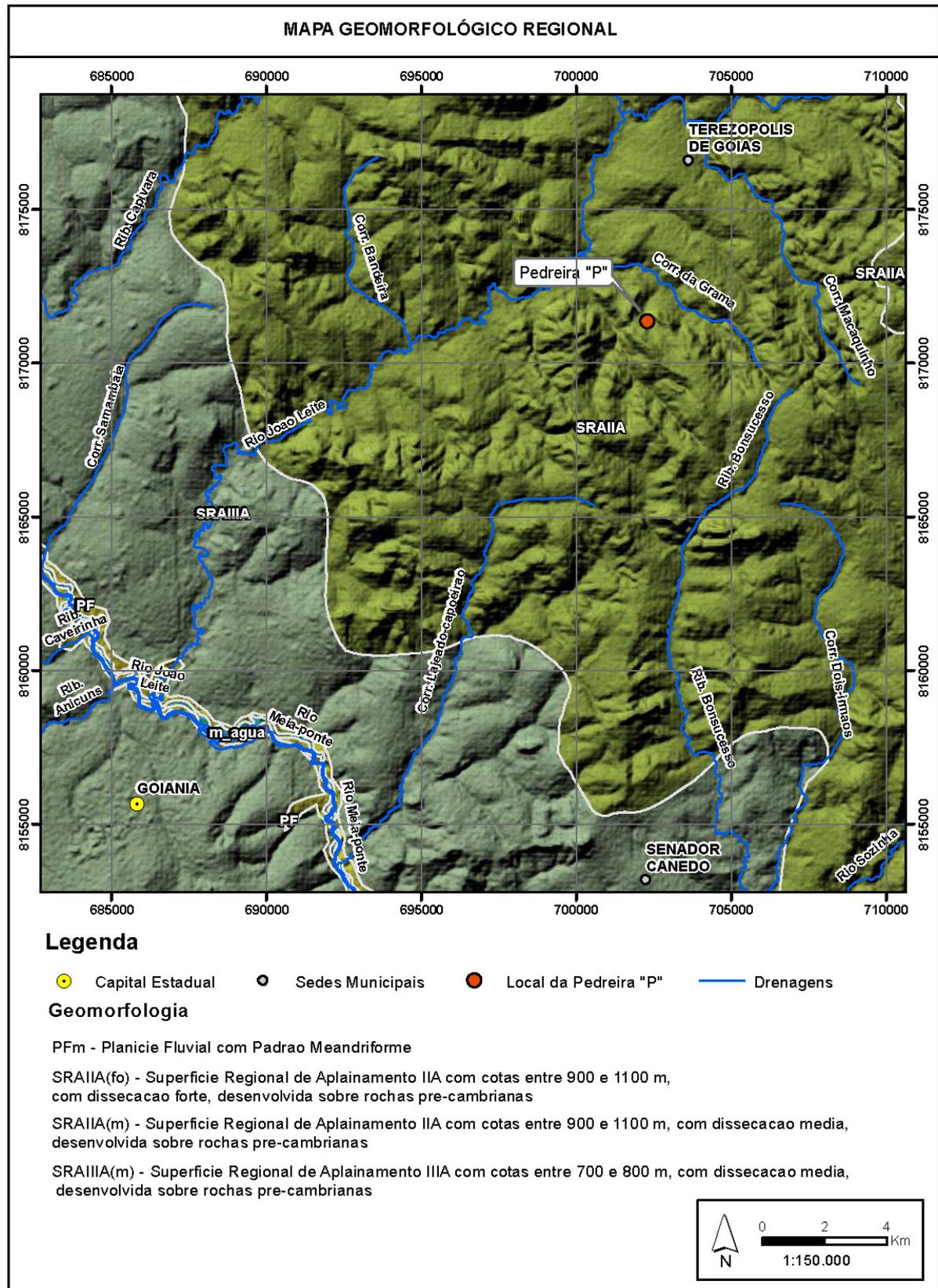


Figura 5 – Mapa Geomorfológico Regional da Área em Estudo (LATRUBESSE, 2006).

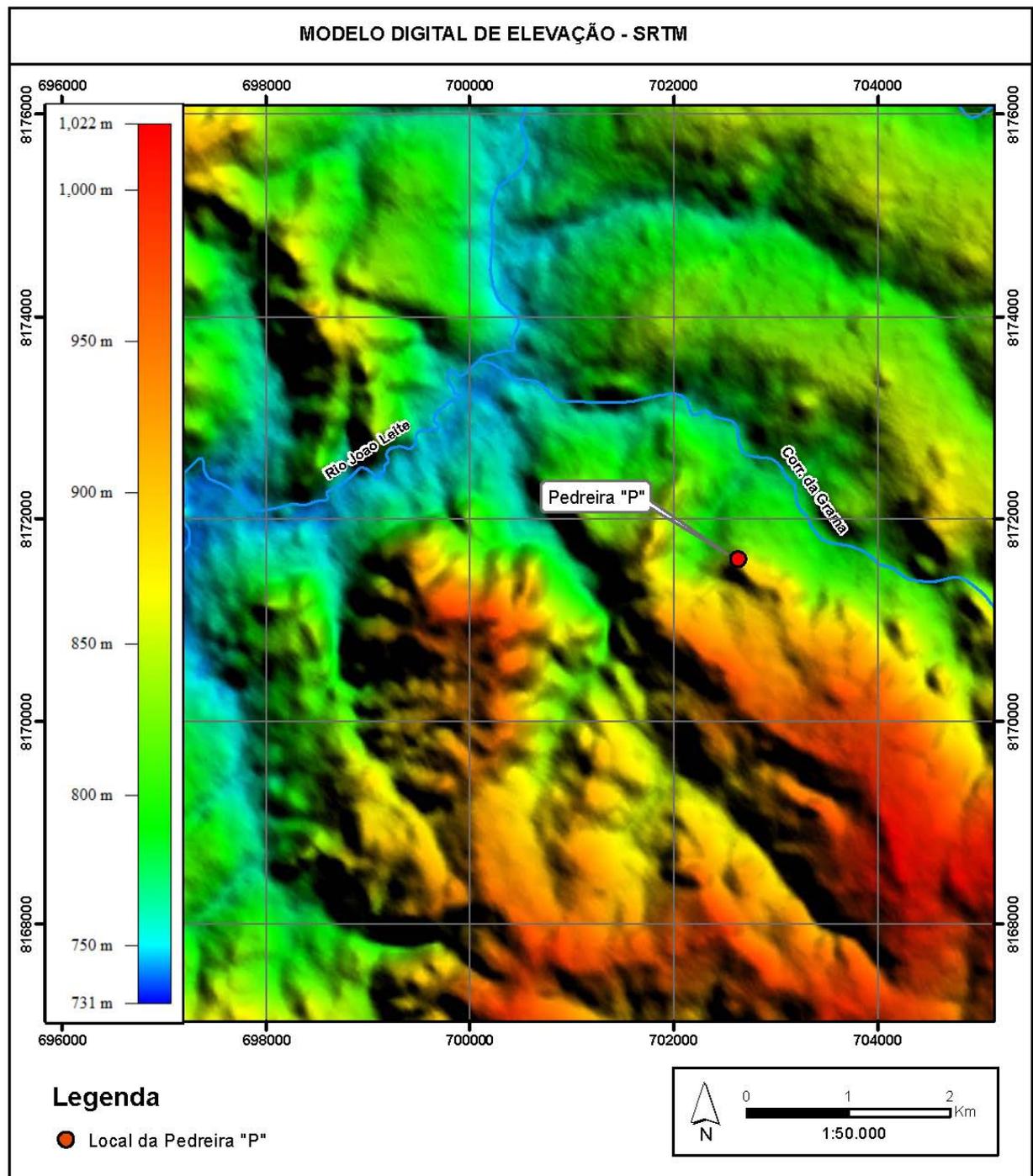


Figura 6 - Modelo Digital de Elevação - SRTM.

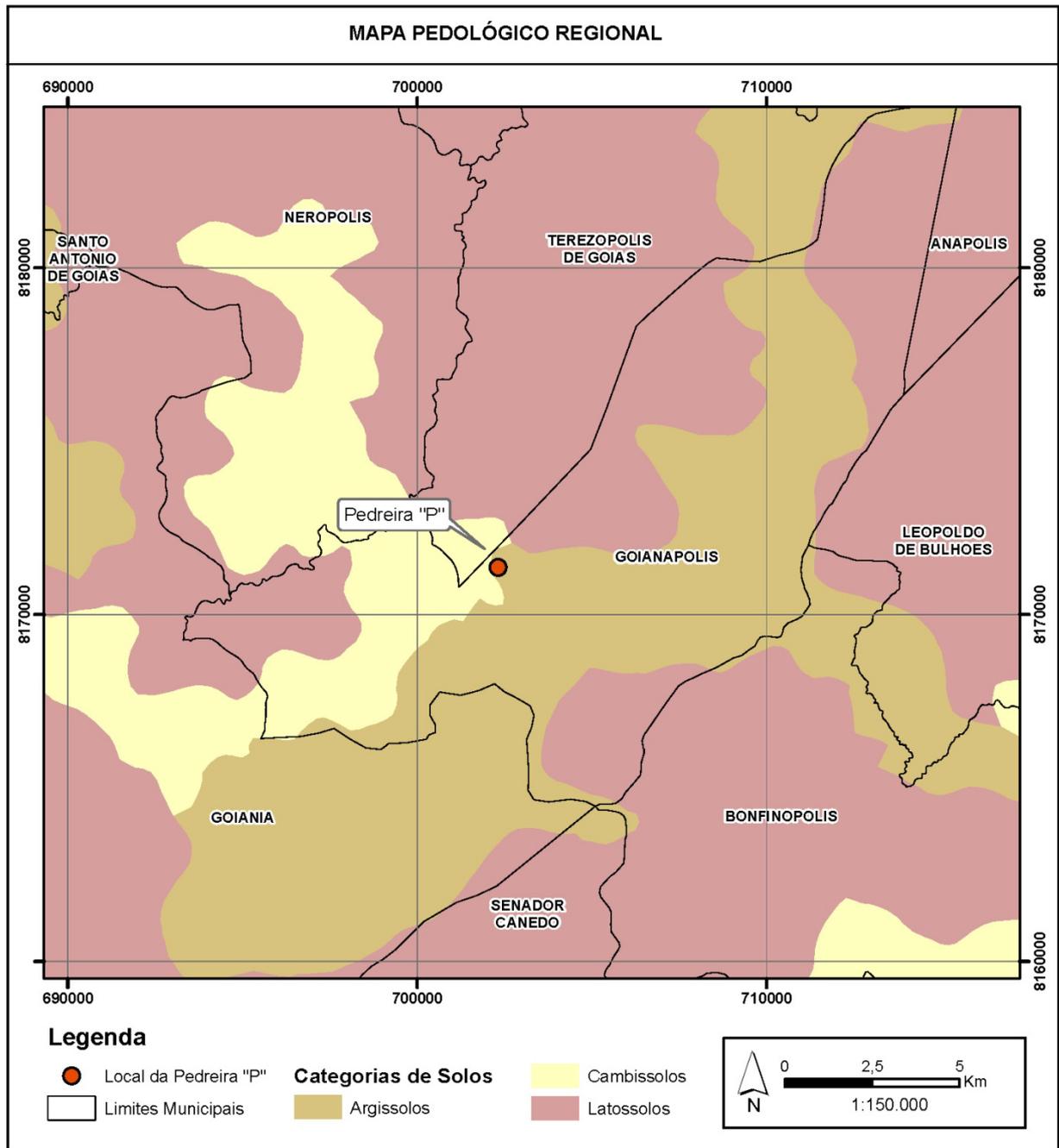


Figura 7 – Mapa Pedológico Regional da Área em Estudo Base de dados disponíveis em SIEG (2006):  
 Determinação de áreas prioritárias para unidades de preservação – Cons.Imagem/WWF - RADAMBRASIL.

## 4. Metodologia e Materiais

Para organizar as atividades necessárias ao desenvolvimento do trabalho e a fim de atingir os objetivos propostos, esta pesquisa foi estruturada da seguinte forma:

**1. Levantamento Bibliográfico:** A primeira etapa refere-se a revisão bibliográfica a respeito de conceitos pertinentes a mineração de agregados para construção civil, aos impactos ambientais desta atividade, assim como os métodos mais difundidos para recuperação dos mesmos. Buscou-se nesta fase entender como a atividade mineira se apropria do espaço e dos recursos naturais transformando-os em bens de consumo com valor agregado. Para isso foi investigado toda a vida útil dos empreendimentos, desde a fase de pesquisa geológica para se definir se há ou não viabilidade para exploração mineral, passando pelas fases de instalação, operação e de desativação dos projetos, pois a forma como os empreendimentos atuam define os tipos de impactos sujeitos a ocorrerem, condicionados também aos aspectos naturais das regiões. A pesquisa bibliográfica buscou também levantar o estado da arte em relação aos trabalhos acadêmicos e técnicos sobre os impactos ambientais da mineração e dos métodos de recuperação atualmente utilizados. Para nortear o entendimento do que tange esse ramo industrial se mostrou também necessário o estudo sobre as legislações minerais e ambientais que delimitam os deveres e obrigações para o este setor.

**2. Aquisição e tratamento de dados cartográficos e tratamento de imagens de satélite:** Para reconhecimento e análise das características da região em estudo foram produzidos mapas e cartas-imagem utilizando ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Esta fase consistiu na obtenção de dados cartográficos de domínio público que contemplassem os aspectos geológicos, geomorfológicos, de uso do solo, entre outros, através das bases de dados *on line* disponibilizados nos sites do SIEG, IBGE, CPRM e DNPM, e gerados mapas de interesse utilizando o software “Esri ArcGis 10.1”. Através do software “Google Earth 7.1” foi coletada série histórica de imagens do satélite Quickbird 2 entre os anos de 2004 e 2013. Este satélite é equipado com os sensores Pancromático, com resolução

espacial de 61 a 72 cm, e Multiespectral, com resolução espacial variando entre 2,4 a 2,8 m e suas imagens são fornecidas ao banco de dados do Google Inc. pela empresa “DigitalGlobe” (Panizza, 2011; Santos, 2013). As mesmas foram georreferenciadas utilizando os softwares “GPS Trackmaker 3.8” e “Esri ArcGis 10.1” pelo sistema de projeção “Universal Transversa de Mercator” (UTM) e datum “South American Datum 1969” (SAD 69). Através das imagens de alta resolução foi possível delimitar a área do empreendimento, seu layout operacional básico, além de mapear drenagens, vias de acesso, tipo de uso da área de entorno e sedes das propriedades vizinhas. Foram adquiridos também dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) através do site da “Topodata” (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>) as quais possuem escala espacial de 30 metros, resultado da reamostragem realizada a partir dos dados originalmente gerados com 90 metros de escala espacial. A partir destes dados foi gerado o modelo digital de elevação utilizando o software “Global Mapper 11”, e com o “Esri ArcGis 10.1” foi produzido dados altimétricos em formato de curvas de níveis com intervalos de 5 metros.

**3. Pesquisas de campo:** Para caracterização e avaliação *in loco* da área foi definido a realização de quatro campanhas em campo, sendo duas delas realizadas em outubro de 2013, uma em novembro de 2013 e a última em maio de 2014.

- Campo 01 - A primeira visita, realizada no dia 23 de outubro de 2013, destinou-se ao reconhecimento do empreendimento por sua infraestrutura, o tipo de minério explorado, tipos de produtos gerados e as características topográficas do local e da região. Foi feita entrevista com o técnico responsável pelo funcionamento da pedreira para averiguação dos procedimentos operacionais utilizados e suas possíveis limitações técnicas.

- Campo 02 - A segunda visita, feita no dia 31 de outubro de 2013, foi destinada a realização de inventário dos aspectos sociais através de entrevistas aplicadas a moradores da região de entorno do empreendimento. O questionário (anexo I) trazia questões subjetivas referente a interferência das atividades da pedreira sobre sua propriedade, em sua qualidade de vida e

sobre a percepção de impactos gerados. Foram entrevistados oito moradores, sendo a localização da residência registrada por GPS da marca “Garmin” modelo “62S”.

O tratamento dos dados das entrevistas se deu pela categorização das respostas referentes a temas específicos, como o tipo de impacto gerado em sua propriedade, em sua residência, aprovação ou não da presença da pedreira no local e tipo de relação mantida com a mesma. Posteriormente as informações foram espacializadas e gerados mapas qualitativos dos impactos informados.

- Campo 03 - O terceiro trabalho em campo, realizado no dia 18 de novembro de 2013, foi destinado a coleta de amostras de solos da área de entorno da pedreira. Foram coletadas seis amostras, sendo três a leste da pedreira, duas a sul da mina e uma a oeste, entre a bacia de contenção e a drenagem (Figura 38 / Tabela 03). Todas as amostras foram coletadas entre 25 cm e 40 cm de profundidade utilizando cavadeira articulada e acondicionadas em sacos plásticos.

- Campo 04 - O quarto e último trabalho em campo, realizado em 23 de maio de 2014, teve objetivo de realizar uma reavaliação das situações de risco ambiental encontradas em visitas anteriores, fazer reamostragem de solos e coleta de amostra de pó da rocha transportada e depositada na vegetação próxima a usina de britagem.

As amostras de solos foram coletadas em locais próximos aos da amostragem realizada em 18 de novembro de 2013 (Tabela-05), seguindo mesmo padrão anterior, coletadas entre 25 cm e 40 cm de profundidade utilizando cavadeira articulada e acondicionadas em sacos plásticos. Em um dos locais, onde na campanha anterior foi coletada a amostra PB-S04, não foi possível de ser reamostrada por impossibilidade de acesso ao local.

A amostra do pó da rocha foi coletada nas folhas da vegetação a leste da usina de britagem. A mesma foi encaminhada para análise de difração de raios X, no laboratório de Furmas de Aparecida de Goiânia-GO, a fim de

determinar as características do particulado disperso pelos ventos, podendo assim projetar suas possíveis consequências sobre o ambiente e a saúde da população e operários.

**4. Análises Laboratoriais:** As amostras de solos coletadas foram submetidas a análises de parâmetros químicos e físicos e a amostra de pó de rocha foi submetida a análise de difração de raios X.

#### **4.1 Solos**

Essas análises tiveram o objetivo de investigar as características superficiais dos solos da região e delimitar se estes sofrem algum tipo de alteração em decorrência das atividades da pedreira.

**4.1.1 Análises Químicas:** As análises foram realizadas no laboratório Terra Análises para Agropecuária Ltda, credenciado pela Embrapa, localizado no município de Goiânia, Goiás. As amostras dos solos foram secas ao ar, peneirados e submetidos a análises de pH utilizando como extrator solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01M e determinação potenciométrica, Ca, Mg e Al, extrator solução 1N de KCl, P (Melich) e K, extrator de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N + HCl 0,05N, Matéria Orgânica utilizou-se como extrator solução de bicromato. Para estimar a acidez potencial (H + Al) das amostras de solos utilizou-se o método do pH SMP, que corresponde ao valor do pH de equilíbrio obtido na suspensão entre o solo e a solução-tampão SMP, e o método do acetato de cálcio, que usa como extrator solução de  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e determina o teor de H + Al por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>.

**4.1.2 Análise de Textura:** A análise textural foi efetuada utilizando o método do Densímetro, proposto por Bouyoucos (1926), no qual estipula a textura com base na leitura da densidade de um líquido com o solo em suspensão.

Utilizou-se dois beckeres de 250 ml com 25 g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar), sendo um com 12,5 ml de NaOH 1 N e 50 ml de água destilada, e no outro apenas água destilada, ambos deixados em repouso por 15 minutos. As amostras foram agitadas por 10 minutos a 12.000 rpm em recipiente do próprio agitador (marca não informada), transferida para proveta de 500 ml

completando sua capacidade com água destilada. As leituras foram feitas aos 4 minutos após início da sedimentação, referente a Argila+Silte, com aferição da temperatura, e após 2 horas para medição referente a argila.

Calculo das frações do solo:

% silte = [(1° leitura corrigida – 2° leitura corrigida) x 50]/massa de TFSA

% argila = [2° leitura corrigida x 50]/massa de TFSA

% argila natural (argila dispersa na água) = [leitura corrigida x 50]/massa de TFSA

% areia = 100 – %silte - %argila

Grau de flocculação = (argila total – argila natural/argila total) x 100.

**4.2** Análise do Pó de Rocha: A análise foi realizada no Laboratório de Difração de Raios X do setor de Mecânica das Rochas da Divisão de Solos de FURNAS (LABS.C - DCT.C). O equipamento utilizado foi um difratômetro da marca Siemens, modelo D5000. A amostra foi analisada sob voltagem 40KV e amperagem de 30mA, em sistema  $\theta/2\theta$ , com velocidade de varredura de 0,05°/seg, de 3° a 70°  $2\theta$ . A fonte de energia é um filamento de tungstênio (catodo) e o tubo de raios X é de cobre (anodo), cujos comprimentos de onda ( $\lambda$ ) são:  $K\alpha$  1,5418 Å e  $K\beta_1$  1,3922 Å. As interpretações foram realizadas em computador, acoplado ao difratômetro, utilizando-se software para captura de dados Diffrac Plus versão 2.3, atualizado em 2009. Para interpretação de dados, Software EVA, versão 2009, com banco de dados de 2009 do International Centre for Diffraction Data (ICDD).

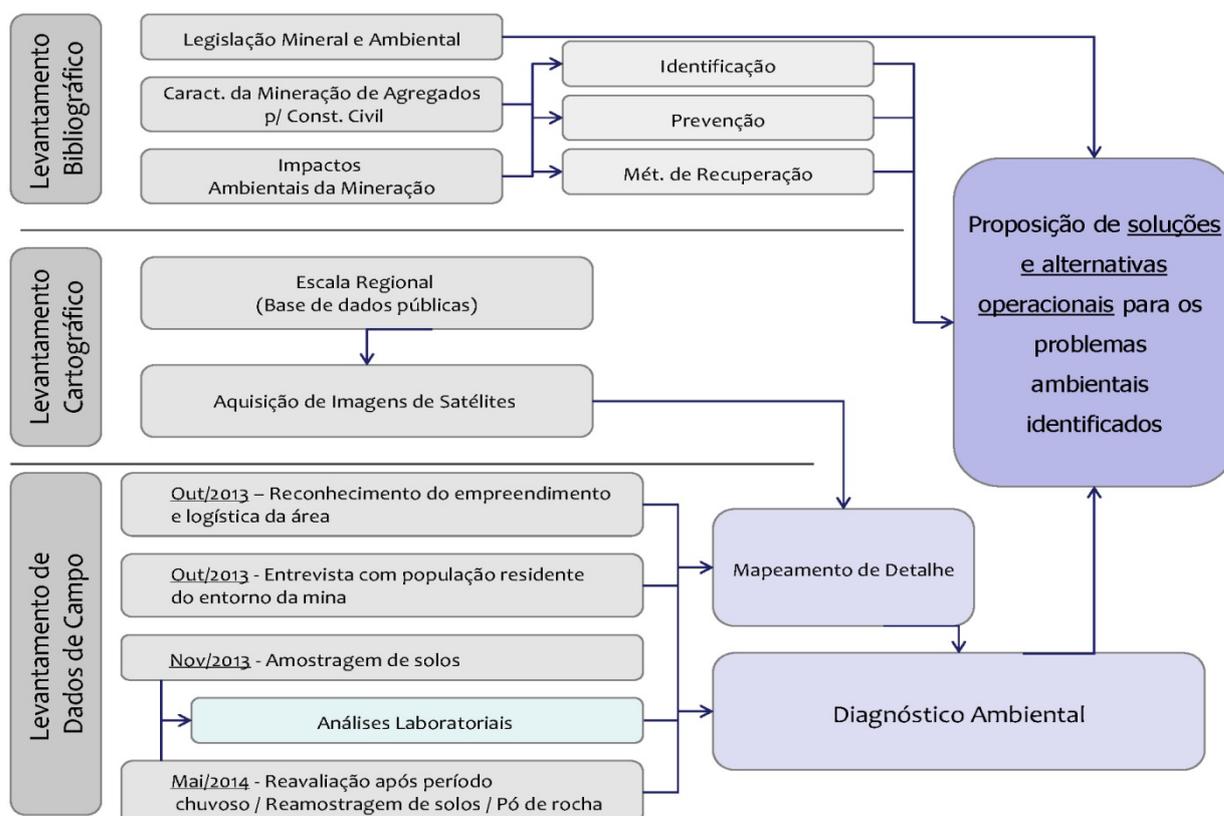
A difração de Raios-X é uma das técnicas mais indicadas e importantes na identificação das fases cristalinas presentes em materiais por meio das distâncias interplanares mantidas pelos íons ou átomos formadores dos cristais. Essa técnica segue a Lei de Bragg e faz o uso dos raios X produzidos por um tubo de cobre, no presente caso. É normalmente utilizada para avaliações qualitativas, podendo também ser quantitativa e, no caso de Furnas, só pode analisar diferentes tipos de materiais inorgânicos, tais como, cimentos,

rochas, solos, pozolanas, concretos, etc. Deve-se ressaltar que o limite de detecção do método, nas condições usuais de trabalho, é de 5%, ou seja, constituintes que ocorram na amostra abaixo deste limite provavelmente não serão captados (Silva, 2006).

