



Universidade Federal de Ouro Preto
Mestrado Profissional
Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental



Núcleo de Pesquisas e Pós-graduação em Recursos Hídricos
PROAGUA

Dissertação

DO PASSIVO PASSADO AO ATIVO PRESENTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wilson José Guerra

Co-orientador: Geólogo Kerley Wanderson Andrade

Carlos Diniz Murta Filho

Ouro Preto, MG

2018

Carlos Diniz Murta Filho

DO PASSIVO PASSADO AO ATIVO PRESENTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wilson José Guerra

Co-orientador: Geólogo Kerley Wanderson Andrade

Ouro Preto, MG

2018

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M979d Murta Filho, Carlos Diniz .
Do passivo passado ao ativo presente. [manuscrito] / Carlos Diniz Murta Filho. -
2019.

174 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Wilson José Guerra.

Coorientador: Prof. Me. Kerley Wanderson Andrade.

Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto.
Núcleo de Pesquisas e Pós-graduação em Recursos Hídricos. Programa de
Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental.

Área de Concentração: Ambientometria.

1. Responsabilidade ambiental. 2. Degradação ambiental. 3. Recuperação
ecológica . I. Murta Filho, Carlos Diniz . II. Andrade, Kerley Wanderson. III. Guerra,
Wilson José. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 502/504

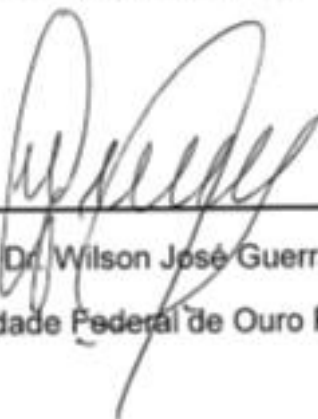
Universidade Federal de Ouro Preto

Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental

Do Passivo Passado ao Ativo Presente.

Carlos Diniz Murta Filho

Dissertação defendida e aprovada, em 22 de maio de 2019, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Wilson José Guerra
Universidade Federal de Ouro Preto



Prof. Dr. Adilson Curi
Universidade Federal de Ouro Preto



Prof.ª. Dr.ª. Carla Maria Mendes Lacerda
Instituto Federal de Minas Gerais

Dedico, em especial, este trabalho a minha mãe, que tanto queria ver esta dissertação finalizada. Apesar de ter partido, ela estará sempre em meu coração. E ao Theo, meu querido filho, que esta dissertação possa lhe servir de inspiração para incentivo aos seus estudos.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar nesse nível sem o precioso apoio de várias pessoas. Primeiramente, agradeço a Deus por estar sempre comigo, me guiando, dando força e sabedoria para driblar as dificuldades, o cansaço e as incertezas. Chegar até aqui não foi fácil, dados os percalços que a vida nos reserva.

Um agradecimento especial a minha mãe, Alzira Antunes Diniz, que foi uma incentivadora de todas as horas, enquanto esteve presente.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Doutor Wilson José Guerra, pessoa que tanto admiro e respeito, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que me orientou neste trabalho.

Agradeço igualmente ao meu primeiro orientador, Professor José Fernando Miranda, pela imensa paciência que teve enquanto me orientava e por muito ter me auxiliado nesta empreitada.

Ao Geólogo Kerley Wanderson Andrade, meu co-orientador, agradeço por compartilhar sua sabedoria, pela paciência e pelas horas disponíveis.

À Débora dos Passos Laia, que carinhosamente disponibilizou seu precioso tempo para fazer a revisão linguístico-gramatical.

À FERROUS RESOURCES DO BRASIL S/A, proprietária da Empresa de Mineração Esperança S/A – EMESA, que apoiou a presente dissertação.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

A mineração e todas as atividades a ela aliadas são, ainda, consideradas uma das maiores responsáveis pela degradação do meio ambiente. As atividades exploratórias de minério de ferro na região da Serra das Farofas, também conhecida como Serra do Itatiaiuçu, localizada no Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais, vêm sendo desenvolvidas desde a década de 30 e, frequentemente, foram executadas sem nenhum controle de ordem ambiental, o que culminou por transformar extensas áreas degradadas em passivos ambientais. Neste contexto, este estudo destaca a área da Mina Esperança situada nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, considerada um dos maiores passivos ambientais do Quadrilátero Ferrífero, tendo em vista o estado de abandono e degradação em que se encontrava essa antiga área de exploração de minério de ferro. Com a aquisição da Mina Esperança pela Ferrous Resources do Brasil S/A no ano de 2007, iniciou-se um relevante trabalho de recuperação ambiental na área, demonstrando que as atividades exploratórias podem e devem caminhar paralelamente com as atividades de recuperação das áreas degradadas por empresas engajadas e comprometidas com a responsabilidade ambiental.