A amostra foi submetida a desagregação com o uso de moinho orbital até obtenção de 100% do material passante na peneira de 325 mesh Tyler (0,043mm). Concluída esta etapa, parte do material foi analisada no Difrátômetro de Raios X pelo Método do Pó Não-Orientado (*Análise Integral*).

**5. Interpretação dos resultados:** As respostas obtidas das análises físico-químicas foram interpretadas a fim de caracterizar a área em estudo e identificar possíveis impactos.

**6. Integração dos dados:** Os resultados finais para esse trabalho se dão a partir de uma análise integrada entre os dados de escritório, campo e laboratório utilizando princípios e métodos averiguados na fase de levantamento bibliográfico.



**Figura 08 – Fluxograma da metodologia utilizada.**

## 5. Fundamentação Teórica

### 5.1. Caracterização da Atividade Mineira

A mineração é um ramo industrial que consiste na retirada e beneficiamento de diversas substâncias encontradas naturalmente na crosta terrestre que possuem certo valor econômico agregado. Para o desenvolvimento das atividades deste setor foram elaborados vários métodos de extração e aproveitamento desses bens, disponíveis conforme as necessidades e particularidades de cada ocorrência. O contexto geológico local e regional da área, a topografia e a viabilidade de acesso são alguns dos aspectos que determinam e condicionam as estratégias para implantação e operação das atividades de mineração (Macêdo, 2001).

Porém para que se entenda esse setor produtivo e suas nuances, deve-se avaliá-la em sua totalidade, considerando-a desde as fases de pesquisa, desenvolvimento, exploração, fechamento e recuperação (Sciliar, 1996 apud Lima, 2005).

#### 5.1.1 Prospecção e Pesquisa Mineral

A prospecção mineral representa a fase inicial, e tem como objetivo o reconhecimento geral de um depósito mineral. Nesta fase são realizadas diversas análises e projeções a partir de conjugação de fatores físicos, químicos e geológicos afim de determinar se há exequibilidade do ponto de vista técnico e econômico (Lima, 2005).

As formas de pesquisa variam conforme o tipo de substância, sua forma de ocorrência, a escala da pesquisa e o nível de confiabilidade da resposta pretendida. Normalmente se inicia com o recolhimento de amostras de materiais superficiais que possam refletir a existência e a quantificação de minerais de interesse (Silva, 2001). Comumente são coletados amostras de rochas, solos e sedimentos de corrente que possam dar pistas da constituição mineralógica do subsolo local ou de regiões próximas. Com a delimitação de alvos com bons potenciais é necessário o desenvolvimento de pesquisa em subsuperfície a partir de técnicas específicas.

Na fase pesquisa geológica a utilização de dados geofísicos é bastante aplicada. Estes dados podem ser gerados por vários métodos, podendo destacar o da resistividade elétrica, métodos sísmicos e por radares. Este tipo de pesquisa busca a identificação de assinaturas dos caracteres físicos relacionados as rochas e minerais para definição e delimitação de possíveis depósitos, sendo importante ferramenta para exploração mineral (Sato, 2011).

Conforme os resultados se apresentem positivos a tendência da pesquisa é ser adensada, sendo necessária a aquisição de testemunhos de solos e rochas em grandes profundidades. É muito comum nesses estágios a abertura de galerias e trincheiras e a realização de sondagens com o objetivo de recolher amostras para análise das características físicas e químicas em laboratório, além de identificar as características estruturais da geologia da área (Macêdo, 2001).

Além da disponibilidade dos bens de interesse, para que o depósito mineral seja considerado uma jazida, o mesmo deve apresentar certas características morfológicas e locais que possibilite de ser extraído com segurança operacional, sanitária e que seja viável sob os aspectos econômicos e ambientais.

### 5.1.2 Desenvolvimento e Implantação do Empreendimento

A fase de planejamento de um empreendimento mineiro é extremamente importante para definição de toda a sua vida útil, pois é neste momento que o método de lavra é escolhido, sendo que, para Macêdo (2001), todo o projeto do empreendimento deve ser elaborado baseado na técnica escolhida para lavar o depósito. Esta etapa contempla também questões como o dimensionamento dos equipamentos e instalações, cálculo de custos, atividades iniciais e futuras, e projeção de implicações econômicas e impactos ambientais (Reis, 2003).

Quando se identifica nas fases anteriores que há a viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento de um depósito mineral, parte-se para a etapa de implantação do empreendimento. Esta etapa engloba o desenvolvimento da mina e sua preparação para a lavra (MMA, 2001). Nesta fase procura-se expor a jazida e deixá-la em condições para a extração, sendo

necessária a retirada das camadas vegetais, de solos e rochas acomodadas sobre esta. Juntamente a preparação da jazida para exploração, é necessária a construção de toda a infraestrutura para dar ao projeto condições de funcionamento. Entre as principais obras de suporte estão as estradas e acessos a mina, a planta industrial, aos locais destinados ao depósito do produto e dos rejeitos, além de escritórios, refeitórios, alojamentos, banheiros, garagens, oficinas de equipamentos entre outros. Além é claro da usina de beneficiamento do minério, esta variando muito em proporções e características de operação conforme os tipos de minérios tratados, capacidade de produção e equipamentos utilizados.

### 5.1.3 Fase de Funcionamento

Esta é a fase em que o empreendimento mineiro trabalha para geração de lucros, e engloba todas as atividades necessárias para a transformação do bem mineral bruto em um produto com valor agregado (Luz *et al*, 2010). Pode-se destacar nesta etapa as atividades de extração do minério, carregamento, transporte e, quando for o caso, o beneficiamento do bem mineral.

No caso dos agregados para construção civil, a extração normalmente é feita em bancadas, variando entre cavas, quando o corpo encontra-se em uma cota abaixo do nível de base do projeto, ou em encostas, quando acima do nível de base, como em morros por exemplo, ou em tiras quando a espessura relativamente fina da camada mineralizada permite que a retirada seja feita toda de uma vez. A forma como o minério é retirado da crosta terrestre também varia. O principal método é através da desagregação por explosivos, especialmente quando se trata de maciços rochosos, forma da grande maioria. Porém há casos em que a jazida se encontra em perfis já intemperizados, ou em rochas com características bastante friáveis, sendo possível sua desagregação por métodos mecanizados, utilizando equipamentos como escavadeiras e pás mecânicas (Silva, 2012). No caso da extração de areia, além dos métodos anteriores há outros que variam conforme o tipo do minério. Quando trata-se de depósitos secos, com a areia já desagregada, utiliza-se da extração manual ou mecanizada com tratores e pás carregadeiras. Quando trata-se rochas friáveis a desagregação do minério é feita por força hidráulica,

quando nestes são lançados jatos de água em alta pressão. Tratando-se da areia, é muito comum também o aproveitamento de sedimentos depositados nos leitos das drenagens. Neste caso quando não é possível a extração por meio manual ou de mecânico recorre-se ao método da dragagem. Este procedimento trata-se da sucção dos sedimentos por bombas instaladas em balsas ou as margens. (Almeida, 2002; Silva, 2012).

Alguns bens minerais já apresentam condições comerciais da forma com que são extraídos das minas, como é do caso dos cascalhos, já para outros é necessário passar por fases de tratamento ou beneficiamento para atingir essas características. Quando se trata agregados da construção civil o beneficiamento consiste basicamente na britagem/moagem ou corte conforme as dimensões estabelecidas pelo mercado (Luz *et al*, 2010). Sempre que possível as usinas de beneficiamento dos minérios são implantadas nas proximidades das minas a fim de facilitar e diminuir os custos do transporte.

#### 5.1.4 Fase de Desativação

Grande parte dos empreendimentos mineiros, ao iniciarem suas atividades já tem uma vida útil pré-determinada, principalmente pelas dimensões das jazidas a serem exploradas em função de sua capacidade de produção. Porém na mineração há sempre diversas incertezas envolvidas, como imprecisões no mapeamento mineral, surgimento de imprevistos operacionais, mudança do contexto econômico internacional, variações mercadológicas, entre outras situações que podem levar a uma antecipação do encerramento das atividades de um projeto (Sanchez, 2011).

Ao encerrar suas atividades, seja pela exaustão dos minerais explorados, seja pelas condições mercadológicas, a empresa deve ter um projeto elaborado que contemple as ações de recuperação e monitoramento a serem desenvolvidas após o fechamento da mina e desativação da planta de beneficiamento, chamado de plano de fechamento de mina. Este projeto deve estar em sintonia com o PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas), exigido pelo órgão ambiental. Porém além de contemplar a recuperação das condições ambientais, deve abordar questões como

condicionamento a reutilização da área e reintegração a sociedade e os impactos sociais e econômicos gerados pela sua desativação (Lima, 2006).

Assim como a implantação de um empreendimento de exploração mineral, a desativação do mesmo também necessita ser bem programada. Alguns exemplos de ações desenvolvidas para isto nas áreas das minas e das plantas industriais é a recomposição topográfica através do retaludamento de encostas das frentes de lavras e preenchimento das cavas como rejeitos não contaminados ou com água, além da revegetação de áreas desmatadas, desmonte de equipamentos e o aproveitamento público ou privado de certas estruturas como estradas e prédios (Camelo, 2006).

## 5.2. Impactos Ambientais da Mineração de Agregados

Os impactos ambientais são resultado de qualquer ação humana que gere alterações diretas ou indiretas das características físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente (Brasil, 1986). Portanto vale destacar que o termo “impacto ambiental” não tem denotação exclusivamente negativa, já que as alterações das características do meio pode representar ganho positivo a um ecossistema. Já o termo “degradação ambiental” possui caráter de adversidade, ou seja, negativo ao meio ambiente, pois a ele pode-se incumbir tanto a consequência do impacto ambiental negativo, de consequência antrópica, quanto de degeneração por meios naturais do meio ambiente (Meneguzzo, 2010).

Segundo a EMBRAPA (2004, *apud* Brasil, 2009) no início dos anos 2000 cerca de 15% dos solos de todo o mundo encontravam-se degradados ou em processo de degradação. e se tratando especificamente das regiões tropicais, zona onde se encontra o Brasil, a proporção chegaria a 50%. Para Salvador & Miranda (2007) a degradação de uma área verifica-se quando a vegetação e a fauna são destruídas, removidas ou expulsas; a camada de solo fértil é perdida, removida ou coberta afetando os corpos superficiais ou subterrâneos d'água.

Para Wadt (2003) a alteração dos solos não significa necessariamente em degradação ambiental já que esta seria relacionada a perda da capacidade produtiva do sistema, condicionada a fatores como a degradação dos solos e manejo inadequado. Segundo Ribeiro (2006), a mineração responde por cerca de apenas 1% da degradação dos solos no planeta, porém o impacto visual provocado pelas intervenções no meio físico decorrente das rotinas de desenvolvimento e implantação de um empreendimento notabilizam mais essa degradação. Sendo assim, a exploração dos recursos minerais inevitavelmente causa algum tipo de alteração ao ambiente.

O setor mineral tem significativo impacto positivo na economia, gerando empregos, arrecadação de impostos e *Royalties*<sup>3</sup>, porém tem grande potencial de provocar impactos negativos, principalmente aos meios físico, biótico e social (Borges, 2009). A grande questão que se aplica é conseguir manter o controle desses problemas criados durante todo o processo de pesquisa, instalação, operação e desativação, e evitar as complicações secundárias a estes impactos, restringindo-os a uma escala local. Neste contexto vale destacar alguns dos problemas ambientais normalmente enfrentados pelos empreendimentos.

### 5.2.1 Impactos Visuais

Todo impacto visual gerado por algum empreendimento se torna bastante complexo para se lidar, pois por mais que se cumpram todos os parâmetros estabelecidos para evitar os diversos tipos de impactos sobre variados meios, inevitavelmente será necessário modificar a paisagem local para extração do bem mineral, e ao tratar da paisagem deve-se atrelar a ela não só as características visuais puras. Para Santos (2001, *apud* Faleiro, 2010), a paisagem (...) *é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza.* Sendo assim sendo, as questões de valorização subjetivas imprimem grande peso quando se avalia impactos ambientais, podendo destacar aspectos como a identificação de determinada população com a região, seja afetiva ou histórica, a relevância de acervos geoambientais, paleontológicos e espeleológicos, entre outros, que seriam destruídos pela atividade mineira.

Na fase de pesquisa geológica, especificamente das sondagens, os impactos visuais já são perceptíveis. Os equipamentos utilizados são comumente de grande porte, sendo necessário para que estes cheguem aos pontos definidos para realização dos trabalhos a construção de acessos e praças de operação das máquinas, onde muitas vezes tem que se desmatar a

---

<sup>3</sup> Importância cobrada pelo proprietário de uma patente de produto, processo de produção, marca, entre outros, ou pelo autor de uma obra, para permitir seu uso ou comercialização (Fonte: [http://www.senado.gov.br/noticias/agencia/infos/inforoyalties\\_.htm](http://www.senado.gov.br/noticias/agencia/infos/inforoyalties_.htm)).

vegetação, fazer nivelamento e cortes no terreno, além de resíduos que muitas vezes são deixados pelo caminho.

A partir do momento que o projeto começa a ser instalado, assim como no período de operação, há a geração de impactos ambientais bem sensíveis. Se tratando especificamente da abertura das minas e de extração dos minérios, as ações provocam desde o início grandes cicatrizes na paisagem local, pois há a construção dos acessos, preparação da jazida a ser explorada, desmonte das rochas e transporte dos produtos. O relevo destes locais acaba sendo bastante modificados; morros acabam sumindo ou grandes crateras são abertas onde antes havia os minerais de interesse, vertentes dão lugar terraços e taludes artificiais das praças industriais e vias de acesso, outros morros são criados artificialmente pelo acúmulo de rejeitos, represas são construídas, entre outros diversos impactos visuais resultante desta atividade (Unesp, 2001).

### 5.2.2 Poluição Atmosférica

Nas imediações dos empreendimentos mineiros, um impacto muito sentido e que pode se converter em risco ocupacional para a população ali instalada, assim como para os operários, é a poluição atmosférica. Nas minas, para que haja o desmonte do material, em grande maioria dos casos são utilizados explosivos a base de nitrato de amônia e óleo mineral, sendo que em sua detonação há geração de gases tóxicos. Há também grande lançamento de particulados em forma de poeiras na atmosfera quando do desmonte de rochas e em todo o processo de carregamento e transporte do material para as usinas. (Mechi et al., 2010).

Já na fase de beneficiamento propriamente dito, os equipamentos de britagem e moagem são grandes geradores de particulados, e não raro, especialmente em empresas de pequeno e médio porte, esse setor do beneficiamento fica ao ar livre dificultando a instalação de sistemas de contenção de particulados, fato muito comum também na parte relacionada ao armazenamento dos produtos. Pelo ação dos ventos, os materiais de granulometrias mais finas acabam sendo transportados para áreas próximas, impactando-as de diversas formas. Pode-se destacar além da poluição

atmosférica propriamente dita, o grande impacto visual, pois colore a vegetação, solos e construções circunvizinhas, e dependendo do tipo de minério, pode gerar contaminação química do solo e drenagens (Fernandes et al., 2011).

Segundo Santos (2005), a exposição às poeiras minerais de modo que represente risco ocupacional se dá quanto esta apresenta características que possibilite sua deposição no sistema respiratório do ser humano. Isso acontece em três faixas granulométricas, sendo classificadas da seguinte forma:

- Poeiras Inaláveis: Partículas capazes de penetrar pelo nariz e boca – Granulometria menor que 100  $\mu\text{m}$ .
- Poeiras Torácicas: Partículas capazes de se depositar além da laringe – Granulometria menor que 25  $\mu\text{m}$ .
- Poeiras Respiráveis: Partículas capazes de penetrar os pulmões – Granulometria menor que 10  $\mu\text{m}$ .

Os efeitos sobre a saúde variam conforme a proporção de cada faixa granulométrica na poeira em suspensão. A esse respeito foi padronizado internacionalmente (ISO, 1992; ACGIH, 1993-1994 e CEN, 1992) conforme o diâmetro das partículas da massa total a proporção possível de cada fração (Santos, 2005).

Exposição Ocupacional em função do Tamanho das Partículas			
Diâmetro aerodinâmico da partícula ( $\mu\text{m}$ )	% Massa de particulado Inalável	% Massa de particulado Torácica	% Massa de particulado Respirável
0	100	100	100
1	97	97	97
2	94	94	90
3	92	92	73
4	89	89	50
5	87	85	30
6	85	80	17
7	83	74	9
8	81	66	5
9	79	58	3
10	77	50	1
12	74	35	
14	72	23	
16	69	15	
18	67	9	
20	65	6	
25	61	2	
30	58		
35	56		
40	55		
45	53		
50	52		
100	50		

Tabela 1 - Valores para frações em massa de particulado relacionadas com efeitos à saúde, identificada no critério seletivo por tamanho de partícula para avaliação da exposição ocupacional a poeiras. Adaptação (Santos, 2005)

A ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, estabelece que nenhum ambiente deva conter uma concentração de poeira inalável superior a  $10,0 \text{ mg/m}^3$  (LEO - Limite de Exposição Ocupacional) e de  $3,0 \text{ mg/m}^3$  para fração respirável.

Além da granulometria, outros aspectos que devem ser levados em conta são a concentração da sílica livre cristalizada e o tempo de exposição das pessoas a essa poeira. A sílica em estado cristalino (dióxido de silício –  $\text{SiO}_2$ ) ao ser inalada por seres humanos pode provocar uma doença incurável do tipo pneumoconiose, chamada Silicose. Esta doença provoca inflamações,

dificuldades para a respiração, lesões e cicatrizações na parte interna do sistema respiratório, o que dificulta a oxigenação do sangue podendo causar a morte do doente (Moreira Lima, *et al*, 2006). Grande parte das rochas que constituem a litosfera tem algum teor de sílica, seja em sua forma cristalina, o quartzo, ou disperso em outros minerais. Sendo assim, o particulado produzido pelos empreendimentos mineiros, intencionalmente ou por resultados de algum processo de beneficiamento, e transportado pelos ventos também apresentaria traços desta substância em condições de inalação. A ACGIH usa como LEO para sílica livre cristalizada a concentração de 0,05 mg/m<sup>3</sup>. No Brasil a NR-15 utiliza padrões menos restritivos, estabelecendo como método para cálculo do LEO a seguinte fórmula:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$$

Sendo LT = Limite de tolerância (equivalente ao LEO)

%SiO<sub>2</sub> = Teor de Sílica livre cristalizada na amostra de poeira.

Chegando através desta a um LEO próximo a 0,10 mg/m<sup>3</sup> (Santos, 2007).

Além do risco de desenvolvimento da silicose, há que se considerar que a exposição as poeiras minerais de modo geral, não só em função da presença da sílica mas também pela presença de diversos outros minerais, pode levar ao desenvolvimento ou agravamento de outras doenças do sistema respiratório como bronquites, asma, infecções e irritações diversas. Qualquer partícula insolúvel inalada e depositada é considerada pelos pulmões como um corpo estranho, gerando mecanismos de defesa, que variam conforme sua toxicidade ou tamanho (Santos, 2005).

### 5.2.3 Fauna e Flora

Um grande problema criado ao se executar as obras para exposição da jazida e de terraplanagem é a necessidade de desmatamento das áreas, podendo haver prejuízo a matas ciliares, e conseqüentemente as drenagens,

e/ou supressão de fitofisionomias relevantes como veredas e matas de galerias, entre outros, e levando inevitavelmente a perdas de espécies relevantes da flora local.

Esta ação pode ser muito sentida também pela fauna da região que perde seu habitat natural, sua fonte de alimentação e acabam tendo que procurar refugio em outras localidades, provocando assim superpopulações de espécimes em pequenas áreas ou extinção por não se adaptarem a outros locais, além das mortes que ocorrem de espécimes de baixa mobilidade (Mechi et al., 2010). O desmatamento acaba interferindo também nos fluxos migratórios de aves que perdem os locais de pouso fatos estes que interferem nos ciclos de reprodução das espécies e, adiante interferirá na dinâmica da cadeia pretória natural.

A mineração também pode ser fonte de diversos tipos de elementos prejudiciais ao meio ambiente e a saúde animal e vegetal. Quando o sistema hídrico é impactado, alterando suas características naturais por poluentes ou pelas alterações oriundas da dragagem de areia, acaba que prejudicando a sobrevivência de plantas e outros animais aquáticos seja pela contaminação das águas ou pela diminuição da penetração da luz solar (Almeida, 2002).

#### 5.2.4 Solos

Os solos de onde se instalam os empreendimentos de exploração mineral sofrem bastante interferência, tanto na área das minas quanto com as obras de infraestrutura necessárias e vias e acesso que necessitam de terraplanagem e compactação de vastas porções de solo antes cobertas por vegetação. Essa pratica acaba interferindo nas características do solo que perde seus horizontes férteis e sua capacidade de retenção de água e sustento da vegetação das proximidades (Barros *et al*, 2010). Para Brasil (2009), citando Regensburger, Comin e Aumond (2008) a atividade mineira pode gerar impactos que alteram a composição química e muitas características essenciais do solo. Esses impactos podem afetar sua fertilidade ou deixá-lo pobre de nutrientes e quando exposto as intempéries ficam propícios a instalação problemas ambientais como erosões. Sendo assim:

Quanto à degradação do solo, Sánchez (2000) aponta três aspectos relevantes. Do ponto de vista físico, a degradação pode-se dar por perda de material que constitui o solo, por perda de material alóctone ou por alteração da sua estrutura. A degradação biológica ocorre quando as condições para a manutenção de vida no solo não são satisfatórias para os organismos vivos visíveis e não visíveis a olho nu. A degradação química ocorre quando há presença de substâncias químicas que podem ser danosas à biota. Em decorrência destes conceitos o autor sugere os termos: estabilidade física, estabilidade biológica e estabilidade química, como as metas a atingir mediante a recuperação de áreas degradadas, caso aconteçam aqueles aspectos de degradação (Almeida, 2002).

Entre as propriedades físicas geralmente afetadas nesses casos estão à densidade e porosidade do solo, importantes para a retenção e infiltração água; estabilidade dos agregados, importantes para não haver erosões; resistência do solo à penetração e camadas compactadas subsuperficiais para o desenvolvimento das raízes. Um solo bem estruturado deve apresentar poros adequados para a entrada de ar e água e para que esta se movimente ficando disponível para as plantas, assim como permita uma boa drenagem, além de ser adequada para que as raízes cresçam e explore um maior volume de solo em busca de ar, água e nutrientes, e resistência à erosão pelo bom nível de agregação. (Barros *et al*, 2010)

Outro grave impacto propicio a se desenvolver aos solos são as erosões. Estes são problemas bastante comuns em regiões quando a interferência antrópica resulta na retirada da vegetação nativa, remoção dos horizontes superficiais, expondo o solo as intempéries, em encostas de taludes e aterros em geral, quando estes não são protegidos, ou qualquer outra situação onde o escoamento da água superficial possa provocar desagregação e perda do solo (Guerra *et al*, 1998).

Os principais processos erosivos instalados nessas situações são as laminares, condicionada pelo escoamento superficial difuso das águas pluviais sobre o terreno, onde esta vai retirando gradativamente as partículas pertencentes aos horizontes superiores do solo; e as lineares, condicionadas pelo escoamento superficial e subsuperficial concentrado, seja das águas

pluviais ou do lençol freático. Neste caso seu resultado varia de sulcos e ravinas com pouca profundidade, até voçorocas, quando a erosão atinge o lençol freático. (Lopes e Guerra, 2001 apud Teixeira, 2012; Guerra, 1995 apud Abdon, 2005).

Os solos de áreas com minerações podem sofrer outros tipos de impactos de modo a interferir em suas características físicas e químicas e levar a perda de sua qualidade ambiental e agrícola, tais como contaminações por óleos, graxas e resíduos da manutenção de veículos e máquinas dos empreendimentos, compostos químicos resultado do beneficiamento dos minerais e esgotos sanitários (Almeida, 2002).

#### 5.2.5 Recursos Hídricos

As fontes de degradação aos recursos hídricos podem ser resultado tanto do processo de exploração e beneficiamento dos minerais, quanto da falta de sistema de esgoto sanitário para tratamento dos resíduos humanos e de manutenção dos equipamentos.

Como a fonte do mineral de interesse é a crosta terrestre, inevitavelmente quando se escava a grandes profundidades acaba-se interceptando o nível do freático, e por ser a zona onde encontra menor resistência a água acaba sendo direcionada para as cavas, sendo necessária a implantação de sistemas de drenagens (Macêdo, 2001). Para Mechi e Sanches (2010) o manejo dessa água expelida na área das minas é algo relevante e que deve ser dada importância considerável, pois tem potencial para provocar graves impactos. Se o descarte dessa água não for feito de modo correto, utilizada de alguma forma, seja com o reaproveitamento ou represamento, pode-se potencializar problemas de transporte de contaminantes para os canais de drenagens próximos, além de erosões no caminho percorrido. Outra consequência é que a disponibilidade de água para a população da região pode ser prejudicada com o rebaixamento do lençol freático (Bertachini, 2003), por poder levar córregos e nascentes a secar em certos períodos do ano. Isso acaba interferindo também na dinâmica da fauna local pela falta de água e morte da vegetação, fonte de alimento para diversas espécies. De modo geral,

o lençol freático da região onde são implantados estes tipos de projetos acaba perdendo grande poder de reabastecimento. Nas áreas onde são implantadas as usinas de beneficiamento, complexos auxiliares e de toda a trama das vias de circulação há a necessidade da compactação do solo e obras de terraplanagem, causando assim diminuição da capacidade de infiltrar e reter água (Mechi et al., 2010). O mesmo acontece nas áreas das minas a céu aberto já que o solo é retirado e o que acaba exposto são os horizontes inferiores pouco desenvolvidos ou mesmo a rocha sã, facilitando o escoamento superficial das águas em detrimento da infiltração.

O assoreamento é outro problema ambiental que pode impactar os recursos hídricos, especificamente os superficiais como rios, córregos e lagos. Este é um fenômeno de transporte e acumulação de sedimentos nos leitos das drenagens ou ambientes lacustres, resultados de ações erosivas antrópicas ou naturais causados pelas águas em processos químicos e físicos, ou mesmo do transporte de materiais desagregados (Guerra, 1995, apud Abdon, 2005). As drenagens naturalmente já transportam sedimentos em suspensão na água e por arraste no fundo das calhas, porém quando há um despejo de sedimentos excedente a capacidade que esta tem de transporte pode causar a diminuição da sua profundidade, obstruindo seu fluxo natural e causando inundações (Almeida, 2002). Este fato acaba interferindo na sua velocidade, energia e aumentando o nível de material fino em suspensão, o que prejudica a penetração da luz solar necessária para a sobrevivência da flora aquática, ou esta podendo ser simplesmente soterrada pelos sedimentos. Toda essa alteração da dinâmica aquática pode ser muito prejudicial também a ictiofauna, impedindo sua mobilidade e capacidade de reprodução. A forma como o material oriundo da preparação da mina e das obras do empreendimento será utilizado ou depositado pode ser grande potencializador desses impactos. Ao ser depositado, este acaba ficando em condições propícias ao transporte das enxurradas, principalmente se a topografia local favorecer o escoamento superficial das águas precipitadas, provocando o carreamento de material para os leitos das drenagens próximas (Brasil, 2004).

Ainda sobre os recursos hídricos superficiais vale destacar como a produção de areia pode ser impactante aos rios e córregos. A dragagem dos

sedimentos acaba interferindo e alterando intensamente a dinâmica das drenagens, podendo provocar o rebaixamento de sua calha, o solapamento e erosão das margens e até mesmo modificando seu trajeto original (Mechi et al., 2010). Há aumento da turbidez da água pelo revolvimento dos sedimentos, poluição das águas por óleos combustíveis e lubrificantes usados no maquinário e descarte de lixo, desmatamento das matas ciliares para acesso aos leitos e depósito do material extraído, assoreamento do leito a jusante do ponto de extração, entre outros estão entre os principais danos causados neste processo (Almeida, 2002).

#### 5.2.6 Impactos Sonoros, Vibrações e Lançamentos de Fragmentos de Rochas

A operação de desmonte de rochas é sem dúvida uma das operações em um empreendimento mineiro que podem gerar maior quantidade de problemas socioambientais. Nesta etapa há a geração de os ruídos muito intensos, causando grande perturbação na população e fauna da área de influencia, propagação de ondas sísmicas que podem causar desconforto nas pessoas e danos a prédios privados e obras de infraestrutura publicas, além de haver o risco de superlançamento de fragmentos de rochas para áreas adjacentes, imputando riscos a segurança de pessoas e animais (Ferreira, 2006; Pontes, 2012).

Para detonações em áreas urbanas a NBR 9653 estabelece limite de propagação de ruídos de 100Pa, ou 134 dBL (ABNT, 1989). Quando se trata de regiões mais isoladas, esses problemas são pouco sentidos, sendo que apenas os operários ficam expostos a isso e estes são obrigados pela NR-6 (Norma Regulamentadora) a trajar os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), incluído protetores auriculares. Nesses casos o transtorno pode ser mais sentido pelos animais nativos da região que se sentido afugentados pelos ruídos podem desencadear fluxos migratórios para outras áreas, inclusive urbanas.

Quanto a poluição sonora, além do desmonte de rochas, os equipamentos utilizados para transporte e beneficiamento de minérios também

podem gerar ruídos constantes, se tornando um grande transtorno a população instalada nas imediações.

Atrelado a possível geração de poluição atmosférica, sonora e superlançamento de fragmentos de rochas, as detonações para desmonte das frentes de lavra provocam vibrações pela propagação de ondas sísmicas em um raio bastante significativo. As principais complicações geradas por essas vibrações são sentidas pelos moradores eventualmente próximos a essas áreas, podendo provocar danos em construções como casas, ruas e rodovias, barragens de açudes próximos vistos em forma de rachaduras e podendo representar riscos a comunidade (Bacci, 2003). Quanto a detonações a ABNT fixou uma norma – NBR 9653 de novembro de 1989 definindo os limites aceitáveis do nível de propagação de vibração em 15 mm/s (ABNT, 1989). A forma mais simplificada de controle do nível de propagação dessas vibrações é ser feita pela quantidade de explosivos utilizados nas detonações, sendo utilizados para o dimensionamento dos planos de fogo as equações de previsão, ajustadas com leituras de vibração monitoradas previamente, definindo assim a quantidade de explosivo máxima a ser detonada para um determinado limite de vibração pretendido (Silva et al., 2005).

### 5.3 Aspectos Legais

No Brasil, a constituição federal de 05 de outubro de 1988 em seu artigo 20º, definiu como bens da união, entre outros, os recursos minerais, assegurando assim o seu controle legal e direito a ressarcimento para a concessão do direito a exploração dos mesmos. Define ainda em seu artigo 225, § 2º, a responsabilidade aos que explorarem os recursos minerais de recuperar os danos ambientais ocasionados pela atividade mineira conforme com as exigências técnicas definidas pelos órgãos públicos competentes.

O vocábulo recuperar utilizado no artigo 225, § 2º da Constituição imputa ao minerador uma obrigação de reabilitar o meio ambiente degradado pela atividade mineral da forma mais adequada que seja possível, pois a lei não pode exigir o impossível, como o retorno da área à situação anterior às operações de lavra. A responsabilidade objetiva do minerador é o da recuperação do meio ambiente degradado em consequência do exercício de atividade legítima e regularmente autorizada; essa recuperação deve ser realizada com a finalidade de reabilitar a área degradada em decorrência das operações de lavra efetuadas (Souza, 2002, *apud* PORMIN, 2008).

Em escala nacional o órgão responsável pelo controle e fiscalização da atividade mineira é o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sendo subdividido em superintendências em escala estadual. Quanto ao caráter ambiental, cada estado tem seu órgão responsável pelo controle e fiscalização ficando sob sua responsabilidade o licenciamento, salvo quando o empreendimento tenha abrangência nacional ou a mais de um Estado, ficando o IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, responsável pelo mesmo ou coordenando tal procedimento entre os órgãos estaduais.

Silva (2001) cita como primeiro instrumento legal implantado a fim de minimizar os impactos de negativos da mineração, entre outros ramos industriais, a lei nº 6938 de 31/08/1981 que, através do Decreto Federal nº 88.351, definiu a necessidades para os empreendimentos da obtenção dos Licenciamentos prévios, de Instalação e de Operação. *A partir de 1986, com a*

*Resolução do CONAMA nº 01, estabeleceram-se as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Bursztyn, 1994, apud Silva, 2001); (CONAMA, 1989). Já em 1989, foi definida a necessidade para os empreendimentos mineiros que fossem se instalar de elaboração do Estudo de Impactos Ambiental, do Relatório de Impacto ao Meio Ambiente, além do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para aqueles que já estivessem em atividade, através do artigo 1º do Decreto Federal nº 97.632.*

Porém a resolução do CONAMA N.º 010 de 06 de dezembro de 1990 em seu artigo 3º definiu que em função uma serie de fatores como localização e porte do empreendimento, o mesmo pode ser dispensado da apresentação do EIA/RIMA conforme exigências dos órgãos ambientais locais. Sendo assim passaria a ser exigida a apresentação do Relatório de Controle Ambiental (RCA) em substituição. O artigo 55, § único da Lei nº 9.605/98 define como crime e infração administrativa, sujeita à penalidade de multa, o fato de deixar de recuperar a área minerada nos termos da determinação do órgão ambiental competente.

Quanto ao fechamento dos empreendimentos mineiros a NRM nº 20 - Norma Regulamentadora de Mineração, que trata da Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das operações Mineiras, institui a necessidade da apresentação do Plano de Fechamento de Mina junto ao Plano de Aproveitamento Econômico – PAE. O mesmo deve ser constantemente atualizado, e que, dentre outros aspectos, devem contemplar um relatório detalhado dos trabalhos efetuados, plano de desmobilização das instalações e equipamentos que compõem a infraestrutura do empreendimento mineiro e indicando qual o destino a ser dado aos mesmos, planta da mina constando as áreas lavradas e impactados recuperadas e a se recuperar, programa de acompanhamento e monitoramento de sistemas de contenção, taludes e drenagem das águas, impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento levando em consideração os meios físico, biótico e antrópico, aptidão e intenção de uso futuro da área, além de cronograma das atividades propostas (PORMIN, 2008).

A autorização para exploração dos minerais para agregados para construção civil pode ser dada por dois meios pelo DNPM. O primeiro modo é de acordo com a lei geral que rege qualquer tipo de mineração no Brasil, conhecido como Regime de Concessão. Neste, para se obter a concessão o requerente necessita passar pela fase de Regime de Autorização, que consiste em fazer uma pesquisa mineral na área pleiteada. Aprovado os estudos dessa pesquisa, a empresa pleiteia a concessão, que é por tempo indeterminado até esgotar-se a reserva mineral aprovada na fase anterior.

O segundo processo possível para esse ramo da mineração trata-se de um regime especial conhecido como Regime de Licenciamento, sendo exclusivo para seis substâncias, areia para construção civil, cascalho para construção civil, saibro para construção civil, brita para construção civil, rochas calcárias para corretivo de solos e argila para cerâmica vermelha. Neste sistema o direito de exploração limita-se a 50,0 hectares e não é necessária a realização da pesquisa mineral, porém exige-se autorização da autoridade local, geralmente prefeituras, na forma de uma Licença (BRASIL, 2004). Também exige que a empresa seja dona da propriedade fundiária ou que tenha autorização expressa do dono da propriedade. Essa Licença é registrada no Departamento Nacional de Produção Mineral e tem geralmente um prazo definido. Há ainda a existência do regime de Registro de Extração, regulamentado em 2000 através do Decreto 3.358, que permite a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil pelos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente vedada a comercialização (BRASIL, 2000).

Em paralelo a autorização do DNPM, exige-se também as licenças ambientais. A primeira fase é a obtenção da licença prévia, para a qual são realizadas exigências de documentos técnicos referente ao empreendimento proposto, tais como PRAD, EIA/RIMA e outros conforme cada caso. Para obter uma concessão junto ao DNPM, o requerente ou representante legal deve apresentar a Licença de Instalação, obtida do órgão ambiental podendo ser federal, estadual ou municipal. Esta é a segunda fase do processo ambiental e é emitida quando cumprida todas as exigências da licença Prévia. Após obter a

concessão e cumprir o disposto na Licença de Instalação, será emitida a Licença de Operação que autoriza a extração dos referidos bens minerais.

## 5.4. Controle e Recuperação Ambiental

Sabendo da importância da mineração para a sociedade e tendo visto as exigências legais quanto às questões ambientais para tal setor e os possíveis principais impactos gerados nas fases de pesquisa, instalação, operação e do momento de fechamento da mina, vale ser analisados alguns dos modos e métodos recomendados para a prevenção e recuperação desses danos ao meio.

É mais fácil e econômico prevenir a degradação do ambiente do que corrigir e recuperar áreas degradadas. As práticas que visam a prevenção podem ser incorporadas a rotina da empresa sendo que seus custos, além de baixos, são diluídos no processo de produção. Ao contrário, quando se necessita realizar algum tipo de intervenção para recuperar algum dano ambiental, os custos, que são geralmente bastante elevados, podem levar a empresa a dificuldades financeiras e até a falência quando esta não dispõe de recursos de garantia para tais situações. Outro agravante neste sentido é que estes danos resultam em infrações, acarretando multas, outros tipos de compensações a sociedade (Ross, 2001 *apud* Faleiro, 2010), além da possibilidade de embargo do empreendimento. Portanto a máxima popular de que é mais fácil prevenir do que remediar é verdadeira neste caso.

Para Brasil (2009), citando Salvador e Miranda (2007) e Arato, Martins e Ferrari (2003), a recuperação ambiental se dá através de um plano que considere os aspectos ambientais, estéticos e sociais, de acordo com a destinação que se pretende dar à área, permitindo um novo equilíbrio ecológico, porém nunca é possível o retorno de um ecossistema degradado à sua condição original, devido ao estado de degradação a que foi submetido. Já para Ribeiro (2006) o termo “recuperação” envolve todas as atividades que visam devolver aos locais que sofreram alteração em decorrência do empreendimento mineiro as condições desenvolvimento da vegetação ou mesmo para utilização de modo racional.

Para Ferreira et al (2009) a recuperação de áreas degradadas deve-se basear em fundamentos principais como o estabelecimento das ações e

intervenções através de um programa ambiental que considere o tipo e as características do uso do solo da propriedade ou região a fim de inibir futuras degradações, considerar sempre o potencial que o ambiente tem de se autorecuperar e proporcionar a reestruturação da fauna e flora com elevada diversidade respeitando as espécies características da região.

Sendo assim, este trabalho ao referir-se as áreas degradadas pela mineração, considera-se inclusas todas aquelas que necessitam de algum modo uma ação, nem que seja seu completo isolamento para que retorne a uma situação de estabilidade ambiental sem que represente riscos. Neste caso estão desde áreas das minas ou de empréstimo de solo cujas condições após o uso não possibilitem a revegetação natural, até áreas onde ocorreram processos degradatórios por consequência de interferências antrópicas como erosões, assoreamentos e contaminação de solos e recursos hídricos.

#### 5.4.1 Poluentes Atmosféricos

Durante o processo de transporte do minério da mina para a usina e do produto final da usina para seu destino, o principal impacto é a poluição gerada pelos motores dos caminhões e carregadeiras e o material particulado disperso pelo caminho em forma de poeiras (Mechi et al, 2010). Nesta fase as ações devem ser sempre preventivas, sendo que o melhor modo de fazê-lo é através da manutenção periódica dos equipamentos e utilização de lonas cobrindo as caçambas, molhagem periódica das vias de acesso não pavimentadas e implantação de barreira vegetal ao longo das vias (Oliveira, 2006).

Já no beneficiamento dos minerais, a contenção das poeiras deve ser contemplada já no planejamento do empreendimento. Para este controle as principais técnicas empregadas trata-se da instalação de sistemas de sprays junto a usina de beneficiamento do minério. Ao ser lançada no ar as gotículas de água captura as partículas suspensas fazendo com que essas desçam. Essa técnica também é utilizada nas pilhas de material, especialmente dos ultrafinos impedindo que sejam arrastados pela força dos ventos (Almeida, 1999). Outros métodos desenvolvidos para reduzir a dispersão de poeiras e seus danos ambientais e sociais *envolvem o posicionamento adequado das*

*instalações de beneficiamento (considerando a localização dos núcleos urbanos e as condições de circulação de ventos), a execução de perfurações úmidas ou com coletor de pó, o enclausuramento das unidades de britagem e peneiramento (com adoção de sistemas de exaustão e ventilação), a ensilagem do material produzido, (...) e a implantação de “cortinas vegetais” (Rodrigues, 1993; Ribeiro, 1995; Sanchez, 1995 apud Ferreira, 2006).*

No contexto geral dos empreendimentos a implantação de cobertura vegetal é muito usual e eficaz por ser de fácil implantação e apresentar bons resultados. Os particulados transportados por força eólica ficam retidos pela vegetação marginal, resultando na diminuição na velocidade dos ventos e conseqüentemente na redução de sua capacidade de transporte de partículas finas (Lima, 1980).

#### 5.4.2 Vegetação

Quanto a cobertura vegetal, o ideal é que a derrubada seja planejada conforme o avanço da ocupação do empreendimento. Há casos em que o projeto prevê a abertura de varias minas e locais para utilização como bota-fora, sendo que não há a necessidade de que todo o processo de desmatamento seja realizado de uma só vez. Para Prado Filho et al. (2004) o próprio controle das ações impactadoras do meio podem ser consideradas ações mitigadoras. Neste caso o desmatamento feito em uma única empreitada reduz custos operacionais, porém se todas as áreas não forem utilizadas de imediato os problemas ambientais citados anteriormente, como erosões e assoreamento, além de forte impacto no micro clima local, podem se desencadear tornando mais dispendioso financeiramente para a empresa a sua recuperação.

Segundo Munshower (1994, *apud* Almeida, 2002) o termo revegetação é empregado de maneira restrita para a fase de implantação da vegetação na recuperação da área degradada, e reflorestamento quando na implantação vegetal se utiliza espécies exclusivamente arbóreas.

Grande parte das ações de recuperação ambiental implantadas pelas mineradoras, especialmente as de médio e pequeno porte, é a recomposição

vegetal por ser de custo relativamente baixo e apresentar resultados rápidos. A revegetação, feita de modo correto, é muito importante no processo de recuperação de diversos tipos de áreas degradadas em um empreendimento mineral, sendo que o reflorestamento é muito usado como amenizador do impacto visual pelo seu efeito paisagístico, isolamento das áreas de operação, além de funcionar bem com um regulador do microclima local. A revegetação das áreas das cavas exauridas, das bacias de rejeitos e bota-fora também é importante por reduzir as chances de instalação de efeitos erosivos e por devolver a fauna local seu habitat antes tomado, *embora a mata recomposta dificilmente atinja a mesma diversidade da mata original, a revegetação tem a capacidade de mitigar uma série de efeitos e impactos ambientais, permitindo o restabelecimento de algumas características primitivas da área* (Gonçalves, 2005).

O fato é que para a recomposição vegetal não é recomendado o plantio espécies de grande porte no primeiro momento. Os solos das áreas a ser recomposta a vegetação, normalmente encontra-se pobres de nutrientes e com as características físicas e químicas pouco favoráveis a vegetação, por ser resultado das cavas onde o minério se exauriu ou mesmo resultado de regularização topográfica, necessitando fazer o preparo mecânico, adubação mineral e/ou orgânica e calagem (Barros e Machado, 2008). Para Kageyama (1990) é essencial a implementação primeiramente de uma camada vegetal herbácea rasteira. Por ser de rápido crescimento este tipo de vegetação dá proteção ao solo, cobrindo-o, dando estabilidade, e propiciaria melhora das condições químicas, físicas e biológicas (Gonçalves, 2000; Kageyama, 1990). Além disso, espera-se após certo período decorrido do plantio dessas espécies naturalmente tende a se desenvolver, o que se chama de sucessão ecológica. Em até três anos espera-se o aparecimento de outras espécies de mesmo porte, e sequencialmente haveria a entrada de arbustos e árvores, resultado da dispersão de sementes por pássaros e ventos (Corrêa, 2007).

Outras áreas onde a presença desse tipo de vegetação é importante são os taludes. Estes geralmente são resultados das obras de infraestruturas necessárias para o funcionamento, estradas, pilhas de estéril e minas onde o minério já se exauriu. Por se tratar de paredões com inclinação bastante

acentuada os processos erosivos facilmente se instalam caso o solo esteja exposto. O sistema radicular dessas plantas se desenvolvem em grandes profundidades e conseguem se adaptar a baixos teores de oxigênio e nutrientes, promovem a coesão do solo mantendo-o agregado, além de que a cobertura vegetal impede a ação das gotas de chuva que tem poder de desagregação das partículas do solo, e facilita a infiltração da água por causar a dispersão desta em detrimento do escoamento superficial (Teixeira, 2012).

Nas imediações dos empreendimentos ainda em atividade, uma prática bastante usada que reduz consideravelmente os riscos de alguns impactos ambientais é o florestamento ou adoção de barreiras vegetais, com o plantio de espécies vegetais arbóreas ou arbustivas em linhas. Esta funciona como uma zona de amortecimento, reduzindo ou mesmo impedido que problemas escapem da área de controle como partículas finas transportadas pelos ventos e pelo escoamento das águas precipitadas, além de ajudar na atração da fauna pra região (Prado Filho et al. 2004). Além de representar um importante papel paisagístico formando um bloqueio visual das propriedades vizinhas as zonas mineradas (Brasil, 2004).

#### 5.4.3 Solos

Um grande problema gerado pela mineração é a perda do potencial agrícola do solo em função do desmatamento, decapeamento das áreas das minas e de empréstimo para os aterros e obras de infraestrutura do empreendimento. O material que é retirado pertence aos horizontes férteis do solo, restando só material mineral sem matéria orgânica, que é essencial para a fertilidade do mesmo. Alguns métodos de recuperação dos solos vêm sendo desenvolvidos há algumas décadas, como o armazenamento e reutilização dos solos. Ao se decapear uma área a *camada fértil de solo pode ser removida e estocada para posterior reutilização*, sendo que a presença de sementes da vegetação anteriormente instalada tende a se desenvolver e facilitar a reestruturação deste solo (Almeida, 2002).

Outros métodos bastante estudados ultimamente são os baseados na incorporação de matéria orgânica no solo degradado. A estrutura física do solo

é considerada um dos principais fatores de crescimento para as plantas. A idéia central é que a adição de produtos com alto teor de matéria orgânica, como lodo de esgoto, de laticínios, restos de alimentos compostados, esterco, e mesmo serrapilheira, no solo degradado propiciaria a este a possibilidade, se feito de modo correto, de recuperação de parte da estrutura física necessária para frear o processo negativo a que foi condicionado antropicamente, além de proporcionar ganhos biológicos e químicos. A incorporação de matéria orgânica ao solo auxilia o processo de revegetação de áreas degradadas por melhorar a estrutura e a retenção de umidade do solo e por fornecer macro e micronutrientes (Santos, 2007). Auxilia também para o desenvolvimento e manutenção da micro fauna do solo *que tem papel determinante em processos de melhoria de atributos físicos, como agregação, porosidade e infiltração de água, e no funcionamento biológico do solo* (Barros et al., 2010). Estes contribuem para melhoramento da fertilidade pela mineralização de nutrientes presentes na matéria orgânica, pela fixação de nitrogênio e solubilização de fosfato (Correia, 2002).