Palavras-chave: Responsabilidade ambiental. Áreas degradadas. Recuperação ambiental.

ABSTRACT

Mining and all associated activities continue to be considered a main source of environmental degradation. Exploratory iron ore mining has been ongoing in the Serra das Farofas, also known as Serra do Itatiaiuçu, of the Quadrilátero Ferrífero, State of Minas Gerais, since the 1930s, and has been frequently executed without any control. This has culminated in the transformation of large degraded areas into environmental liabilities. In this context, the former iron ore exploitation area of the Esperança Mine, located in the municipalities of Brumadinho and São Joaquin de Bicas, considered one of the greatest environmental liabilities of the Quadrilátero Ferrífero, due to its state of abandonment and degradation. With the purchase of the Esperança Mine by Ferrous Resources do Brasil S.A. in 2007, an important environmental recovery began in the area. This recovery demonstrated that exploratory activities can and should be carried out in parallel with remediation activities in degraded areas, by companies engaged and committed to environmental responsibility.

Keywords: Environmental liability. Degraded areas. Environmental recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Mina Esperança e das poligonais do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que compõem o empreendimento.....	38
Figura 2 – Localização da Mina Esperança.....	38
Figura 3 – Vias de acesso ao empreendimento partindo-se de Belo Horizonte	38
Figura 4 – Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero	39
Figura 5 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	39
Figura 6 – Modelo digital de terreno da região do Quadrilátero Ferrífero, mostrando a expressão fisiográfica da Serra do Curral, com seus pontos culminantes: I – Pico do Itatiaiuçu; B – Pico Belo Horizonte; P – Serra da Piedade. Na caixa em amarelo, encontra-se destacada a área do segmento oeste da Serra do Curral	42
Figura 7 – Seção geológico/estrutural esquemática da porção oeste do Quadrilátero Ferrífero	43
Figura 8 – Denominação fisiográfica das Serras do Quadrilátero Ferrífero, destacando a Serra das Farofas, onde se localiza a EMESA	46
Figura 9 – Perfil topográfico e geológico da Serra do Curral no trecho da Serra de Igarapé evidenciando a compartimentação geomorfológica dos terrenos	47
Figura 10 – Bacias hidrográficas e drenagens da área onde se localiza a EMESA	48
Figura 11 – Localização do empreendimento segundo as características dos solos da Embrapa.....	49
Figura 12 – Classificação climática do Brasil, segundo Koppen – A Mina Esperança está identificada pela seta vermelha	55
Figura 13 – Atuação dos Sistemas Frontais (SF) que são acompanhados por anticlones de origem polar em escala sinótica	56
Figura 14 – Atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em escala sinótica e em escala regional para a região de Brumadinho....	57
Figura 15 – Representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região	58
Figura 16 – Comportamento climatológico da precipitação (mm).....	59
Figura 17 – Comportamento climatológico da precipitação (mm) máxima em 24 horas	60
Figura 18 – Estação Melo Franco – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III	64
Figura 19 – Estação Ibirité – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III	64
Figura 20 – Estação B. Chaves – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III	64