O processo de recuperação de erosões pode ser muito complexo e demorado, conforme sua situação e a caracterização da área onde está instalada. As erosões laminares normalmente são contidas com construções de terraços e curvas de nível ao longo das vertentes para quebra da energia da água escoada favorecendo sua infiltração, e a revegetação da área. As lineares, quando em estado pouco avançado, são contidas com o aterramento ou revolvimento do solo da área por meio de arados atrelados da elaboração e obras de controle do escoamento da água superficial e revegetação da vertente (Magalhães, (2001). Quando a erosão está em estágio avançado, especialmente se já houver fluxo de água em função de ter atingido o lençol freático, caracterizando assim uma voçoroca, sua recuperação se complica. O avanço das erosões lineares é remontante, ou seja, se dá no sentido jusante-montante da vertente. A princípio deve-se pensar uma forma de conter esse avanço, sendo que genericamente se recomenda a construção de terraços em nível, impedindo a concentração e direcionamento do escoamento da água para a erosão (Teixeira, 2012). Outra medida possível de se desenvolver é a contenção do fluxo contínuo de água na voçoroca através do rebaixamento do

lençol freático com a implantação de drenos na região de entorno da erosão (Filizola, 2011). Se necessário, sistemas canalização e de quebra de energia como as escadas dissipadoras podem ser incorporados ao projeto para facilitar o escoamento rápido da água sem que essa cause erosões. Este sistema é muito implantado em encostas de rodovias e aterros, e se mostra bastante eficiente. Toda a área deve ser isolada para impedir o acesso de animais, especialmente do gado que tem como característica andar sempre em trilhas, o que acaba compactando o solo nestes locais e matando a vegetação. Como a água sempre procura o caminho que ofereça menor resistência ao escoamento, esta é direcionada para as trilhas feitas pelo gado e, sua força e velocidade aumentadas gradativamente pela declividade, provocam a desagregação do solo, formando ou piorando a situação dessas erosões (Baccaro, 1994 *apud* Magalhães, 2001). A montante e nas laterais das erosões deve haver a preservação da vegetação nativa. Caso esta já esteja degradada, o plantio de espécies gramíneas e leguminosas é recomendado a fim de proteger o solo e que este não fique mais exposto. À medida que for seguro para as encostas deve haver a replantação de espécies nativas (Teixeira, 2012).

Nos casos em que a erosão está em estado avançado, não é recomendado o aterramento da fissura, pois pode prejudicar nascentes quando instaladas nas erosões, além de não ser respeitadas as características dos horizontes do solo da área. Este fato pode condicionar a situações de instabilidade, facilitando a reinstalação do processo erosivo no local, tanto o superficial quanto o *piping* (subsuperficial), (Augustin, 2006) representado ainda riscos ambientais e a segurança de pessoas e animais.

Com a recuperação das imediações da erosão, necessita-se desenvolver um método que potencialize sua regeneração de modo mais natural possível, otimizando o processo de reestruturação dos horizontes do solo e levando este a uma situação de estabilidade. Um dos métodos desenvolvido para isso consiste na instalação de barramentos dentro da erosão, transversais ao sentido da mesma. Utiliza-se para isso elementos estruturais de madeira, tela metálica ou material têxtil. O processo de recuperação consiste na diminuição da produção e transporte de sedimentos

pelo seu barramento. O material retido nessas estruturas vai se acumulando ao longo do tempo diminuindo gradativamente sua profundidade, como demonstrado na Figura 9. Este método apresenta vantagens como a simplicidade de execução e o baixo custo dos materiais e equipamentos utilizados. Porém o tempo necessário para o resultado final é longo e deve ser acompanhado de perto seu progresso, pois conforme os sedimentos são retidos há a necessidade de instalação de outras barreiras em níveis superiores aos anteriores (Carvalho, 2006).

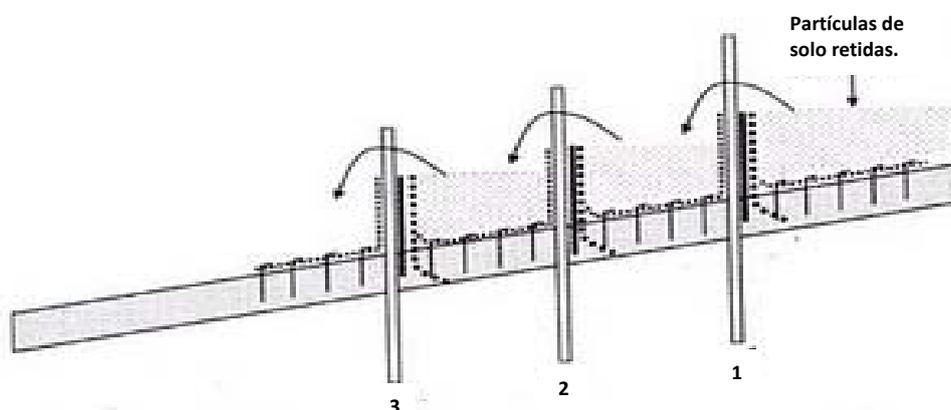


Figura 9 - Esquemática da montagem das barreiras ao longo da erosão (Fonte: Carvalho, 2006).

Muitas vezes, pela situação encontrada do problema que não possibilite a implantação de tais sistemas ou mesmo pela necessidade que a empresa tem de apresentar resultados rápidos, estas acabam optando por obras mais complexas e dispendiosas. Nestas situações deve-se desenvolver projetos de intervenção que levem em conta todas as particularidades da região como tipo de solo, situação da vertente, característica do ciclo hidrológico, uso futuro, etc. para que não seja uma solução temporária (Carvalho, 2006).

#### 5.4.4 Recursos Hídricos

As reservas hídricas subterrâneas tem um papel importantíssimo como fonte de água em regiões com pouca disponibilidade de redes de drenagens superficiais perenes. A água que é retirada das cavas das minas é oriunda do lençol freático, e se livre de contaminação, tende a apresentar ótima qualidade para uso. Ao desenvolver técnicas de aproveitamento desta água, a empresa

além de eliminar um potencial causador de impactos, gera economia financeira e dos recursos naturais locais, pois deixa de buscar a água necessária em outras fontes (Bertachini, 2003).

O beneficiamento de alguns minérios utiliza grande quantidade de água e compostos químicos usados como reagentes a fim de separar os minerais de interesse dos rejeitos. Sendo assim, essa água no fim do processo pode conter diversos resíduos com poder de contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneas. A prevenção, com a construção de bacias de contenção bem dimensionadas, descontaminação e programas de monitoramento das características dos rejeitos, são necessários para evitar danos irreversíveis aos ecossistemas em caso de acidentes e despejo em rios e córregos. A poluição de aquíferos é mais difícil de ocorrer já que o próprio solo trabalha funciona como filtro natural e retêm diversos poluentes. *Contudo, uma vez contaminados, torna-se muito complicada a recuperação desses mananciais (Oliveira, 2001).*

Há situações em que esta não é usada e seu descarte pode se tornar uma situação complexa, pois deve ser reincorporada ao sistema hídrico da região e, sem os cuidados necessários, é possível causar erosões e contaminações das drenagens. Em alguns casos esta pode ser lançada nos leitos das drenagens próximas, desde que com implantação de degraus, tubulações sanfonadas ou outras técnicas de quebra de energia, para que não chegue com grande velocidade causando danos.

O assoreamento de córregos e rios por resultado da atividade mineira pode ter diversas causas como o material proveniente de erosões e os transportados das minas, pilhas de bota-fora e de produto final, entre outras como apontadas anteriormente, e o ideal é que se tomem atitudes preventivas para que não ocorra (Oliveira, 2001). Quando já instalados tais problemas uma intervenção possível de ser feita no leito seria a retirada dos sedimentos por dragagem, porém seus efeitos devem ser cuidadosamente e previamente avaliados já que em algumas situações esta ação pode ser até mais prejudicial ao mesmo. Portanto, recomenda-se a preservação e recuperação das matas ciliares e nascentes, assim como previsto em lei *contribuindo para a redução de perdas de solo decorrentes dos processos erosivos e do solapamento das*

*margens dos rios* (Gonçalves et al., 2005), além de providenciar a correção do problema que está sendo a fonte do material que o está assoreando.

## 5.5. Aspectos Ambientais sobre a Desativação de Empreendimentos Mineiros

Considerando o período de desenvolvimento da mineração no contexto industrial moderno, apenas recentemente que começaram a se exaurir jazidas de portes consideráveis necessitando atenção para tal. Sendo assim, a desativação de empreendimentos mineiros é um processo novo tanto para os empresários quanto para os órgãos regulamentadores e fiscalizadores de âmbito da mineração e de meio ambiente.

Nesta fase há ainda riscos ambientais das praticas desenvolvidas, por exemplo, nas desmontagens dos equipamentos evitando o descarte dos mesmos de forma inadequada ou mesmo evitando que sejam abandonados nos locais onde estão instalados, e no gerenciamento das áreas de risco como bacias de rejeitos e bota-foras, ou que tenham potenciais a desencadear outros processos negativos em caso de inutilização da área, sendo que em alguns casos recomenda-se que as áreas de minas sejam ocupadas assim que houver o encerramento das atividades para evitar esse tipo de risco (Camelo, 2006).

Para Lima (2006) o provimento, por parte dos empreendimentos, de recursos financeiros dedicados exclusivamente ao fechamento das minas é necessário como garantia de que essa responsabilidade não recaia sobre a comunidade e governos. Essa necessidade é reforçada por não haver um sistema regulatório para implementação de garantias e seguros financeiros terceirizados dedicados ao fechamento de minas em caso de fechamento não programado (Almeida, 2008). A elaboração de projetos e estudos que contemplem a recuperação dos impactos ambientais e um plano de fechamento de mina é importante nesse sentido, pois nestes documentos são previstas as ações a serem desenvolvidas com a desativação buscando minimizar os impactos ambientais e sociais gerados durante seu funcionamento e os possíveis de se instalarem com o encerramento das atividades, visando sempre que possível devolver as áreas utilizadas à sociedade de modo que não represente riscos (Lima, 2006).

## 6. Resultados

### 6.1. Evolução Temporal dos Impactos Ambientais da Pedreira P – Avaliação via Imagens de Satélites.

Como apresentado anteriormente, os impactos ambientais de um empreendimento mineiro não se resumem apenas em seu período produtivo. Durante a fase de instalação, as atividades de preparação da mina e de construção da infraestrutura necessária, há grande potencial degradador. Sendo assim foram analisadas imagens de alta resolução do satélite Quickbird dos anos de 2004, 2006, 2009, 2011 e 2013, a fim de investigar como se deu esse processo no caso da pedreira estudada.

- Cena 01 (Figura 10) - Foi possível verificar que desde setembro de 2004, data da primeira imagem adquirida, já havia interferência na base do morro onde está o depósito mineral. Nesta, identifica-se a presença de várias vias de acesso circundando e atravessando o local e grande porção de área desmatada, resultados da fase de prospecção geológica e do desenvolvimento do projeto industrial. A área onde visualiza-se solo exposto é o local onde atualmente encontra-se a usina de beneficiamento, escritórios, refeitórios, balança e oficina. Sendo assim, conclui-se que a primeira fase da implantação da pedreira dedicou-se a construção das obras de infraestrutura de suporte e industrial.

A cobertura vegetal da área apresentava predominância de vegetação gramínea sobre a arbustiva, identificada por poucos representantes, sugerindo assim que a área já havia sofrido interferência antrópica anteriormente a implantação do projeto da pedreira para formação de pastagem.

A área de entorno era ocupada principalmente por pastagens a norte e leste, por plantação do tipo fruticultura a noroeste e sul, e por vegetação arbustiva da mata ciliar da drenagem que margeia o morro da pedreira. É possível identificar também que neste período havia uma plantação no extremo noroeste da área hoje pertencente a pedreira. Nesta mesma drenagem identificou-se um represamento condicionado pelo aterro da estrada que atravessa e área bastante úmida nas margens.

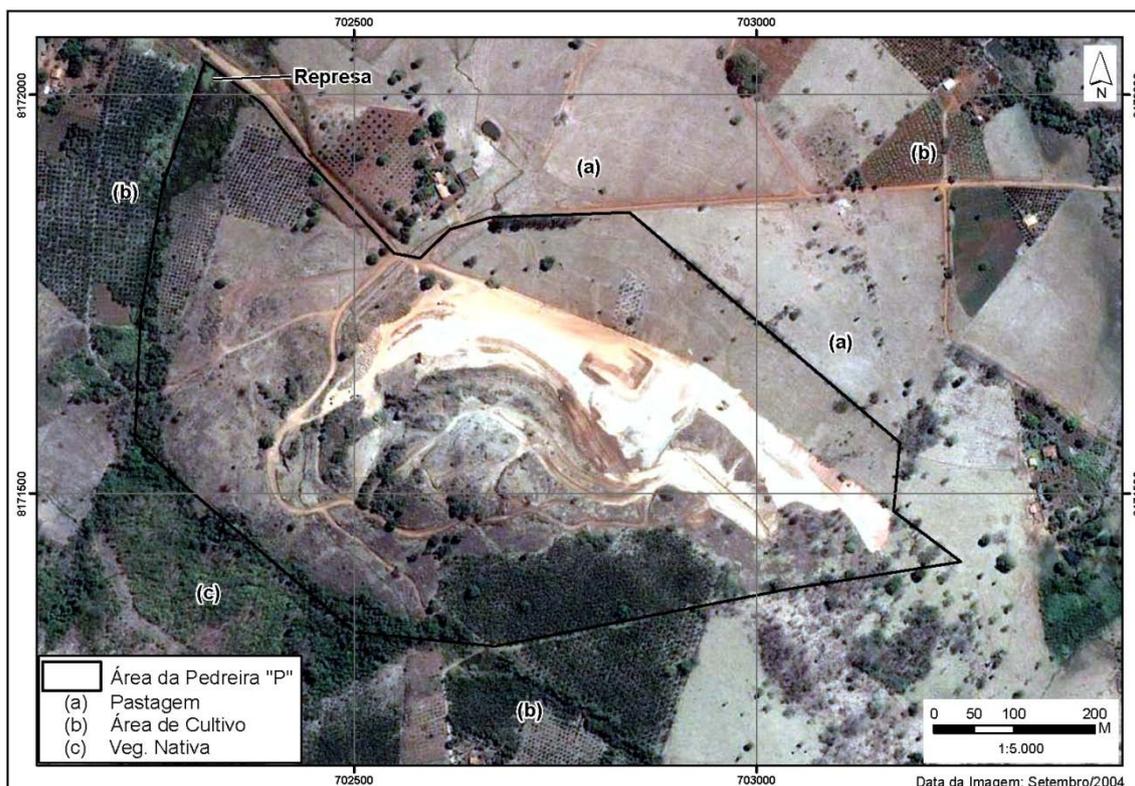


Figura 10 - Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Setembro de 2004).

- Cena 02 (Figura 11) - Na cena de abril de 2006 foi possível verificar que a preparação da área do empreendimento já estava em processo bastante avançado. O topo do morro, local onde a mina está situada, já havia sido desmatado e parte da infraestrutura havia sido construída. Visualiza-se algumas esteiras e equipamentos da usina de beneficiamento, uma edificação, além da via de ligação com a rodovia BR-060 já estar pavimentada. É possível identificar que um processo erosivo havia se instalado no extremo norte da área, próximo a drenagem, com avanço remontante no sentido noroeste-sudeste.

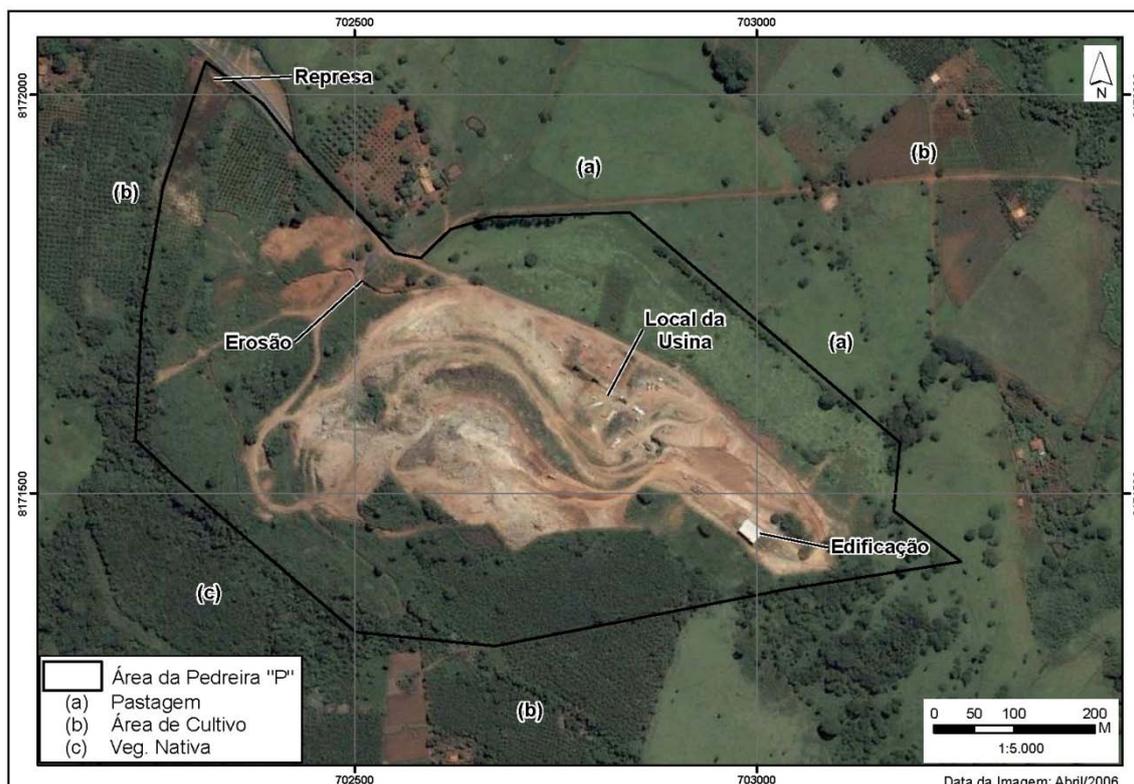


Figura 11 - Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Abril de 2006).

- Cena 03 (Figura 12) - No ano de 2009, cena do mês de setembro, verificou-se que a usina de beneficiamento do minério já havia sido construída e a mina estava em fase de decapeamento de estéreo, visto que não identifica-se a presença de frentes de lavras bem definidas nem características da rocha exposta. A vegetação da faixa sul, oeste e noroeste, entre a área da mina e da drenagem, havia atingido um padrão mais denso, comparada a cena analisada de 2004 (Figura 10), condicionada certamente pelo isolamento da mesma. A erosão identificada em 2006 (Figura 11) a noroeste da área, encontrava-se em maiores proporções tanto na largura, medida via software "Esri ArcGis 10.1", atingindo até 18 metros, quanto na extensão, cerca de 250 metros. Via imagem de satélite não foi identificada a construção de nenhuma obra de contenção ou recuperação entre os anos de 2006 e 2009. Nesta cena não foi possível mais identificar o acúmulo de água no represamento da drenagem pelo aterro da estrada de acesso a mina, visualizado nas cenas anteriores. Os sedimentos da erosão naturalmente se direcionaram para a

represa e encontrou no aterro da estrada uma barreira impedindo sua dispersão a jusante e provocando o assoreamento.

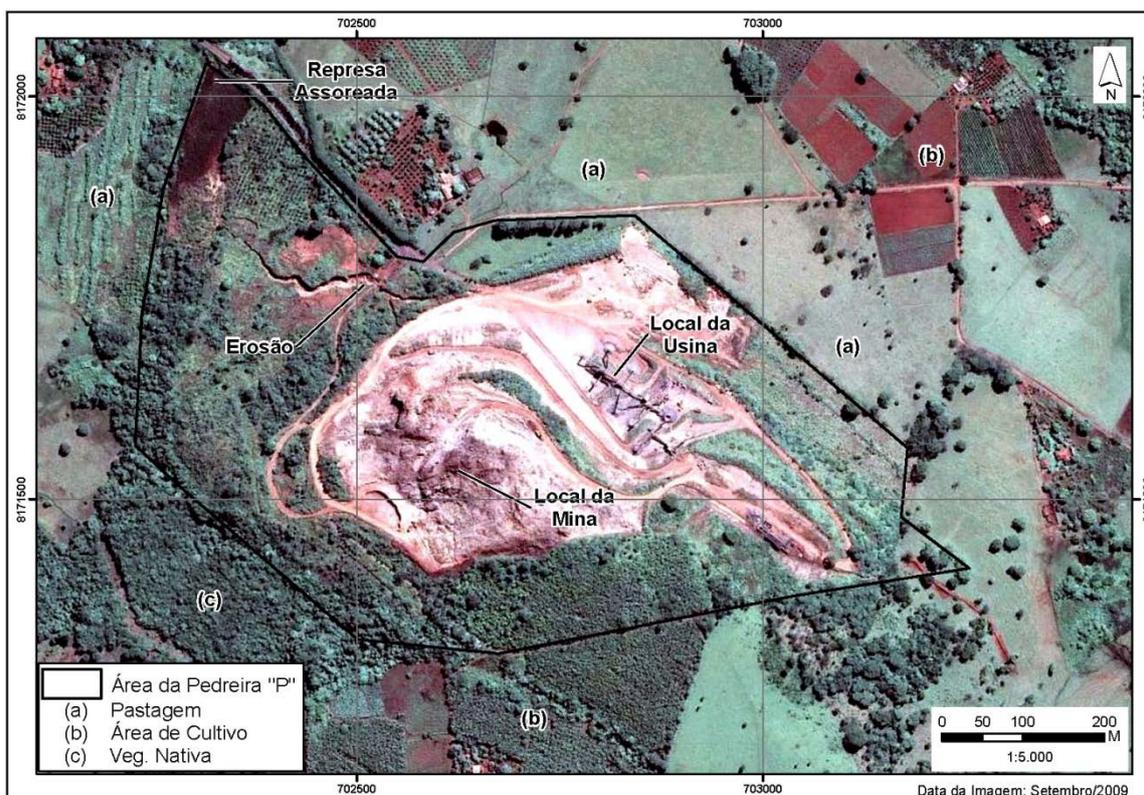


Figura 12 - Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Setembro de 2009).

- Cena 04 (Figura 13) - Pela imagem coletada de maio de 2011, identifica-se claramente a presença de duas frentes de desmonte de rocha na área da mina, assim como o acúmulo de produto britado na área onde foi instalada a usina de beneficiamento. Foi possível identificar a construção novas obras de infraestrutura, posteriormente identificadas nas visitas a campo como escritório, balança e refeitório, podendo-se concluir que a pedreira entrou em atividade produtiva entre os anos de 2009 e 2011.

A vegetação entre a mina e a drenagem na parte sul e oeste manteve padrão de recomposição aumentando ainda mais sua densidade em relação aos períodos analisados anteriormente. Verificou-se também que no local onde se catalogou a erosão nas cenas de 2006 e 2009, apresentadas anteriormente, havia sofrido diversas interferências antrópicas. O sulco aberto no solo havia sido aterrado, a vegetação a montante da drenagem se adensou

significativamente e no local onde havia a erosão identificou-se a presença de três áreas com represamento de água.

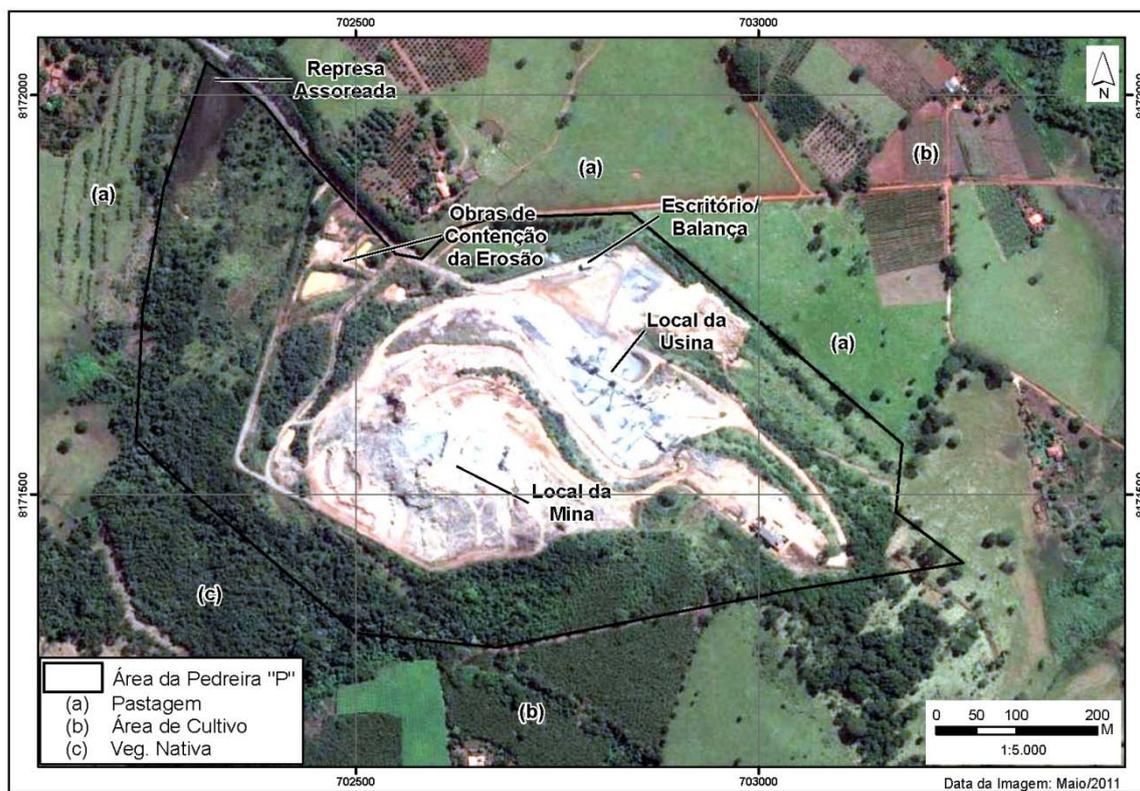


Figura 13 - Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2011).

- Cena 05 (Figura 14) - A última cena analisada data de maio de 2013. Nesta é possível verificar que as duas frentes de lavra sofreram um recuo de cerca de 110 metros em direção a sudeste. Havia uma grande pilha de material britado nas imediações da usina de beneficiamento, não podendo concluir através da imagem se trata de produto ou rejeito do processo de produção. Notou-se também a expansão em cerca de 50 metros da área desmatada a nordeste do empreendimento. Identificou-se que houve manutenção da recomposição da vegetação entre a mina e a drenagem, podendo identifica-la nesta cena como uma mata de galeria bastante densa. Na parte noroeste, onde em 2011 havia as represas construídas para contenção da erosão, notou-se que uma área de cerca de 3.700 m<sup>2</sup>, medida através do software “Esri ArcGis 10.1”, foi desmatada apresentando solo exposto, incluindo uma dessas represas.

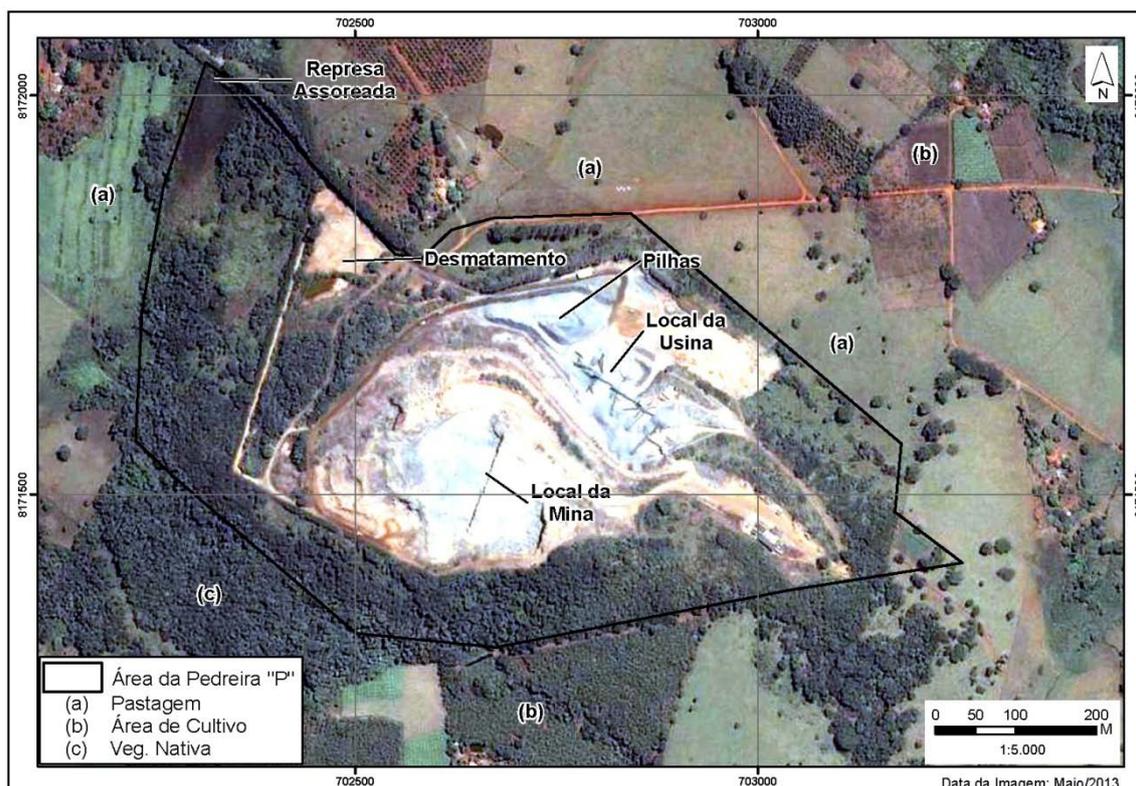


Figura 14 - Imagem da área da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).

No entorno da pedreira, durante todo o período analisado, foram identificadas alterações moderadas quanto a forma de ocupação do solo. O uso continuou sendo primordialmente para pastagens, seguido por plantações de fruticultura, esta última com alterações em sua espacialização. As áreas cultivadas a sul e nordeste da mina mantiveram-se inalteradas. Em contrapartida, as áreas a noroeste, antes com grandes plantações foram substituídas por pastagem em propriedade de terceiros, e a área adquirida pela pedreira foi modificada para contenção da erosão. É possível identificar também a expansão de área de cultivo a norte da mina.

A região onde a pedreira P está instalada é caracterizada por pequenas propriedades rurais, situação condicionada historicamente, segundo Moyses (2003), pelos aspectos geomorfológicos desta região que, apresentando elevado grau de dissecação eram preteridas pelos grandes latifundiários em relação à região sul do estado de Goiás com relevo menos movimentado. Um fato que pode ajudar também é a proximidade com a cidade de Goiânia, o que

acaba valorizando as propriedades e cada vez mais fazendo com que sejam repartidas em função da pressão econômica. Tal fato foi possível de se averiguar pelo grande número de residências identificadas via imagens de satélite (Figura 15), tendo sido mapeadas 25 sedes de propriedades em um raio de 1.500 metros da área do empreendimento.

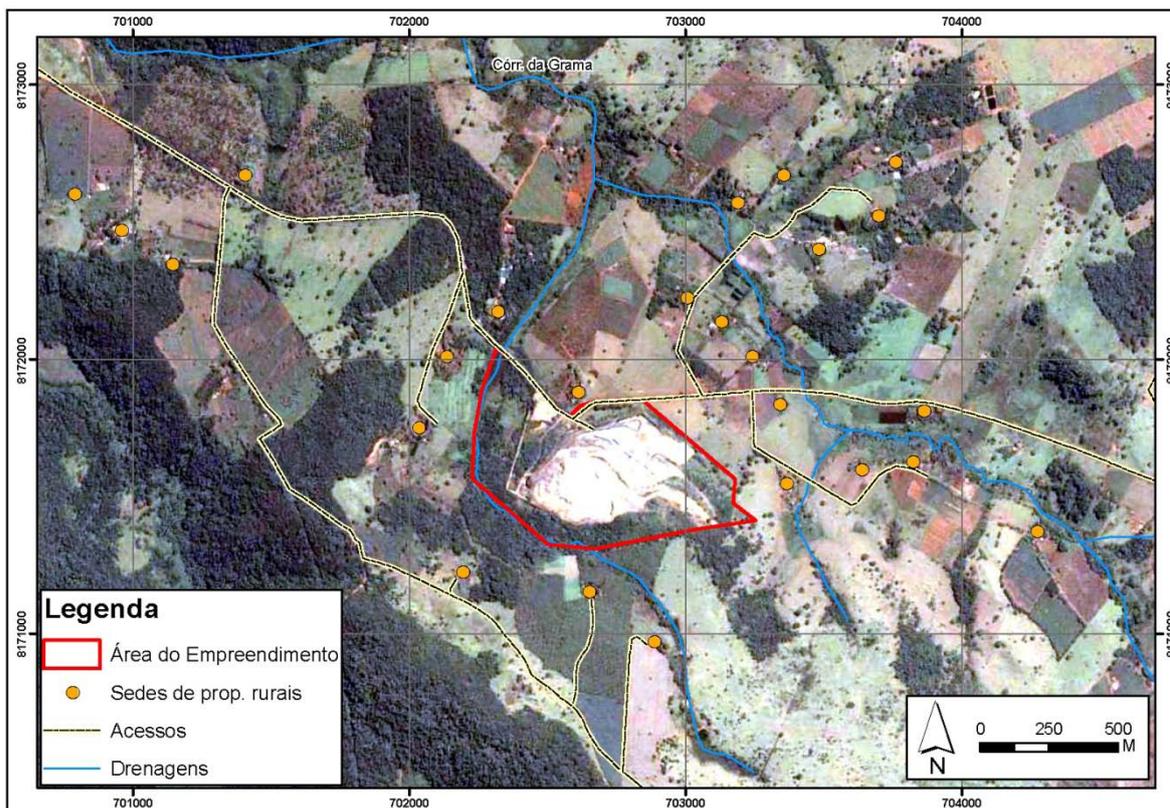


Figura 15 - Mapa com localização das residências no entorno da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).

## 6.2. Avaliação dos Impactos Ambientais in Loco

Os trabalhos em campo realizados para este estudo foram planejados baseados nas informações geradas via imagens de sensoriamento remoto, sendo delimitadas as áreas a ser dada maior atenção.

### 6.2.1 Avaliação do Empreendimento

A jazida está localizada em um morro com altitude em torno de 900 metros. Para a construção de escritórios, balança e refeitório, na parte norte da área do empreendimento, foram necessárias obras de corte e aterramento para correção topográfica, estando em uma altitude aproximada de 830 metros. As encostas dos aterros foram vegetadas e cercadas a fim impedir o acesso de gado das propriedades vizinhas e construídas cristas nas bordas superiores funcionando como barreira ao escoamento das enxurradas, tornando-as estáveis.

Como é possível verificar na Figura 16, o local onde a oficina e a garagem foram construídas está em uma posição topográfica bastante elevada, estando praticamente no mesmo nível da mina e acima da usina de beneficiamento e outras obras. Em visita foi averiguada a falta de uma estrutura adequada para o armazenamento de óleos e graxas descartados da manutenção e funcionamento dos equipamentos e veículos da pedreira, sendo estes acumulados em tambores metálicos de 200 litros e acondicionados na oficina ou mesmo em área descoberta (Figuras 17 a 20).

Através da entrevista com o técnico responsável, foi relatado que este procedimento acaba gerando problemas de transbordamentos dos recipientes, ocasionando o derramamento desses produtos no solo em situações de chuvas muito intensas. Foi relatado também como fato corriqueiro nestas situações o alagamento do local onde é feito o abastecimento dos caminhões e tratores bem como da oficina já que a mesma, apesar de coberta, não possui paredes em todos os lados da edificação (Figuras 21 e 22). O piso destes locais, por destinar a manutenção de veículos pesados, acaba por acumular muitos resíduos líquidos de vazamentos de óleos e fluidos diversos, e sólidos, como

peças metálicas e emborrachadas, desgastadas ou quebradas. Havendo os alagamentos citados, naturalmente estes resíduos acabam sendo transportados para a área externa e depositados no ambiente próximo ou mesmo carregados pelas enxurradas, podendo inclusive chegar a drenagens próximas.

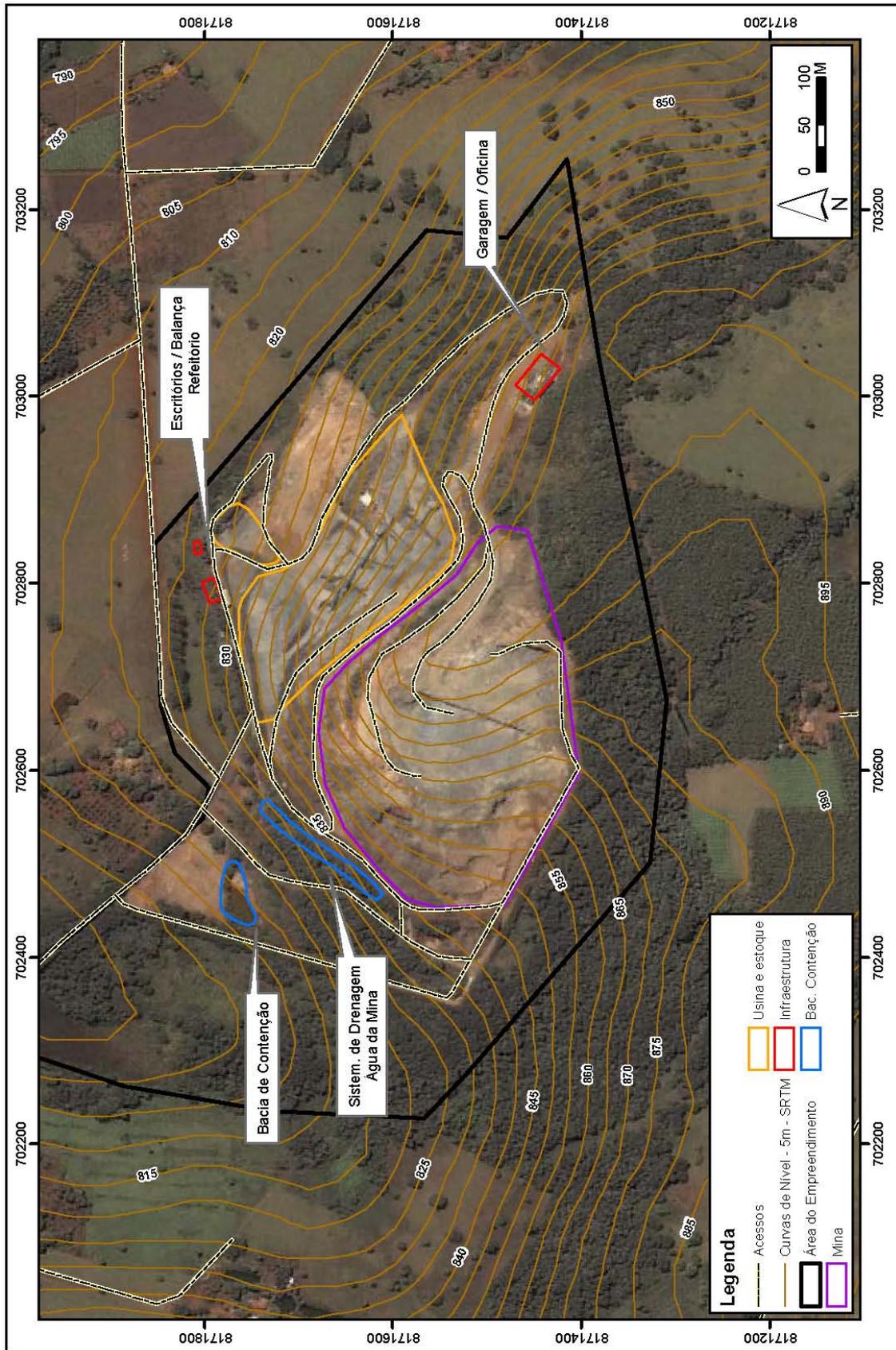


Figura 16 - Mapa Altimétrico e do Layout da Pedreira P. (Data da Imagem: Maio de 2013).



Figura 17 – Tanque de Combustível de veículos



Figura 18 – Tambores com combustível próximos a oficina



Figura 19 – Maquinário em manutenção



Figura 20 – Depósito de materiais para manutenção de veículos



Figura 21 – Visão Lateral da oficina de veículos



Figura 22 – Pátio de manobra de veículos e oficina

Analisando o layout do empreendimento nota-se que praticamente toda a sua área sofreu alteração antrópica. O local da mina (Figuras 23 e 24) teve a vegetação retirada e a camada estéril foi decapeada para exposição do minério. A área da usina (Figuras 25 e 26) teve o solo compactado e nivelado para que fosse possível sua montagem, assim como uma vasta área em seu entorno, da garagem/oficina e pátio (Figuras 27 e 28) para que os tratores e caminhões pudessem manobrar para carregamento e manutenção. Nestes locais, como o solo foi compactado ou retirado a proporção das águas das chuvas infiltradas em relação a escoada é muito menor que em ambiente sem alteração do solo ou com alteração moderada. Considerando essas áreas e as características topográficas, identifica-se grande propensão a ocorrência de algumas situações danosas ao meio, pois aliada ao sentido de construção das vias internas de tráfego, que inevitavelmente acaba tendo certo declive, possibilita a concentração e direcionamento das águas precipitadas, conferindo um alto poder de erodibilidade e de transporte de materiais poluentes anteriormente citados.

No local onde havia a erosão, entre os anos de 2006 e 2009, foi identificada a obra desenvolvida para sua contenção, vide Figura 29. Trata-se de um sistema constituído por três valas separadas por duas barreiras de concreto e rocha, conectadas por manilhas também de concreto. O intuito da obra é que as enxurradas sejam direcionadas para essas valas fazendo com que sua velocidade seja minimizada, e posteriormente acumuladas em uma represa construída em uma posição topográfica abaixo desse sistema, entre as cotas 810 e 815 metros. No entorno das valas há ocorrência de vegetação arbustiva e arbórea, o que também contribui para a quebra da energia das águas escoadas, além de dar maior estabilidade aos solos das margens. Já nas bordas da represa de contenção há intercalação de capim com solo exposto.



**Figura 23 – Frente de lavra superior (visão frontal)**



**Figura 24 – Frente de lavra inferior (visão panorâmica)**



**Figura 25 - Acesso a usina de britagem**



**Figura 26 – Visão parcial da usina de britagem**



**Figura 27 – Pátio de veículos / borda do aterro**



**Figura 28 – Aterro da área da oficina e pátio de veículos**



Figura 29 – Sistema de drenagem. Vala de captação das enxurradas.

Junto a drenagem foi confirmada a suspeita levantada via imagens de satélite de que a represa, antes localizada na travessia da via de acesso sobre o córrego, foi de fato assoreada pelo solo desagregado pelo processo erosivo. Como a margem leste da drenagem manteve-se isolada desde que a empresa adquiriu a área isso propiciou a vegetação uma condição de se adensar. Sobre a área que sofreu o assoreamento, por apresentar solo muito úmido, acabou se desenvolvendo espécimes vegetais do tipo gramíneas características de veredas (Figura 30).

O abastecimento de água para as atividades da mina foi um dos pontos destacados pelo técnico entrevistado. Segundo foi relatado, a água necessária era captada da drenagem a leste do empreendimento, e mais recentemente de uma represa construída no extremo sul da área, na divisa de propriedade feita pelo córrego que margeia a mina. Em ambas as situações, a água era recolhida por caminhão Pipa sendo necessário que este adentrasse no leito da drenagem para tal, porém um sistema de abastecimento estava em construção para evitar tal procedimento.

Ainda sobre o abastecimento de água, no momento da primeira visita realizada no dia 23 de outubro de 2013, foi constatada uma intervenção em

andamento realizada pela empresa na área onde havia a represa assoreada pela erosão anteriormente citada. Uma máquina retroescavadeira retirava a vegetação e escavava o leito da drenagem soterrada, utilizando o sedimento extraído para construção de aterros laterais a fim de provocar novamente o represamento na área (Figura 30). Obra sem autorização da Semarh, segundo relato do técnico. Em visitas posteriores foi identificada o abandono de tal intervenção e sem qualquer ação de recuperação ao dano provocado.



Figura 30 - Interferência na área da represa assoreada. Direção das Fotos: (a) – Norte; (b) – Leste.

No dia 23 de maio de 2014 (Pesquisa de campo 04) já foi possível identificar o sistema de abastecimento que estava em construção já concluído (Figuras 31 e 32). Foi construída tubulação que coleta a água na mesma represa e a transfere por força gravitacional, sem necessidade de bombeamento mecânico, para um sistema de armazenamento e abastecimento de caminhões constituído de quatro tanques interligados por mangueiras e controladas por válvulas de fechamento de fluxo (Figura 31).



**Figura 31 – Tanques de armazenamento e abastecimento de água**



**Figura 32 – Represa de abastecimento de água para o empreendimento**

Nesta última visita, como foi realizada no fim do período chuvoso da região a vegetação do interior do empreendimento e das propriedades vizinhas, tanto a cultivada quanto a natural remanescente, encontravam-se bastante vigorosas e com massa foliar densa. No interior do empreendimento não foi identificada nenhuma nova situação de dano ambiental além das catalogadas anteriormente, nem alteração operacional que pudesse futuramente representar risco.

## 6.2.2 Avaliação Social dos Impactos

Na etapa de diagnóstico social da região do empreendimento estudado, foram listadas através das entrevistas (Figura 33) diversas situações negativas ocasionadas pela presença da pedreira em sua qualidade de vida e risco à segurança. Pode-se citar o intenso tráfego de caminhões em alta velocidade na via de acesso com a rodovia BR-060, ruídos oriundos das máquinas de britagem e moagem da rocha e do desmonte das frentes de lavra, interferência na paisagem local, entre outros, sendo o principal e mais recorrente ponto negativo, citado por 50% dos entrevistados, é a dispersão de poeiras.

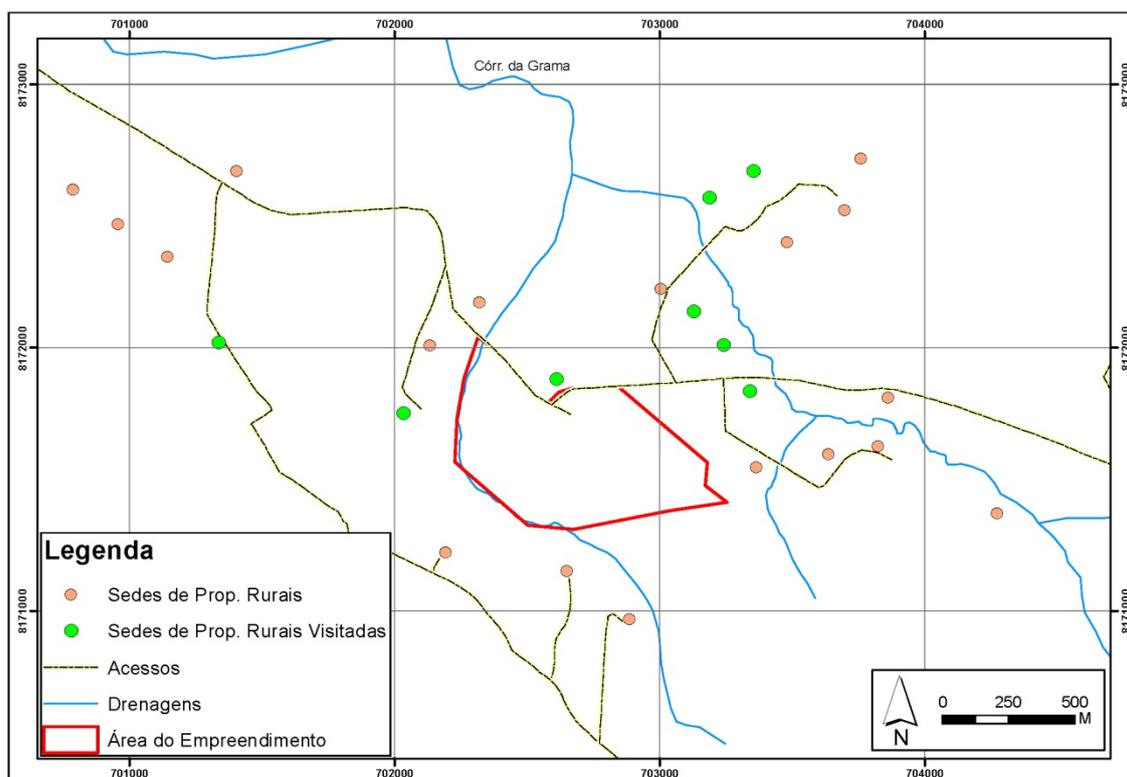


Figura 33- Mapa de localização das residências visitadas para entrevistas.