Figura 21 – Estação Fazenda Vista Alegre – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III.....	64
Figura 22 – Estação Fazenda Curralinho – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III.....	64
Figura 23 – Comportamento climatológico das temperaturas médias, máximas e mínimas.....	68
Figura 24 – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com seus diversos tributários.....	69
Figura 25 – Principais afluentes do Rio São Francisco.....	70
Figura 26 – Municípios pertencentes à Bacia do Paraopeba.....	71
Figura 27 – Microbacias na área de influência da EMESA.....	74
Figura 28 – Nascentes inventariadas na área de influência da EMESA.....	76
Figura 29 – Mina Esperança – Vista dos Processos do DNPM números 4.212/40, 2.508/40, 2.302/40 e 832.507/84.....	82
Figura 30 – Área onde se localizavam as instalações de beneficiamento de minérios da Mina Esperança.....	85
Figura 31 – Indicação do local em que um britador foi furtado, rolado serra abaixo e encarretado.....	85
Figura 32 – Pátio da administração onde se vê um muro remanescente da garagem dos caminhões.....	87
Figura 33 – Edificação depredada no pátio de administração da EMESA.....	87
Figura 34 – Depredação da portaria do pátio de administração da EMESA.....	87
Figura 35 – Antiga residência da diretoria: após a queda do telhado, ruíram-se as paredes.....	87
Figura 36 – Antiga vila de operários da EMESA.....	88
Figura 37 – Vista parcial da plataforma ferroviária de embarque de minério da EMESA.....	88
Figura 38 – Vista aérea da plataforma ferroviária de embarque de minério de ferro da EMESA e da antiga vila de operários.....	88
Figura 39 – Residência em construção e um grande processo erosivo à montante.....	91
Figura 40 – Ocupação na Gleba Candu.....	91
Figura 41 – Ocupação de nova área na Gleba Candu.....	91
Figura 42 – Barracão erguido na Gleba Candu.....	91
Figura 43 – Vista aérea da vertente de Brumadinho da Mina Esperança, com a área totalmente degradada.....	92
Figura 44 – Vista aérea do interior da cava da mina, onde parte da lavra encontra-se no município de São Joaquim de Bicas, cujo divisor é a crista da cumeada da serra, à direita na imagem.....	93
Figura 45 – Vista do interior da cava da mina, área explorada nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas.....	94
Figura 46 – Cava da mina na divisa entre Brumadinho e São Joaquim de Bicas.....	94

Figura 47 – Cava da mina na divisa entre Brumadinho e São Joaquim de Bicas	94
Figura 48 – Barracão erguido na Gleba Candu	94
Figura 49 – Adutora da COPASA que passa pelas Glebas Candu e Esperança	96
Figura 50 – Barramento construído pela COPASA para desvio das águas provenientes do interior da cava da mina	96
Figura 51 – Imagem um pouco à montante do barramento construído pela COPASA para desvio das águas provenientes do interior da cava da mina	96
Figura 52 – Canal para o qual foram desviadas as águas provenientes do interior da cava da mina	96
Figura 53 – Erosão acelerada do canal de desvio das águas provenientes do interior da cava da mina	96
Figura 54 – Saída do canal de desvio das águas provenientes do interior da cava da mina, tendo à direita a base da pilha de estéreis e, à esquerda, a base da pilha de rejeitos	96
Figura 55 – Pilha de rejeitos que estava localizada na parte inferior da encosta da Serra das Farofas	97
Figura 56 – Pilha de estéril que se situava ao norte da cava da mina	98
Figura 57 – A seta indica a crista da pilha de estéril que se situava ao norte da cava da mina. Na parte inferior da foto, é possível ver processos erosivos na parede da cava da mina ameaçando a pilha	98
Figura 58 – Vista geral do depósito de estéril da EMESA no município de Brumadinho	99
Figura 59 – Antigo depósito de estéreis localizados em partes das Glebas Candu e Esperança	99
Figura 60 – Local utilizado pela Prefeitura de Brumadinho na Gleba Candu para disposição final de entulhos da construção civil e outros resíduos	100
Figura 61 – Recuperação ambiental pela Prefeitura de Brumadinho na Gleba Candu para disposição final de entulhos da construção civil e outros resíduos	100
Figura 62 – Barragem de Gabião construída pela EMESA no leito do Córrego Esperança	102
Figura 63 – Rompimento em dois pontos da Barragem de Gabião	102
Figura 64 – Imagem ampliada de um dos pontos do rompimento da Barragem de Gabião	102
Figura 65 – Rebaixamento do nível de sedimentos imediatamente à montante da Barragem de Gabião, em decorrência das rupturas de sua parte superior	102
Figura 66 – Córrego Esperança imediatamente à jusante da barragem de gabião e sob a adutora da COPASA	103