### 6.2.2.1 Dispersão de Poeiras

A usina de beneficiamento de minérios, assim como as pilhas de estoque de produtos ficam a céu aberto. Como a área da pedreira está situada em uma posição topográfica superior as propriedades localizadas a noroeste, norte, nordeste e leste, naturalmente a incidência de ventos facilita a dispersão

de particulados para o entorno já que todo o beneficiamento da rocha é feita por método a seco. Segundo foi relatado pelo técnico entrevistado, a Semarh não concedeu autorização para instalação de sistema de contenção de poeiras que utiliza a pulverização de água para reter os particulados, porém não foi possível ter acesso aos documentos do órgão nem a justificativa utilizada para tal parecer.

Os dados do ano de 2012, disponibilizados no site BDMEP, da estação meteorológica 83423 do INMET, localizada em Goiânia (Tabela 02), apontam predomínio da direção dos ventos para norte entre os meses de janeiro a abril e entre novembro e dezembro, período chuvoso, e a leste/nordeste entre os meses de maio a outubro, período de seca na região. Comparando estes dados com a interpretação das respostas positivas sobre a ocorrência de poeira em suas propriedades e residências advinda do empreendimento mineiro, foi possível projetar o sentido principal de trabalho dos ventos na região e da área de dispersão dos particulados, sendo para o último considerando principalmente o período de seca, quanto o material fica em condições favoráveis a ser transportados pelos ventos (Figura 34).

Estação Meteorológica 83423		
Estação	Data	Direção dos Ventos
83423	31/01/2012	Norte
83423	29/02/2012	Norte
83423	31/03/2012	Leste
83423	30/04/2012	Norte
83423	31/05/2012	Leste
83423	30/06/2012	Leste
83423	31/07/2012	Calmo
83423	31/08/2012	Leste
83423	30/09/2012	Sudeste
83423	31/10/2012	Nordeste
83423	30/11/2012	Norte
83423	31/12/2012	Norte

Tabela 2 - Direção dos ventos no ano de 2012 - Fonte BDMEP/INMET

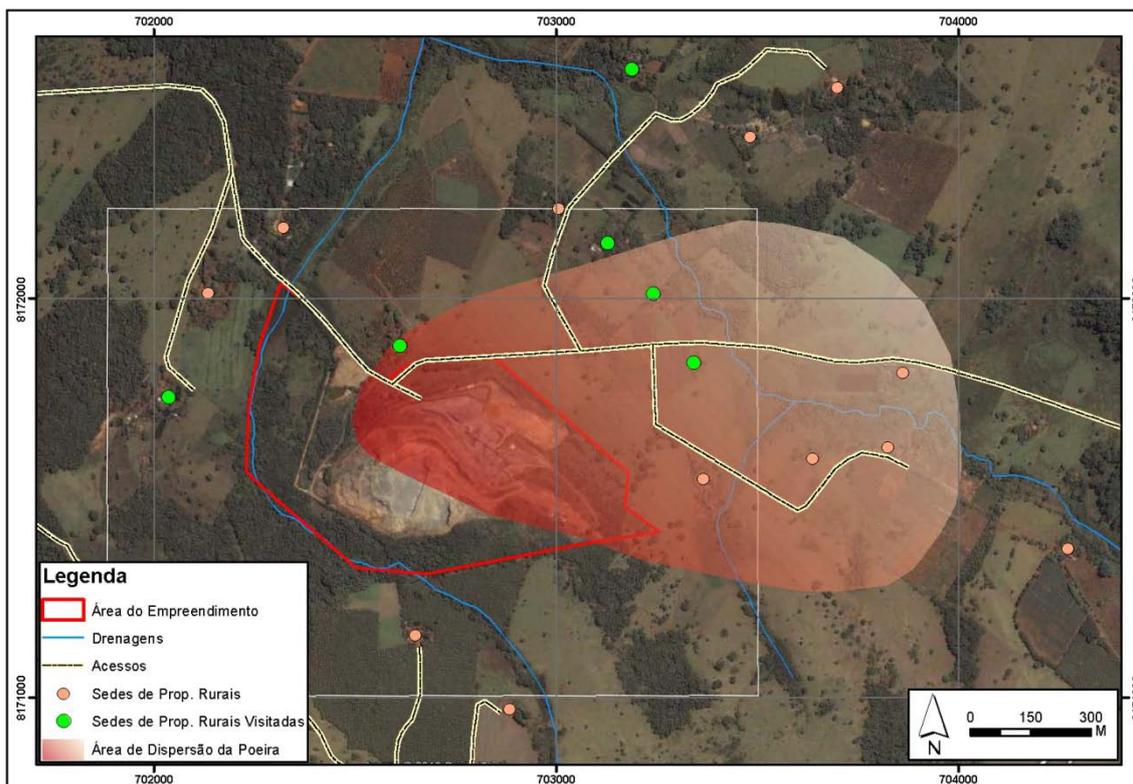


Figura 34 - Mapa de projeção dos impactos da Pedreira P – Dispersão de Poeiras. (Data da Imagem: Maio de 2013).

#### 6.2.2.2 Lançamento de Fragmentos de Rochas

Outra situação levantada através dos questionários aplicados aos residentes é o frequente lançamento de fragmentos de rochas resultado do desmonte de minério das frentes de lavra. Entre os entrevistados, quatro afirmaram que suas propriedades são atingidas por esses fragmentos de rocha, porém sem atingir as residências, e um afirmou ter sua residência também atingida. Este entrevistado relatou já ter ocorrido danos a telhados e janelas da moradia e no curral da propriedade. Informou ainda a necessidade de ter que se ausentar no local sempre nas ocasiões das detonações por medida de segurança. Foi identificada a sul da mina a presença de fragmentos de rochas com as características do minério explorado, possivelmente resultado do deste lançamento (Figuras 35 e 36).

Baseado na localização das entrevistas que apontaram a situação descrita anteriormente, foi estipulado um raio de 450 metros em relação as frentes de lavra como área possível de ser lançados os fragmentos (Figura 37). Sendo assim identifica-se a presença de três residências suscetíveis a serem

atingidas dentro do perímetro de alcance de fragmentos, sendo uma delas confirmada.



**Figura 35 –**Fragmento de rocha lançado a sul da mina pelo desmonte das frentes de lavra.



**Figura 36 –** Fragmento de rocha lançado a sul da mina pelo desmonte das frentes de lavra.

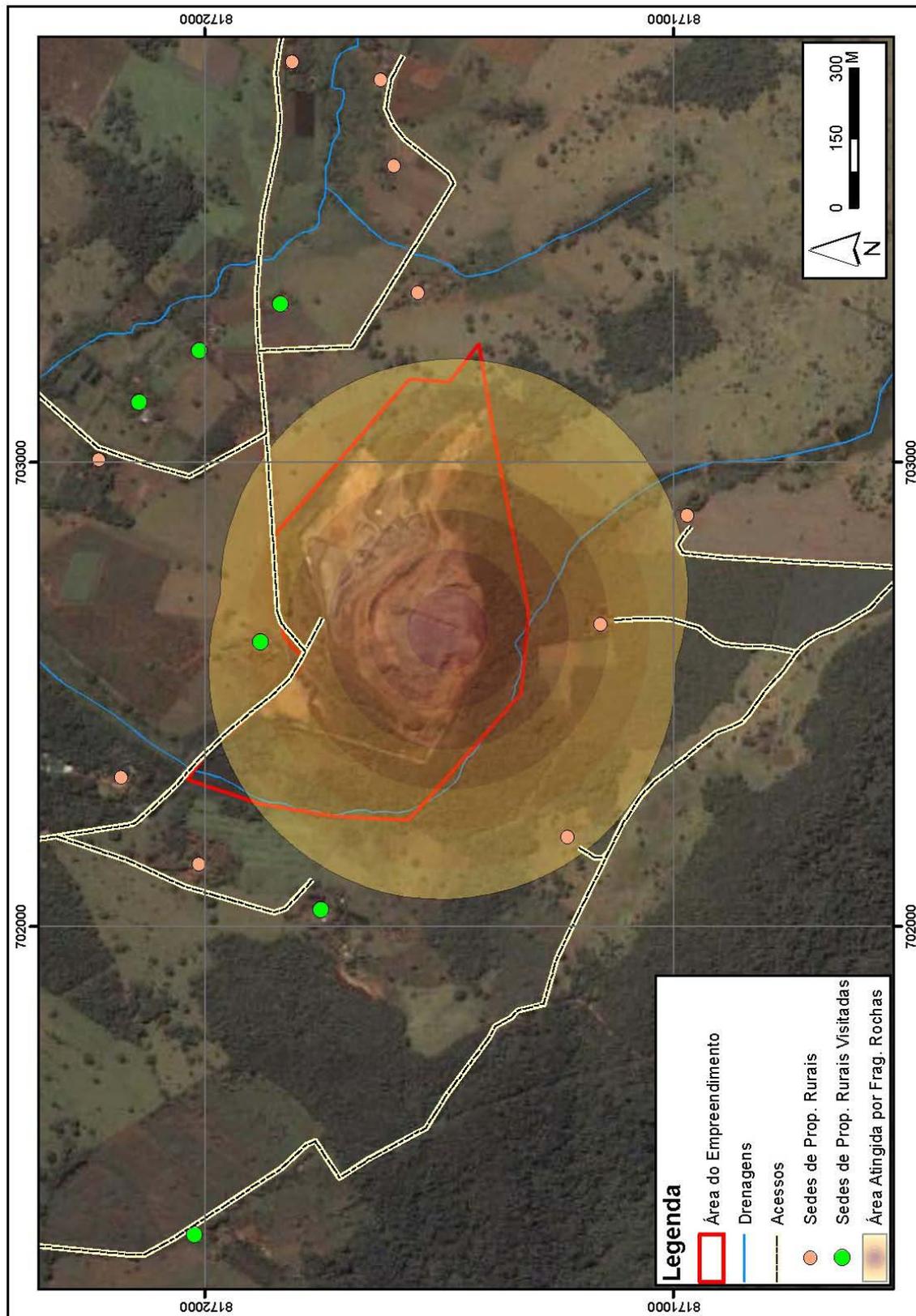


Figura 37 - Mapa de projeção dos impactos da pedra P - Lançamento de fragmentos de rochas. (Data da Imagem: Maio de 2013).

### 6.2.3 Análises Laboratoriais

#### 6.2.3.1 Solos

Os solos do Cerrado tendem a apresentar naturalmente características ácidas com alto índice de alumínio em estado trocável ( $Al^{3+}$ ) e pobre em nutrientes como Ca, Mg, K, propiciado entre outros fatores pelo tipo das rochas da região e pelo relevo que possibilita aos solos serem bem desenvolvidos e drenados, facilitando a lixiviação de alguns elementos e enriquecimento de outros (Lopes e Castro, 2004).

Pelas análises das amostras coletadas (Figura 38) identificou-se um padrão das características físicas e químicas bastante comuns para a região onde está inserido o estudo. Os solos estão na faixa de pH considerado ácido porém com níveis bastante aceitáveis para vegetação, tendo um pH médio de 5,2 na amostragem de novembro de 2013 e pH médio de 5,5 na de maio de 2014, sendo que as áreas de pastagem apresentaram uma acidez menor comparadas as com vegetação nativa, certamente por ter sido realizada preparação prévia do solo para o plantio do capim, como a calagem e adubação.

O que mais chama a atenção é o baixo valor da CTC da região, apresentando uma média de 9,4 mEq/100cm<sup>3</sup> na primeira amostragem e 10,8 mEq/100cm<sup>3</sup> na segunda. Apesar desses valores serem relativamente baixos, é possível verificar que a maior parte da CTC desses solos é ocupada pelos cátions de Ca, Mg e K, variando na primeira amostragem entre 65% e 77% e estando em proporção ainda superior na segunda, variando de 72% a 88%. Esta boa concentração das bases trocáveis e a baixa disponibilidade do Al e H em estado trocável, CTC total, acaba por caracterizar a estes solos boas condições tanto para o uso agrícola, demandando pouca calagem e adubação, quanto para a vegetação nativa da região.

Quanto a textura, percebe-se que as amostras PBS 01, PBS 02, PBS 01-B e PBS 02-B, coletadas a sudeste da mina e ainda no morro da jazida, demonstram serem solos ainda pouco desenvolvidos e apresentando claramente características da rocha de origem, o Granito-gnaiss. Antes dos 25

cm de profundidade estipulado para início da coleta das amostras já se havia interceptado muitos fragmentos de rochas em processo de intemperismo. Os teores de areia são superiores aos de argila e silte em todas as quatro amostras citadas, sendo as amostras PBS 01 e PBS 01-B com teores superiores a 50%. Isso deve-se a estas terem sido coletadas no topo do morro em área coberta por gramíneas. As amostras PBS 02 e PBS 02-B, por serem de área com solo bem protegido, com cobertura vegetal arbórea, propiciou a este se desenvolver melhor, mantendo maior proporção de argila comparada aos solos de área com cobertura vegetal baixa.

As amostras coletadas em pastagens das propriedades circunvizinhas, com cotas inferiores e relevo suavizado, apresentaram características de solos mais antigos e bem desenvolvidos. As amostras PBS 03, PBS 03-B, PBS 04, PBS 04-B, PBS 05 e PBS 05-B, até os 40 cm de profundidade não foi alcançado horizonte de alteração. Essas amostras variaram de Argilosas, Franco Argilosas à Franco Argilo Arenosas.

Amostragem de Solos 01				
ID Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m)	Cob. Vegetal
PBS 01	702.978	8.171.403	898	Gramínea (pastagem)
PBS 02	702.822	8.171.376	868	Arbórea (mata)
PBS 03	703.265	8.171.404	832	Gramínea (pastagem)
PBS 04	703.232	8.171.304	871	Arbórea (mata)
PBS 05	702.942	8.171.863	817	Gramínea (pastagem)
PBS 06	702.400	8.171.962	812	Arbórea (mata ciliar)

Tabela 3 – Locais de Amostragem de Solos – 18/11/2013

Análise Físico-química dos Solos						
Amostras	PBS 01	PBS 02	PBS 03	PBS 04	PBS 05	PBS 06
Macronutrientes						
pH (CaCl <sub>2</sub> ) Un.	5,3	5,1	5,3	5,1	5,1	5,4
Ca mEq/100cm <sup>3</sup>	6,1	3,4	8,3	4,4	4,6	6,3
Mg mEq/100cm <sup>3</sup>	0,7	0,3	1,3	1,2	0,8	0,9
Ca+Mg mEq/100cm <sup>3</sup>	6,8	3,7	9,6	5,6	5,4	7,2
Al mEq/100cm <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H+Al mEq/100cm <sup>3</sup>	2,6	2,2	2,9	3,1	2,8	2,8
CTC mEq/100cm <sup>3</sup>	9,8	6,4	12,8	8,8	8,3	10,4
P (Melich) mg/dm <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	1
K mEq/100cm <sup>3</sup>	0,40	0,51	0,26	0,13	0,12	0,40
K mg/dm <sup>3</sup>	156	200	100	52	48	156
Dados Complementares						
Mat. Org. %	1,6	2,0	1,6	1,2	2,3	1,6
Sat Al %	0	0	0	0	0	0
Sat Base %	73	66	77	65	66	73
Ca/Mg	8,7	11,3	6,4	3,7	5,7	7,0
Ca/CTC %	62	53	65	50	55	61
Mg/CTC %	7	5	10	14	10	9
K/CTC %	4	8	2	2	1	4
H+Al/CTC %	27	34	23	35	34	27
Análise de Textura						
Argila %	34	37	34	42	45	31
Silte %	15	23	15	22	19	18
Areia %	51	40	51	36	36	51

Tabela 4 - Análise de Solos - Amostragem de 18/11/2013

Amostragem de Solos 02				
ID Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m)	Cobertura Vegetação
PBS 01-B	702.976	8.171.400	900	Gramínea (pastagem)
PBS 02-B	702.824	8.171.376	868	Arbórea (mata)
PBS 03-B	703.256	8.171.404	831	Gramínea (pastagem)
PBS 05-B	702.965	8.171.839	818	Gramínea (pastagem)
PBS 06-B	702.397	8.171.946	814	Arbórea (mata ciliar)

Tabela 5 – Locais de Reamostragem de Solos – 23/05/2014

Análise Físico-química dos Solos					
Amostras	PBS 01-B	PBS 02-B	PBS 03-B	PBS 05-B	PBS 06-B
Macronutrientes					
pH (CaCl <sub>2</sub> ) Un.	5,5	5,3	5,8	5,7	5,4
Ca mEq/100cm <sup>3</sup>	6,3	4,2	10,3	5,8	8,0
Mg mEq/100cm <sup>3</sup>	1,1	0,8	2,0	1,0	1,6
Ca+Mg mEq/100cm <sup>3</sup>	7,4	5,0	12,3	6,8	9,6
Al mEq/100cm <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H+Al mEq/100cm <sup>3</sup>	2,1	2,2	1,8	2,0	2,4
CTC mEq/100cm <sup>3</sup>	10,1	8,0	14,5	9,0	12,5
P (Melich) mg/dm <sup>3</sup>	1	3	1	1	1
K mEq/100cm <sup>3</sup>	0,55	0,84	0,36	0,17	0,46
K mg/dm <sup>3</sup>	216	330	140	68	180
Dados Complementares					
Mat. Org. %	2,3	2,0	1,6	2,0	2,0
Sat Al %	0	0	0	0	0
Sat Base %	79	73	87	77	80
Ca/Mg	5,7	5,3	5,2	5,8	5,0
Ca/CTC %	62	53	71	64	64
Mg/CTC %	11	10	14	11	13
K/CTC %	6	10	3	2	4
H+Al/CTC %	21	28	12	22	19
Análise de Textura					
Argila %	29	37	39	45	39
Silte %	18	23	25	23	25
Areia %	53	40	36	32	36

Tabela 6 - Análise de Solos - Amostragem de 23/05/2014

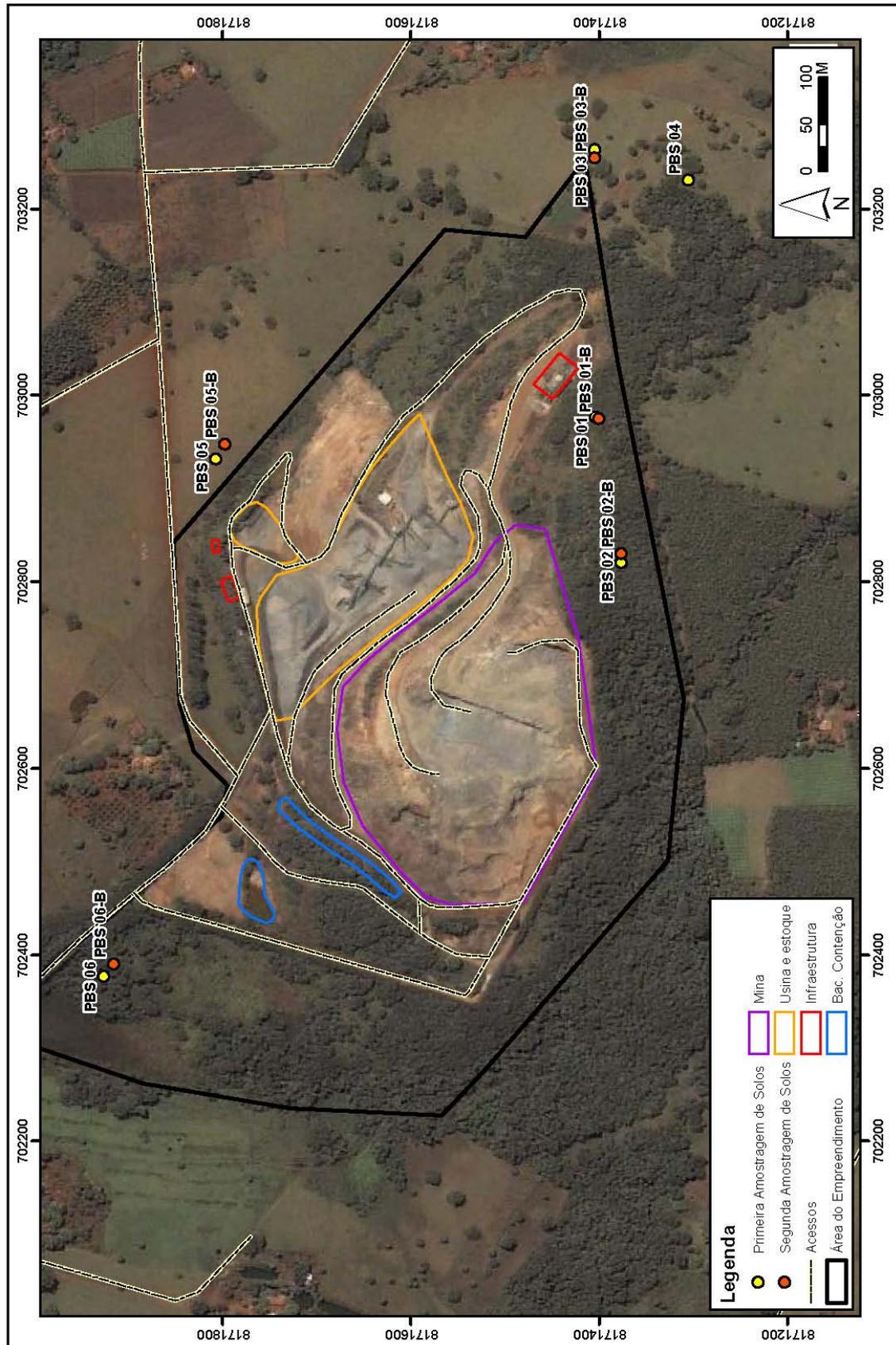


Figura 38 - Mapa dos pontos de amostragem de solo.

### 6.2.3.2 Pó de Rocha

A análise de DRX (Figura 39 / Tabela 7) demonstra que a rocha de origem da amostra apresenta aspectos característicos as das rochas pertencentes ao Complexo Granulítico ao qual está inserida. Apresentando cerca de 39% de minerais de feldspato e 20% de micas, além de uma grande proporção de quartzo em sua composição. Como a amostra analisada tinha granulometria de 0,043 mm e o quartzo, tendo naturalmente maior resistência, no processo de desagregação da rocha este acaba ficando com maior espessura. Essa amostra tendo, mesmo nessa granulometria reduzida, uma proporção de 35% de quartzo indica ser uma rocha com índice bastante superior deste mineral em relação aos outros em seu estado natural.

Difratograma do pó de rocha – Amostra “PBR 01”

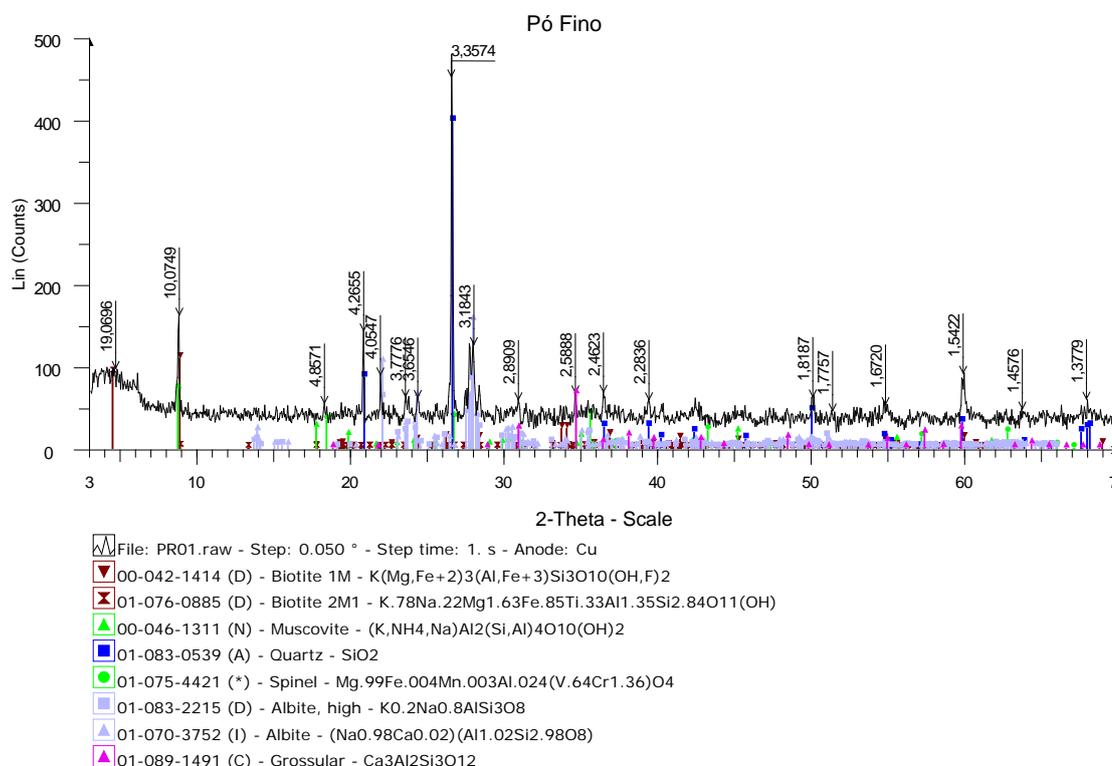


Figura 39 - Gráfico do resultado do Difratograma do pó de rocha – Amostra “PBR 01”

Resultado Difratoograma PBR 01	
Avaliação semiquantitativa	
4,00%	Biotite 1M
0,50%	Biotite 2M1
14,50%	Muscovite
35,00%	Quartz
2,20%	Spinel
16,30%	Albite; high
22,80%	Albite
4,70%	Grossular *
* espécie de granada	

Tabela 7 - Proporção dos minerais presentes na amostra

## 7. Discussões

Os impactos ao meio ambiente quase nunca se restringem a um único meio, sendo necessário que os estudos de avaliação ambiental, para que sejam considerados completos, contemplem aspectos dos meios físicos, bióticos, econômicos e sociais. O desenvolvimento deste trabalho tem cunho multidisciplinar e interdisciplinar, contemplando diversos métodos de aquisição e interpretação de dados, utilizando dos princípios entendidos como os mais adequados para este e permitindo assim a proposição de diversas discussões apresentadas a seguir.

### 7.1. Contaminação e Assoreamento das Drenagens

Quanto a localização escolhida para a oficina e garagem, certamente seguiu apenas o critério da proximidade com a mina e com a usina de beneficiamento quando deveria ter sido levado em conta principalmente os aspectos topográficos. A construção de um local isolado para armazenamento dos óleos e graxas é algo que se mostra bastante urgente, assim como um sistema de drenagem que impeça que haja alagamentos na oficina.

Como dito anteriormente, a compactação dos solos e/ou a exposição da rocha faz com que haja maior escoamento superficial das águas precipitadas em detrimento da infiltração. Como alguns dos acessos para movimentação interna de maquinário e caminhões da empresa e de terceiros foram construídos acompanhando o sentido do desnível do terreno, isso propicia a concentração das águas escoadas para um único local. Esse é o caso da via que de acesso a oficina que margeia mina e a usina. Seguindo sentido sudeste-noroeste, esta tende a direcionar toda a água não infiltrada nas proximidades rumo a parte baixa da área. Neste caso, havendo o transbordamento e vazamentos dos óleos, a tendência é que estes sejam transportados junto as enxurradas, contaminando os solos pelo caminho que percorre e, ultrapassando a área do empreendimento certamente contaminaria a drenagem próxima.

A área para onde essa enxurrada tende a ser direcionada é a mesma onde foi identificado o processo erosivo entre os anos de 2006 e 2009. Dada

situação em que a área se encontrava é possível interpretar que a erosão se deu pela retirada da vegetação a montante, associada a compactação do solo em função da movimentação de maquinário pesado, o que facilita o escoamento superficial das águas precipitadas em detrimento da infiltração. O sentido dos acessos abertos condicionaram sua concentração drenando em uma só direção e, não havendo sistema de quebra de energia a jusante, esta chegava com alta velocidade nas cotas inferiores, potencializando seu poder erosivo. Parte da área onde se desenvolvia esta erosão encontrava-se desmatada e com solo exposto, fatores favoráveis ao desencadeamento de tal impacto ambiental. Além disso, sendo o problema de derrame de óleos recorrente, no passado a drenagem a jusante possivelmente sofreu contaminação.

O sistema de drenagem construído a partir da recuperação da erosão é bem dimensionada e localizada em um ponto estratégico, porém a bacia de contenção que recebe e acumula a água escoada é subdimensionada. Considerando que a primeira visita de reconhecimento foi feita no mês de outubro de 2013, início do período chuvoso na região, a mesma já se encontrava com um nível elevado de represamento, e havendo um possível transbordamento o destino naturalmente é a drenagem, podendo assorear-la ainda mais.

Quanto a obra que estava em execução no leito da drenagem, antigo local da represa assoreada, na data das segunda, terceira e quarta visita não foi identificada mais interferências comparada a primeira. Porém o que já havia sido feito danificou consideravelmente o local que, apesar de já ter sofrido um impacto de grandes proporções no passado, mostrava-se em processo avançado de recomposição natural, proporcionado pelo isolamento da área. Toda a área assoreada, apesar de não mais represar a água da drenagem, se transformara em uma vasta área brejosa com espécimes vegetais típicas de vereda, além da vegetação da margem esquerda que, como dito anteriormente, também apresenta boa recomposição (Figura 40).

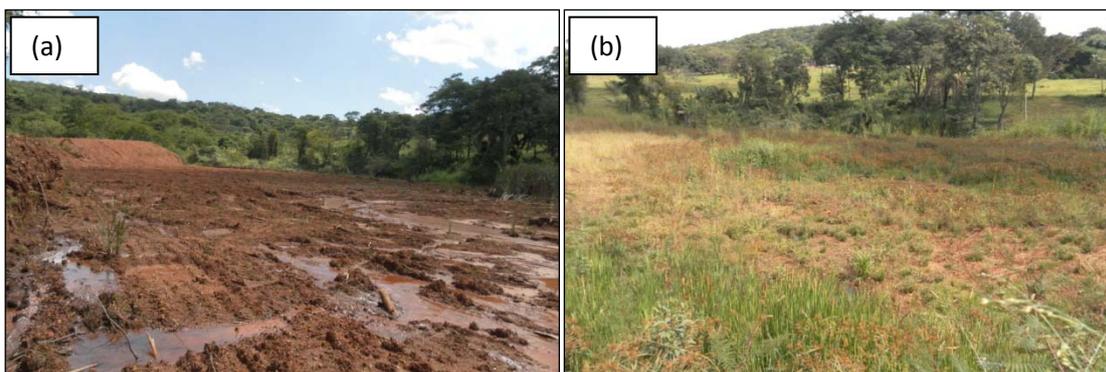


Figura 40 – Área da represa assoreada. Em (a) Foto obtida em 23/10/2013; Em (b) Foto obtida em 23/05/2014.

### Recomendações

A fim de evitar possíveis contaminações em caso de derramamentos de óleos e outros resíduos oriundos do abastecimento e manutenção dos veículos da pedreira, recomenda-se inicialmente uma reestruturação das obras destinadas a esses fins.

O local de abastecimento dos veículos necessita receber cobertura para que não haja uma interação das águas precipitadas com o tanque de combustível e seu respectivo piso, evitando que esta seja contaminada, além de evitar o desgaste prematuro das peças pelas intempéries naturais. Outra medida importante é a instalação de canaletas em todo o entorno da área de abastecimento, de modo a impedir que água e combustíveis derramados escorram para fora desse perímetro.

Quanto a garagem/oficina de veículos, é importante a construção de paredes laterais para impedir que as chuvas adentrem neste complexo. A implantação de canaletas no piso de modo a isola-la da área externa, do mesmo modo indicado para o local de abastecimento, seria uma medida muito positiva, pois evitaria que óleos, graxas e peças da manutenção dos veículos fossem transportados para fora da mesma.

Havendo a implantação das canaletas nos pisos do tanque de combustível e da oficina, seria importante a construção de um sistema de tratamento dos líquidos por estas coletados, tais como uma caixa sedimentadora de detritos, de filtragem por área e brita, separadora “água e óleo”, ou outro com essa finalidade.

A bacia de contenção está localizada em uma cota bem próxima a drenagem, sendo que nessas regiões normalmente a água retida demora mais para infiltrar pela proximidade do lençol freático com a superfície. Sendo assim o desenvolvimento de uma serie de bacias acumulando tanto quanto fosse possível da água escoada da área do empreendimento para aproveitamento pela própria pedreira reduziria consideravelmente a dependência da coleta na represa, que é abastecida pela drenagem. A disposição dessas bacias deveria ser de tal modo que a primeira a receber as enxurradas fosse de maior dimensão, possibilitando a sedimentação de material solido transportado, e a partir desta ocorresse o abastecimento das outras a jusante, interligadas entre si para que ocorresse com facilidade o controle de nível como medida de segurança (Figura 41).

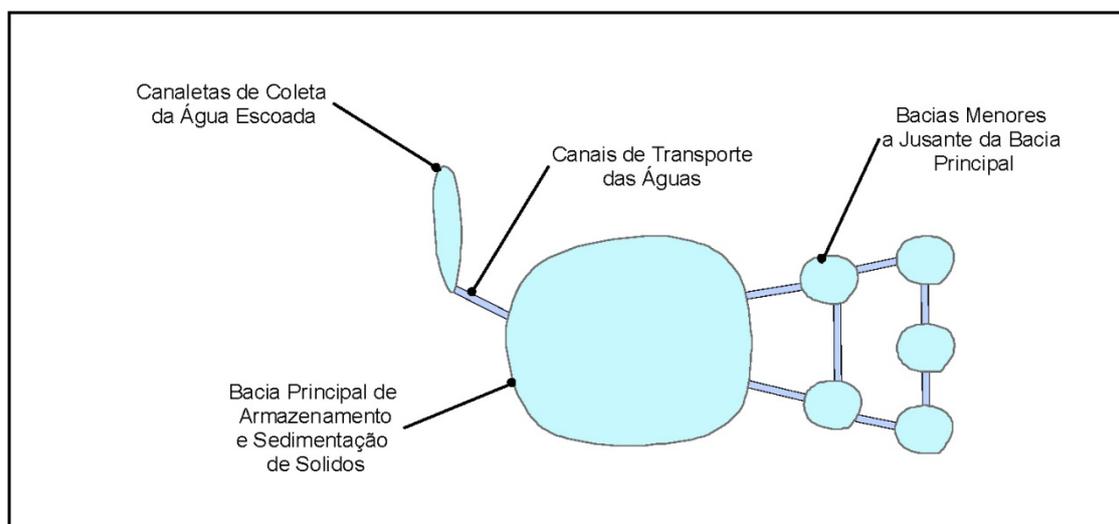


Figura 41 – Esquemática proposta das bacias de contenção e acumulação de água da pedreira

A drenagem que margeia a pedreira a sul e oeste é de pequeno porte, porém poucos metros após seu cruzamento com a estrada este deságua no córrego da Grama, que por sua vez no Ribeirão João Leite, na altura do reservatório anteriormente citado. O sistema de drenagem da mina necessita ser readequado, preferencialmente da forma como foi citada no parágrafo anterior também em função dessa proximidade com a principal fonte de água para as cidades da região. Havendo tal sequência de bacias de contenção no sistema de drenagem do empreendimento o risco de transbordamento

diminuiria consideravelmente e conseqüentemente o de assoreamento e contaminação, seja por óleos descartados da manutenção dos equipamentos ou mesmo em caso de acidentes que ocasione derramamento. A drenagem sendo atingida por contaminação de grande proporção, pela proximidade não haveria tempo hábil para intervenção, e inevitavelmente acarretaria em contaminação do reservatório do Ribeirão João Leite.

## 7.2. Solos

Durante a execução deste estudo, levantou-se a hipótese de que o particulado disperso pelos ventos pudesse alterar as características dos solos para onde é transportado e depositado. Como as rochas da região são compostas essencialmente de quartzo, feldspato e micas, trabalhou-se com a possibilidade de que esse particulado fosse constituído principalmente dos dois últimos, já que o quartzo, por ser mais resistente, ficaria com uma granulometria mais grosseira pelo resultado do processo de britagem da rocha. Os feldspatos e as micas, e suas variações, contêm em sua mineralogia o alumínio. Esse elemento é um dos responsáveis por dar naturalmente características ácidas aos solos, em função principalmente do intemperismo químico sofrido pelas rochas com tais minerais, ocasionada pelas águas das chuvas que apresentam características de ácido fraco. Sendo assim, a quebra das moléculas dos minerais e a conseqüente liberação de alumínio em estado trocável seria facilitada pela granulometria reduzida em que o particulado se encontra. Para tal averiguação foi feita amostragem de solos do entorno da pedreira anterior e posterior ao período chuvoso e encaminhado para análise química, como especificado no item Metodologia e Materiais. Pela interpretação dos resultados de tais análises (Tabelas 03 e 05) não identificou-se uma variação considerável da disposição de alumínio em estado trocável que pudessem ser imputada relação direta a esta situação descrita.

Ao contrario da resposta que se esperava encontrar pela hipótese apresentada, foi identificada um enriquecimento das bases trocáveis, sendo o caso do K e Mg os que chamam mais a atenção. Nas amostras coletadas em áreas de vegetação aberta a norte e leste da pedreira notou-se um ganho

considerável destes elementos na proporção do CTC total. Na comparação das amostras PBS 03 e PBS 03-B houve um incremento de cerca de 40% da CTC do Mg e 50% do K. Já na amostra PBS 05 para PBS 05-B encontrou-se um aumento de 10% da CTC do Mg e de 100% do K. Essas respostas encontradas são vistas positivamente, pois significam maior disponibilidade desses macronutrientes para a vegetação, seja ela cultivada ou natural, demonstrando que durante o período chuvoso esses solos não perderam elementos importantes pelo poder de lixiviação da água infiltrada.

Como apresentado na Tabela 06 os resultados do DRX do pó de rocha aponta um teor significativo de minerais com tais elementos, 4,5% de Biotita e 14,5% de Muscovita. A relação entre as análises químicas dos solos e do DRX do pó de rocha aponta que deposição do particulado oriundo da britagem na região, ao contrário do que se investigava, pode estar nutrindo os solos do entorno ao invés de aumentar a acidez e disponibilidade de Al trocável. O pó de rocha com grande proporção de feldspatos de micas, como é o caso estudado, reagiria rapidamente com as águas ( $H_2O$ ) das chuvas por estas terem certa acidez adquirida pela reação com o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) presente na atmosfera, formando o ácido carbônico fraco ( $H_2CO_3$ ). O fato deste particulado ser depositado em uma granulometria muito fina pode fazer com que alguns elementos sejam liberados primeiro que outros na reação com as águas precipitadas, sendo a variação de Ca, Mg e K mais significativa que de Al a curto prazo nestes solos.

### Recomendações

Apesar dos resultados obtidos serem positivos em relação a proporção de Al trocável e da acidez do solo, é importante que seja feito um acompanhamento corriqueiro sobre essa questão. Ao longo do tempo, como a vida útil desses empreendimentos dificilmente é inferior a uma década, mas principalmente por se tratar de um processo lento de deposição desse pó de rocha sobre o solo, há a possibilidade de se confirmar tal hipótese, sendo outros elementos liberados em uma escala de tempo maior que a investigada e acabar interferindo na acidez dos solos da região e disponibilidade de outros elementos em quantidade prejudicial a vegetação e conseqüentemente na

forma que os proprietários vizinhos a pedreira necessitariam em maneja-los. O tipo de monitoramento necessário para tal averiguação ultrapassa a escala de tempo disponível para realização deste trabalho.

Quanto ao enriquecimento dos nutrientes Ca, Mg e K recomenda-se que realize-se uma pesquisa, seja de cunho técnico ou acadêmico, mais detalhada e com um intervalo de tempo relevante para examinar se a variação é consequência realmente da deposição do particulado ou por outra situação que fugiu da perspectiva deste trabalho.

### 7.3. Poeiras

Outra questão relacionada a poeira a ser considerada é o risco a saúde que os residentes do entorno e os próprios funcionários da pedreira estão expostos.

Para aferição precisa quanto ao risco ocupacional das pessoas as poeiras recomenda-se realização da amostragem com coletor instalado no indivíduo exposto a altura de sua zona respiratória, chamado de Impactador virtual, durante todo o período a que este está exposto, normalmente utilizando a jornada de trabalho como padrão. Esse coletor é equipado com filtro para separação dos particulados nas frações inalável, torácica e respirável, segundo convenções da ACGIH/ISSO/CEN. Para caracterização das poeiras, o particulado retido é submetido à análise de DRX - Difração de Raios X. Apartir dessa é possível, por exemplo, identificar e quantificar a sílica livre cristalizada (Santos, 2007).

Para realização deste estudo, não foi possível realizar coleta conforme estabelecido pelos padrões internacionais. Sendo assim foi realizada, apenas a fim de caracterizar o particulado com precisão relativa, coleta de amostra do particulado depositado nas folhas da vegetação próxima a usina de britagem. Esta foi submetida a DRX conforme apresentado na Figura 39. Os resultados apontam a presença de 35% de quartzo, porém pelo sistema de coleta não é possível estabelecer o LEO a que os moradores do entorno nem os trabalhadores da pedreira estão submetidos, já que durante os trabalhos de

campo reslizados, poucos trabalhadores foram vistos trajando os EPI's para proteção respiratória.

#### Recomendações

Visto as situações descritas anteriormente, e apesar das dificuldades de abastecimento de água que a pedreira P enfrenta, a necessidade de um sistema de contenção de poeiras se mostra muito necessário. Além dos riscos as saúde humana e interferência nas características dos solos da região, o particulado transportado pelos ventos se deposita na pastagem e nas plantações das imediações a leste gerando contratempos aos proprietários. Foi relatado por um entrevistado a necessidade de alimentar seu rebanho com rações pela recusa dos animais a consumir a pastagem que acumula os particulados nas folhas.

#### 7.4. Fragmentos de rocha

O lançamento dos fragmentos de rochas também tange questões relacionadas a segurança e saúde da população. Apesar de haver o sistema de alarme avisando das detonações, o raio de influência projetado, de 450 metros, abrange uma área com grande numero de propriedades levando riscos tanto a segurança da população quanto de seus rebanhos, além de alto poder de gerar danos materiais nesses imóveis rurais.

#### Recomendações

Foi averiguado que a pedreira tem como padrão a realização de apenas um desmonte de rocha mensal. Dada a situação seria indicado a realização de maior quantidade de desmontes ao longo do mês, cada um com menor poder de fogo, diminuindo proporcionalmente o poder de lançamento de rochas e seu conseqüente risco. Esse redimensionamento dos planos de fogos poderia contribuir a reduzir também com a propagação de ondas sísmicas decorrentes das detonações. Foi averiguado na fase de entrevistas com a população a ocorrência de rachaduras em paredes de residências, atribuídas pelos moradores como conseqüência das detonações na pedreira. Sendo assim, a incidência das vibrações ao longo do tempo tende a prejudicar cada vez mais

as estruturas das residências e demais obras, podendo conferir riscos a sua ocupação.

### 7.5. Demais Impactos

Além dos impactos já abordados, foram identificados ou apontados através de entrevistas com residentes outros impactos, tais como tráfego de veículos que transportam os produtos da pedreira em alta velocidade na via que dá acesso a mesma; propagação de ruídos na vizinhança próxima; degradação da paisagem local.

A via de acesso que liga o empreendimento a rodovia BR-060 atualmente encontra-se pavimentada em boas condições de tráfego. Como os caminhões que transportam os produtos vendidos pela pedreira P não são de propriedade da mesma, tal como os motoristas não são seus funcionários, há uma dificuldade na implantação de medidas educativas e repressivas para que estes trafeguem com velocidades reduzidas. Sendo assim, como a manutenção desta via de acesso é realizada pela empresa proprietária da pedreira P, recomenda-se que seja implantada ao longo desta uma série de lombadas redutoras de velocidade, com suas respectivas sinalizações.

Como já foi abordado neste trabalho, uma das medidas mais eficazes de combate e controle dos impactos ambientais de diversas origens, é a revegetação e/ou implantação de cortina arbórea no entorno dos empreendimentos. No caso da pedreira P, a implantação de vegetação no entorno onde ainda não há, e adensamento nas áreas onde já existe vegetação seria muito benéfica. O isolamento da área por uma cerca vegetal densa amenizaria a sensação, por parte da população, de degradação da paisagem, amenizando o desconforto visual. Além da questão estética, essa vegetação funcionaria como barreira aos ruídos oriundos da usina de beneficiamento da rocha e da movimentação de veículos no interior do empreendimento, e aos particulados transportados pelos ventos até a altura da mesma. Representaria também um ganho muito positivo para os solos da região, que sofreram bastante com interferências como desmatamento e compactação, e para o sistema hídrico subsuperficial, já que a presença de vegetação propicia maior

capacidade de infiltração de água nos solos e os protege contra a perda da umidade para a atmosfera.

## 8. Conclusões

Os resultados alcançados pelo trabalho mostram que o empreendimento estudado apresenta uma relação bastante diversa e significativa de riscos e impactos ambientais e sociais negativos. A metodologia utilizada para avaliação histórica, via sensoriamento remoto, possibilitou o prévio conhecimento do empreendimento e da forma como ele se apropriou do espaço que ocupa, direcionando as visitas a em campo e otimizando-as.

Entre os impactos ambientais negativos detectados na pesquisa, alguns foram considerados mais significativos e dado maior destaque.

Ao longo do tempo os solos sofreram diversas interferências, como compactação, decapeamento e aterro, para que fosse possível a exposição e exploração da jazida, construção das instalações da usina, vias de acesso e demais obras. Esses fatos por si só que acabam por alterar consideravelmente questões como capacidade de infiltração de água e disponibilidade para a vegetação e para reabastecimento do lençol freático e drenagens. Uma consequência identificada dessa alteração do solo foi o desenvolvimento de uma grande erosão.

As drenagens a jusante da área da pedreira estão muito sujeitos a impactos negativos, como contaminação e rebaixamento de seu nível natural já que estas são usadas como fonte de abastecimento da água necessária para o empreendimento. Outro dano ambiental bastante significativo foi oriundo da erosão anteriormente citada. As partículas do solo desagregadas foram transportadas para o leito de uma drenagem que margeia e limita a propriedade da pedreira estudada, assoreando-a junto a uma represa nesta construída.

Ainda no âmbito do sistema hídrico, outro fato identificado que tem poder de impactar não só as drenagens próximas mas também a represa do Ribeirão João Leite, é o constante risco de derramamento de óleos oriundos da manutenção e abastecimento dos veículos da pedreira. Ocorrendo tal derramamento, as enxurradas posteriores a precipitações, que são contidas

por um sistema de drenagem subdimensionado, tem poder de transportar tais poluentes. Havendo um vazamento ou rompimento em função da sobrecarga da bacia de contenção deste sistema, este óleo, ou outro contaminante, seria transportado para uma drenagem próxima, representando risco de contaminação também a represa do sistema de abastecimento de água do Ribeirão João Leite, na qual esta deságua. Este tipo de contaminação poderia prejudicar o fornecimento de parte da região metropolitana de Goiânia, já que interferiria na qualidade da água desta represa impedindo seu aproveitamento.

As análises químicas dos solos da região de entorno da pedreira demonstram padrões bastante característicos da região em que estão inseridos, considerando relevo, tipo de uso do solo atual e rocha de origem. Os resultados também não demonstraram interferências significativas da deposição das poeiras oriundas do beneficiamento da rocha. Porém, para que a questão seja elucidada com maior nível de confiança, é necessário que se acompanhe tal questão em uma escala maior de tempo.

Se o pó de rocha não demonstrou grande interferência nas características dos solos, a análise DRX demonstrou que este possui uma alta concentração de minerais ricos em sílica, o que sugere o significativo risco ocupacional, como de desenvolvimento ou agravamento de doenças de origem respiratórias, a que a população e os operários da pedreira estão expostos.

Outro risco a que a população circunvizinha está sujeita é o ultralancamento de fragmentos de rochas decorrentes das detonações para desmonte das frentes de lavra. Esta questão foi item muito destacado pelos moradores entrevistados, podendo acarretar risco a sua segurança pessoal e de seus bens, como casas, currais, veículos e animais. Foi estipulada como área de risco uma margem de 450 metros de raio do local das frentes de lavra.