Figura 67 – Tributário da margem esquerda do Córrego Esperança, que nasce em uma área de floresta na Gleba Esperança	103
Figura 68 – Rompimento da Barragem de Gabião	104
Figura 69 – Acúmulo de sedimentos imediatamente à jusante do local de rompimento da Barragem de Gabião. No detalhe, observa-se o encobrimento de boa parte da base de concreto da adutora da COPASA	104
Figura 70 – Delta aluvial formado junto à foz do Córrego Esperança, no Rio Paraopeba	105
Figura 71 – Delta aluvial formado junto à foz do Córrego Esperança, causando alteração do curso do Rio Paraopeba	105
Figura 72 – Danos provocados na margem direita do Rio Paraopeba, bem próximo à Rodovia MG-040, em função do desvio de suas águas pelos materiais carreados para a foz do Córrego Esperança. No destaque, observa-se um ônibus transitando pela rodovia	105
Figura 73 – Erosões na margem esquerda do Rio Paraopeba, já próximo à Vila Operária, em razão do alargamento de seu leito à jusante da foz do Córrego Esperança	105
Figura 74 – Área da antiga lavra da EMESA, na vertente do município de São Joaquim de Bicas, local conhecido como Mina Saraiva.....	107
Figura 75 – Depósitos de estéreis conhecido como pilha Elias, localizados na vertente de São Joaquim de Bicas	108
Figura 76 – Deslizamento de material da Pilha Elias para a vertente do Córrego Cocho das Éguas	108
Figura 77 – Córrego Cocho das Éguas e sua foz, com as águas turvas do córrego Elias, que nasce nas proximidades da Mina Pau de Vinho	109
Figura 78 – Leito do Córrego Cocho das Éguas, assoreado à jusante dos depósitos de estéreis.....	109
Figura 79 – Início das obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião	126
Figura 80 – Início das obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião	126
Figura 81 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião.....	126
Figura 82 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião.....	126
Figura 83 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião.....	126
Figura 84 – Barragem de Gabião totalmente recuperada e reconstruída.....	126
Figura 85 – Vista aérea parcial da calha do Córrego Esperança reconformada	128
Figura 86 – Vista parcial da calha do Córrego Esperança reconformada.....	128
Figura 87 – Reconformação da calha do Córrego Esperança antes de passar sob a linha férrea do Terminal Serra Azul (TSA).....	128
Figura 88 – Reconformação da calha do Córrego Esperança e instalação do tubo ARMCO sob a linha férrea do Terminal Serra Azul (TSA).....	128

Figura 89 – Reconformação da calha do Córrego Esperança com a colocação de pedras nos taludes das margens à jusante do TSA já bem próximo à foz no Rio Paraopeba.....	128
Figura 90 – Vista aérea do trecho reconformado da calha do Córrego Esperança, passando pelo TSA e sob a linha férrea até sua foz no Rio Paraopeba	128
Figura 91 – Vista aérea do trecho assoreado no Rio Paraopeba na foz do Córrego Esperança	129
Figura 92 – Retirada mecanizada dos sedimentos acumulados no leito do Rio Paraopeba e depositados em sua margem direita	130
Figura 93 – Margem direita do Rio Paraopeba onde os sedimentos estavam sendo depositados como forma de proteger o barranco à margem da Rodovia MG-404, direcionando as águas do Rio para o seu curso natural	130
Figura 94 – Sedimentos depositados na margem direita do Rio Paraopeba, sendo devidamente distribuídos e compactados.....	130
Figura 95 – Vista aérea da margem direita do Rio Paraopeba onde foi transferido todo o sedimento que formava um delta no lado oposto	130
Figura 96 – – Calha do Córrego Esperança imediatamente à jusante da Adutora da COPASA danificada em função das chuvas de novembro e dezembro/2003. O plantio realizado às margens do curso d’água também ficou comprometido	131
Figura 97 – Calha do Córrego Esperança próxima ao TSA. As obras realizadas de reconformação dessa calha e de rebatimento dos taludes foram danificadas em função das chuvas de novembro e dezembro de 2003	131
Figura 98 – Calha do Córrego Esperança e suas margens com pedras de mão, danificadas pelas chuvas de novembro e dezembro de 2003. Esse trecho está localizado entre o TSA e a foz do Córrego no Rio Paraopeba	131
Figura 99 – Barragem de Gabião suportando satisfatoriamente o acúmulo de sedimentos durante o período de chuvas de novembro e dezembro de 2003	131
Figura 100 – Duas bacias que foram construídas e ampliadas à montante da Barragem de Gabião para o aumento da capacidade de retenção de sedimentos	135
Figura 101 – Vista das bacias construídas à montante da Barragem de Gabião, a número 1 nesta imagem	135
Figura 102 – Bacia construída na saída da antiga cava da mina com objetivo de reter sedimentos e impedir que eles fossem carregados para o Córrego Esperança	135