Os resultados da avaliação ambiental do empreendimento apontam a necessidade de implementação de algumas medidas a fim de mitigar os impactos encontrados e evitar outros possíveis, entre elas a necessidade de construção de uma infraestrutura adequada para armazenar os óleos descartados; readequação da oficina/garagem e do posto de abastecimento com a construção de paredes laterais, instalação e ampliação da área coberta

e barreiras de contenção no piso para evitar o transporte de resíduos pelas enxurradas; readequar o projeto de desmonte de rochas, reduzindo o poder de fogo e distribuindo-o em várias seções durante o mês; readequar a bacia de contenção do sistema de drenagem da mina com a implantação de mais bacias subsequentes a existente a fim de evitar transbordamentos e possíveis contaminações e assoreamentos nas drenagens próximas; implementação de um sistema de contenção de poeiras na área da usina de britagem.

## 9. Considerações Finais

Este trabalho acadêmico, por ter uma perspectiva multidisciplinar, buscou aplicar uma visão horizontalizada e com abrangência geral sobre os impactos socioambientais do empreendimento. Sendo assim, além dos resultados alcançados, é possível apontar algumas possibilidades de estudos de projetos acadêmicos futuros de graduação, mestrado ou doutorado. Entre eles pode se destacar a influência do pó de rocha nos solos da região da pedreira P; a influência na saúde e qualidade de vida dos trabalhadores e moradores vizinhos a pedreiras; Avaliação do arranjo produtivo da mineração de agregados para construção civil em na região de Goiânia; entre diversas outras possibilidades.

Utilizando os resultados desse estudo de caso pode-se projetar o potencial que uma certa quantidade desses empreendimentos tem de gerar impactos, já que normalmente há uma grande concentração destes em regiões com alta demanda dos agregados para construção civil como os grandes centros urbanos, a exemplo da região metropolitana de Goiânia. Sendo assim é importante que ao se avaliar os riscos socioambientais desse setor da mineração, ao invés de considerar os empreendimentos de modo avulso passe a considerar como um arranjo produtivo, levando-se em conta aspectos de localização e sua concentração e distribuição na região, aspectos econômicos da zona rural local, proximidade com áreas urbanas, parques ecológicos e mananciais importantes, principalmente por considerar a possibilidade de que esses empreendimentos se concentraram conseqüentemente nas mesmas bacias hidrográficas sendo que os riscos ambientais não se restringiriam somente aos municípios onde estão instalados e sim a vastas regiões a jusante.

A opção escolhida para o desenvolvimento deste trabalho se mostrou muito positiva, pois através do estudo de caso foi possível verificar na prática como uma mineradora de agregados para a construção civil de porte médio atua e gera impactos sobre o meio. O fato é que infelizmente esse tipo de empreendimento mineral acaba não tendo toda a atenção que deveria dos

órgãos fiscalizadores competentes por serem corriqueiramente empreendimentos de porte reduzido, por terem um processo de beneficiamento simples e por gerarem rejeitos quase sempre inertes no ambiente. Logicamente os impactos propensos a se desenvolverem em função das atividades de uma pedreira tem dimensões reduzidas se comparadas a mineradoras de grande porte ou a outros setores industriais, porém foi possível verificar que os riscos estão sempre presentes e o setor merece ser melhor fiscalizado quanto aos deveres e obrigações imputadas.

## 10. Referências Bibliográficas

ABADI E SILVA, Luis Antonio. **Estudo da efetividade de barreiras de amortecimento no controle de vibrações geradas pelo desmonte com explosivos em mina de carvão à céu aberto**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

ABDON, Myrian de Moura.. **Os impactos ambientais no meio físico - erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas**. São Paulo: ABNT, 2004. 9 p

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ALMEIDA, Maurício Rios de and LIMA, Hernani Mota de. **Garantia financeira para fins de fechamento de mina e o seu impacto na viabilidade de uma mina: estudo de caso de uma mina de grande porte**. *Rem: Rev. Esc. Minas* [online]. 2008, vol.61, n.2, pp. 203-209.

ALMEIDA, Raquel Olímpia Peláez Ocampo; SANCHEZ, Luis Enrique. **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho**. *Revista Árvore*. 2005, vol.29, n.1, pp. 47-54.

ALMEIDA, Raquel Olímpia Peláez Ocampo; SANCHEZ, Luis Enrique. **REVEGETAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS: ESTUDO DOS PROCEDIMENTOS APLICADOS EM MINERAÇÕES DE AREIA**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, São Paulo, 2002.

AUGUSTIN, C. H. R. R. ; ARANHA, P. R. A. . **Piping em Área de Voçorocamento, Noroeste de Minas Gerais**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 1, p. 9-18, 2006.

ANDRADE, Manuel Correia de. **Mineração no nordeste: depoimentos e experiências**. Brasília, DF: CNPq, Assessoria Editorial e Divulgação Científica, 1987.

BACCI, Denise de La Corte et al. **Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas: parte II**. *Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto* , v. 56, n. 2, 2003.

BAÊTA J.r., J.D.A. et al. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Folha SE.22-X-B, Goiânia, GO**. Brasília, DF. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1999.

BARROS, Yara Jurema et al. **Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: II - Mesofauna e plantas**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 2010, vol.34, n.4, pp. 1413-1426.

BERTACHINI, Antônio C.; ALMEIDA, D. C. de. **O Rebaixamento do Nível D'água em Mineração e Obras Civis**. *In: I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. XIII Encontro Nacional dos Perfuradores de Poços*, p. 19-28, 2003.

BORGES, Leandro Augusto de Freitas. **Gerenciamento ambiental de projetos de mineração: um estudo de caso**. 2009. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Mineral. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral.

BORTOT, Adhyles. **O uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de Impactos Ambientais e na gestão Ambiental na Mineração do Carvão-Estudo de caso-Mina do Trevo, Rio Albina, Município de Siderópolis, SC**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

BRASIL, C. F.; REZENDE, L. A. de; FERREIRA, M. A. de P; BARBOSA, V. H. D.; LEITE, E. B; **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**, 2009. Disponível em [http://www.brasilminingsite.com.br/includes/modulos/mdl\\_artigo/exibir\\_artigo.php?id=53](http://www.brasilminingsite.com.br/includes/modulos/mdl_artigo/exibir_artigo.php?id=53), Acesso em 10/11/2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro 2010**. Brasília: DNPM, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Balanço Mineral Brasileiro**. Brasília, DNPM, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba : MINEROPAR, 2004.

BRAZ DE SOUSA, S.; **Impactos da Implantação da Barragem no Ribeirão João Leite Sobre a Oferta de Hortifrutí na Grande Goiânia**. *Boletim Goiano de Geografia* (Online), v. 33, p. 155-176, 2013.

CAMELO, M. S. M. **Fechamento de mina: análise de casos selecionados sob os focos ambiental, econômico e social**. Ouro Preto: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2006. 107f. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, J. C. **Processos erosivos no centro-oeste Brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

CASTRO, Maíra Fonseca Moreira; LIMA, Hernani Mota de and FLORES, José Cruz do Carmo. **Overview of mine closure in Minas Gerais, Brazil.** *Rev. Esc. Minas* [online]. 2011, vol.64, n.2, pp. 205-211

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23> .Acesso em: 08 de outubro de 2014.

CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 33p.

CPRM/SIC-FUNMINERAL, **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal.** Org. Maria Luiza Osório Moreira, Luiz Calos Moreton, Vantederlei Antônio de Araújo, Joffre Valmório de Lacerda Filho, Heitor Faria da Costa. Escala 1:500.000. Goiânia:,2008. Disponível em [http://www.sieg.go.gov.br/produtos/IMB.asp?cd\\_produto=3&assunto=Geologia&tema=Falhas&abrangencia=SD.22-X-C&cod=1949](http://www.sieg.go.gov.br/produtos/IMB.asp?cd_produto=3&assunto=Geologia&tema=Falhas&abrangencia=SD.22-X-C&cod=1949) Acesso em 22/10/2012.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, Balanço Mineral Brasileiro, Brasília, 2001 – **Agregados para construção civil** (Fernando Mendes Valverde) – DNPM. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/agregados.pdf>. Acesso em 03 de Junho de 2012.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, Balanço Mineral Brasileiro, Brasília, 2001 – **Caulim** (Sebastião Pereira da Silva) – DNPM. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/caulim.pdf>. Acesso em 12 de março de 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Reunião de correlação, classificação e aplicação de levantamentos de solos da região Centro-Oeste – RCC-GO/MT.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 104p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

ESPOSITO, Terezinha de Jesus; DUARTE, Anderson Pires. **Classificação de barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais em relação a fatores de risco.** *Rev. Esc. Minas.* 2010, vol.63, n.2, pp. 393-398.

FALEIRO, Flávio Fernandes. **Aspectos da Mineração e Impactos da exploração de Quartzito em Pirenópolis – GO.** Monografia de Conclusão de Curso apresentada para o título de Bacharel em Geografia, UFG. Goiânia, 2010.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes Farias. **Mineração e meio ambiente**. Relatório preparado para o CGEE, PNUD – Contrato 2002/001604. Disponível em <http://www.cggee.org.br/arquivos/estudo011-02.pdf>. Acesso em 02 de março de 2011.

FAVERO, Claudenir; LOVO, Ivana Cristina; MENDONÇA, Eduardo de Sá. **Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. *Rev. Árvore*. 2008, vol.32, n.5, pp. 861-868.

FERNANDES, P. A. ; PESSOA, V. L. S. . **O CERRADO E SUAS ATIVIDADES IMPACTANTES: UMA LEITURA SOBRE O GARIMPO, A MINERAÇÃO E A AGRICULTURA MECANIZADA**. *Revista Eletrônica de Geografia*, v. 3, p. 19-37, 2011.

FERREIRA, G. C. ; DAITX, E. C. ; DALLORA NETO, C. . **Impactos Ambientais Associados a Desmonte de Rocha com Uso de Explosivos**. *Geociências (São Paulo)*, v. 25, p. 467-474, 2006.

FERREIRA, Mariana Cassiano; FREIRE, Priscyla; OLIVEIRA, Tais Pereira; ZANELLA, Bruno Pavanelli. **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas. Fazenda Frei Galvão – Ribeirão Guaratinguetá – Guaratinguetá/SP**. 2009. Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual Paulista – campus Guaratinguetá.

FILIZOLA, Heloisa Ferreira; ALMEIDA FILHO, Gerson S. de; CANIL, Kátia; SOUZA, Manoel Dornelas de; GOMES, Marco Antonio Ferreira. **Controle dos processos erosivos lineares, ravina e voçorocas, em área de solos arenosos**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2011. 7p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 22)

FRITZSONS, Elenice et al . **A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense**. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, Setembro, 2009.

GUERRA, A. J. T. ; BOTELHO, R. G. M. . **Erosão dos Solos**. In: SANDRA BAPTISTA DA CUNHA; ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA. (Org.). *Geomorfologia do Brasil*. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, v. 1, p. 181-227.

GONÇALVES, R. M. G.; GIANNOTTI, E.; GIANNOTTI, J.; SILVA, A. A.. **Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP**. *Revista do Instituto Florestal*, v. 17, p. 73-95, 2005.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 04).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro-RJ. IBGE, 2010. Disponível em <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 28 de setembro de 2013.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mineração & município: bases para planejamento e gestão de recursos minerais.** Coord. Luiz Carlos Tanno, Ayrton Sintoni. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.

JULIANO, Katia Aparecida; GIUSTI, Donizeti Antônio; MURATORI, Ana Maria. **Aspectos legais da degradação de solos em áreas de preservação permanente em mineração de areia no médio Iguçu.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 2008, vol.32, n.2, pp. 905-909.

KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO Jr., A. **Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 6, Anais... Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990.

LATRUBESSE, E. M. ; CARVALHO, T.M. . **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás.** 2005.

LATRUBESSE, E. M. ; CARVALHO, T.M. . **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás.** 2006.

LIMA, Hernani Mota de; FLORES, José Cruz do Carmo and COSTA, Flávio Luiz. **Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo.** *Rev. Esc. Minas.* 2006, vol.59, n.4, pp. 397-402.

LIMA, Valdivino Borges de. **Minérios e Mineração: A rigidez locacional e a exploração industrial.** In: IX EREGEO – Encontro Regional de Geografia. Novas territorialidades – integração e redefinição regional. Porto Nacional, junho de 2005.

LIMA, Walter de Paula. **As florestas e a Poluição do Ar.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Departamento de Silvicultura da E.S.A.L.Q.-USP. Piracicaba. 1980.

LOPES, L. M. ; CASTRO, S\_ S\_ de; **Compartimentação morfopedológica da microbacia do córrego Carapina, município de Goianópolis, Go..** *Geografia (Rio Claro)*, v. 29, p. 169-188, 2004.

Luz, Adão B. ; LINS, Fernando Freitas. **Introdução ao Tratamento de Minérios.** In: Adão B. Luz; João A. Sampaio e Silvia Cristina A. França. (Org.). *Tratamento de Minérios - Quinta Edição.* 5ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010, v. 1, p. 3-18

MACEDO, Alexandre José Buril de; BAZANTE, Arlindo José; BONATES, Eduardo Jorge Lira. **Seleção do método de lavra: arte e ciência.** *Rev. Esc. Minas, Ouro Preto* , v. 54, n. 3, July 2001.

MAGALHÃES, R. A. . **Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle**. In: VII Simpósio nacional de Controle de Erosão, 2001, Goiânia. Anais do VII SNCE, 2001

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. *Estud. av.* 2010, vol.24, n.68, pp. 209-220.

MENEZES, C. T. B.; SANTO, E. L.; RUBIO, J.; DA ROSA, J. J.; LEAL F<sup>o</sup>, L. S.; GALATO, S. L.; IZIDORO, G. **Tratamento de denagem ácida de mina: Experiência da Carbonífera Metropolitana**. XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Florianópolis-SC. Anais., p. 599-608. 2004.

MIRANDA, Jussara de Souza; SALVADOR, Aparecida Rosa. **Recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: IETEC, 2007.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Texto básico sobre impactos ambientais no setor de extração mineral**. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. Brasília – DF. Abr/2001.

MOREIRA, M. L. O. et al. **Geologia do estado de Goiás e do Distrito Federal: Texto explicativo do mapa geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

MOREIRA LIMA, M. M. T. ; CAMARINI, G. . **Silicose em trabalhadores do setor cerâmico: Avaliação da poeira em processos de fabricação de revestimentos cerâmicos**. Revista UNIVAP, v. 16, p. 2451-2454, 2006.

MOTTA, P. E. F. ; CARVALHO FILHO, A. ; KER, João Carlos ; PEREIRA, N. R. ; CARVALHO JUNIOR, W. ; BLANCANEUX, P. . **Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n.6, p. 869-878, 2002.

MOYSÉS, A. . **POSSIBILIDADES E DIFICULDADES NA GESTÃO DO ESPAÇO METROPOLITANO DE GOIÂNIA**. CDROM - II Seminario Internacional de Rideal: Nuevas tecnologías, redes, competitividad: reestructuración metropolitana y gobernabilidad, PUC-Santiago do Chile, v. 1, p. 00-20, 2003.

MULLER, Marcelo Marques Lopes; GUIMARAES, Maria de Fátima; DESJARDINS, Thierry; MARTINS, Paulo Fernando da Silva. **Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes**. *Pesq. agropec. bras.* 2001, vol.36, n.11, pp. 1409-1418.

NBR 9653. **Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas (Procedimento)**. 2<sup>o</sup> ed. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. 1989.

NUNES, E. D. ; ROMÃO, P. A. . **Processos Erosivos Lineares em Goiânia: Uma Avaliação no Período de 1992 A 2007 com Base na Compartimentação em Bacias Hidrográficas**. In: XVI ENG - 2010 - XVI Encontro Nacional de Geógrafos, realizado em Porto Alegre - RS, 2010. **CRISE, PRÁXIS E AUTONOMIA: ESPAÇOS DE RESISTÊNCIA E DE ESPERANÇAS**, 2010, Porto Alegre. Anais do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros, 2010.

OLIVEIRA, Ana Paula Almeida de.: LUZ, Adão Benvindo da. . **Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração**. CETEM/MCT. Rio de Janeiro. 2001.

OLIVEIRA, V. A. de ; SANTOS, H.G. dos . **Reunião de Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos da Região Centro-Oeste RCC - GO/MT**. 2004.

OLIVEIRA, E. M. de. **Impacto ambiental na exploração de pedreiras: contribuição para uma prática sustentável**. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geologia para o Ensino)-Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2006.

OLIVEIRA, P. L. ; ECHEVERRÍA, A.R ; LUZ, M.P . **O Trabalhador da Indústria da Mineração da Região Metropolitana de Goiânia e o se Ambiente de Produtivo: Diagnóstico para a Sugestão de Metodologias de Educação Ambiental**. Anais do ... Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2009.

PANIZZA, A. de C.; FONSECA, F. P.; **Técnicas de interpretação visual de imagens**. Geosp (USP), v. 30, p. 30-43, 2011.

PRADO FILHO, José Francisco do; SOUZA, Marcelo Pereira de. **O licenciamento ambiental da mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais: uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs**. *Eng. Sanit. Ambient.* 2004, vol.9, n.4, pp. 343-349.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. **CONTROLE E RECUPERAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS COM TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia, 2001

PICARELLI, Simone; KOPPE, Jair Carlos; COSTA, João Felipe Coimbra Leite; LUFT, Cláudio F.. **Adequação da lavra de caulim às diretrizes ambientais**. *Rev. Esc. Minas*. 2008, vol.61, n.2, pp. 179-184.

PONTES.J.C. ; ROLIM FILHO, José Lins ; SILVA, J. A. L. ; MEDEIROS, M. C. S. ; LIMA, V. L. A.. **Desmonte de rocha com técnicas de produção mais limpa: uma contribuição para a saúde do trabalhador**. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 22, p. 33-47, 2012.

PORMIN, **Recuperação de Áreas Degradadas e Fechamento de Minas**, MME. Ministério de Minas e Energia. 2008. Disponível em: <[http://www.pormin.gov.br/biblioteca/arquivo/recuperacao\\_areas\\_degradadas\\_e\\_fechamento\\_minas.pdf](http://www.pormin.gov.br/biblioteca/arquivo/recuperacao_areas_degradadas_e_fechamento_minas.pdf)>. Acesso em 13/11/2013

REGENSBURGER, Brigitte; COMIN, Jucinei José; AUMOND, Juarez José. **Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperar áreas degradadas.** *Cienc. Rural.* 2008, vol.38, n.6, pp. 1773-1776.

REIS, Renato Capucho; SOUSA, Wilson Trigueiro de. **Métodos de lavra de rochas ornamentais.** Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 56, n. 3, July 2003.

RIANI, Josiani Costa; PINA, Pablo dos Santos; LEAO, Versiane Albis. **Tecnologia limpa para redução de impacto ambiental do cianeto na mineração de ouro.** *Rev. Esc. Minas.* 2007, vol.60, n.1, pp. 21-28.

RIBEIRO, Admilson Írio. **Mecanização no preparo de solo em áreas degradadas por mineração na Floresta Nacional do Jamari-RO,** Tese defendida na Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP para título de Doutor em Engenharia Agrícola, 2006.

RIBEIRO, Admilson Írio et al. **Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo.** *Acta Amaz.,* Manaus, v. 36, n. 1, Mar. 2006.

RODRIGUES, Graciela B.; MALTONI, Kátia L.; CASSIOLATO, Ana Maria R.. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado.** *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2007, vol.11, n.1, pp. 73-80.

RONQUIM, C. C. . **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 (Documento).

SANCHEZ, Luis Enrique. **Planejamento para o fechamento prematuro de minas.** Rem: Rev. Esc. Minas [online]. 2011, vol.64, n.1, pp. 117-124.

SANTOS, A. M. A. **Exposição ocupacional a poeiras em marmorarias: tamanhos de partículas característicos. 2005.** Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas), Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SANTOS, A. M. A. ; CANCADO, R. Z. L.; ANJOS, R. M. ; AMARAL, N. C. ; LIMA, L.C.A. . **Características da exposição ocupacional a poeiras em marmorarias da cidade de São Paulo.** *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional,* v. 32, p. 11-23, 2007.

SANTOS, C. M. ; SANTOS, P. L. V. A. C.; **Precisão dos dados cartográficos disponíveis na web através da imagem do Google Earth.** In: Encontro Internacional de Dados, Informação e Tecnologia (DIT), 2013, Marília. UNESP, 2013. v. 1.

SANTOS, G. C. G. dos; RODELLA, A. A.; **Efeito da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de Brassica juncea.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2007, vol.31, n.4, pp. 793-804.

SATO, E. N. ; ALMEIDA, T. I. R. ; DIAS, V. M.; YAMAMOTO, J. K. . **Identificação de assinaturas geofísicas de ambientes de ocorrência de formações ferríferas a**

**partir da utilização de estatísticas multivariadas.** Revista Brasileira de Geofísica (Impresso), v. 29, p. 787-800, 2011.

SILVA, A. C. ; VIDAL, M. ; PEREIRA, M. G. . **Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim.** Revista da Escola de Minas, v. 54, n. 2, p. 60-65, 2001.

SILVA, Gustavo Alexandre. **Diagnóstico do setor de agregados para a construção civil na região metropolitana de Natal – RN.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2012. Recife, 2012.

SILVA, H. H. A. B. da. **Caracterização mineralógica e filiação da vermiculita da mina cerrado III - Sanclerlândia-GO.** Brasília: UnB, 2006. 63 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, 2006.

SILVA, L. A. A. e; **Estudo da Efetividade de Barreiras de Amortecimento no Controle de Vibrações Geradas pelo Desmonte com Explosivos em Mina de Carvão à Céu Aberto.** 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVA, Lucas C. R.; CORREA, Rodrigo S.. **Evolução da qualidade do substrato de uma área minerada no cerrado revegetada com Stylosanthes spp.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 14, n. 8, 2010.

SILVA, Marcos Pedro da; ROCHA, Cleonice. **Caracterização da mineração aurífera em Faina, Goiás, em um contexto ambiental histórico e atual.** *Ambient. soc.* 2008, vol.11, n.2, pp. 373-388.

SPATHELF, Peter; SELING, Irene; BORGES, Rosito Zepenfeld. **Avaliação econômica da recuperação de áreas mineradas na empresa Copelmi Mineração S.A., Butiá, RS, Brasil.** *Cienc. Rural.* 2001, vol.31, n.5, pp. 881-883.

TEIXEIRA, N. C. ; GUIMARAES, C. D. C. . **Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil.** Saberes Interdisciplinares, v. 10, p. 73-92, 2012.

TOSCAN, Luciano; KAUTZMANN, Rubens Müller; SABEDOT, Sydney. **O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema.** *Rev. Esc. Minas.* 2007, vol.60, n.4, pp. 657-662

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Recuperação de áreas degradadas.** 2001. Disponível em: <[http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos\\_ambientais/ea14.html](http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos_ambientais/ea14.html)>. Acesso em: 22 de agosto de 2014.

WADT, P. G. S. ; PEREIRA, J. E. P. ; GONÇALVES, R. C. ; SOUZA, C. B. da C. de ; ALVES, L. da S. . **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003 (Documento Técnico).

## 11. Anexo I – Questionário de Entrevista com Moradores

Quanto ao imóvel rural **Nome do Entrevistado:** \_\_\_\_\_

1. Qual o tipo de vínculo do entrevistado com o imóvel? (proprietário, posseiro, funcion.)

\_\_\_\_\_

1. Qual a principal tipo de uso da propriedade rural? (ex. pecuária, agricultura, lazer, etc.)

\_\_\_\_\_

2. Considera positivo ou negativo a presença da pedreira próxima à propriedade?

\_\_\_\_\_

Quanto a pedreira.

1. As atividades da pedreira causam algum contratempo ao seu dia-dia ou interferem no seu bem-estar? Descreva-os (ex. ruídos, poeiras, vibrações, etc.).

( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. A empresa mantém algum tipo de dialogo com a população instalada nas proximidades a fim de saber se causa algum impacto?

( ) Sim ( ) Não

3. A pedreira causa ou já causou algum impacto ambiental em sua propriedade? Qual?

( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Sabe de algum caso de dano ambiental causado pela pedreira em alguma propriedade ou drenagem próxima? Descreva.

( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. As detonações na pedreira já causaram algum dano em sua residência ou alguma obra na propriedade rural?

( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Os ruídos do funcionamento da mina e/ou do transito de veículos pesados causam problemas quanto a criação de animais?

( ) Sim ( ) Não