Figura 103 – Pequenas bacias (sumps) que foram escavadas à montante da antiga cava, com a função de amortecer a drenagem e reter sedimentos	135
Figura 104 – Limpeza de um dique localizado imediatamente após a encosta de uma antiga pilha de rejeitos, cuja drenagem desembocava no Córrego Esperança	136
Figura 105 – Leiras de proteção da drenagem pluvial construídas à montante das antigas voçorocas.....	136
Figura 106– Leira de proteção na estrada da antiga cava, que foi construída para evitar o carreamento de sólidos para a drenagem do Córrego Elias	136
Figura 107 – Serviços de limpeza realizados na bacia de drenagem do Córrego Esperança, à jusante da antiga entrada da cava da mina.....	136
Figura 108 – Vista do acesso ao piso da cava da mina que havia sido recuperado	137
Figura 109 – Terraço construído na parte alta do morro, com várias células e materiais para a construção de leiras, com o objetivo de reduzir o fluxo de água pela encosta	138
Figura 110 – Áreas de controle de drenagem pluvial, tipo terraceamentos, que foram construídos no topo da lavra para evitar fluxos nas faces desnudadas	138
Figura 111 – Anteparos e bacias escavadas para proteger a lateral sul da cava	138
Figura 112 – Leira de proteção da drenagem, construída para evitar o fluxo das águas pluviais para o interior da cava.....	138
Figura 113 – Enrocamento feito na base do vertedouro da Barragem de Gabião	139
Figura 114 – Detalhe do primeiro trecho construído do novo canal do córrego esperança, à jusante da Barragem de Gabião	139
Figura 115 – Segundo trecho aberto do novo canal protegido do Córrego Esperança	139
Figura 116 – Parte do canal do Córrego Esperança, mais à jusante da Adutora da COPASA, desembocando em bacia de amortecimento de fluxo	139
Figura 117 – Novo canal do Córrego Esperança, com a vegetação lateral prosperando.....	140
Figura 118 – Refeitório e vestiário que estavam sendo construídos	140
Figura 119 – Escritório auxiliar que estava sendo construído.....	140
Figura 120 – Bases do posto de abastecimento de combustível que foram construídas para receber tanque aéreo	141
Figura 121 – Obras de instalação da Usina de Tratamento de Minério (UTM).	141
Figura 122 – Ponto de monitoramento P1 que estava instalado na Bacia 3....	141

Figura 123 – Geometrização da parte oeste da cava da mina, cujas bermas foram construídas direcionando as drenagens, de forma parcelada, para as estruturas de contenção de sedimentos	143
Figura 124 – Canal de drenagem que foi escavado em um dos patamares formados com a geometrização da encosta na área da cava, o que permitiu a diminuição do fluxo das águas pluviais para a cava	143
Figura 125 – Bacia escavada em outro patamar onde estava sendo realizada a geometrização da cava da mina, retendo a água incidente nessa área e aliviando as encostas	143
Figura 126 – Bacia (<i>sump</i>) construída no patamar logo abaixo da área geometrizada para proteger a cava à jusante.....	143
Figura 127 – Início das atividades de geometrização na encosta norte do <i>pit</i> de lavra	144
Figura 128 – Geometrização em estágio mais avançado na encosta norte do <i>pit</i> de lavra.....	144
Figura 129 – Geometrização da encosta norte do <i>pit</i> de lavra	144
Figura 130 – Geometrização da encosta norte do <i>pit</i> de lavra	144
Figura 131 – Parte da geometrização da extensão sudoeste da lavra	144
Figura 132 – Parte da geometrização da extensão oeste da lavra.....	144
Figura 133 – Encosta sudoeste cortada em bancadas regulares descendentes, com a geometria recomendada.....	145
Figura 134 – Outra vista geral da geometrização nas encostas sudoeste e oeste da lavra.....	145
Figura 135 – Vista geral da geometrização na cava da mina.....	145
Figura 136 – Vista geral da geometrização na cava da mina onde estava sendo realizada lavra de minério de ferro	145
Figura 137 – Posição das antigas pilhas de rejeito (1 e 2) cortadas ao centro por uma voçoroca de grandes dimensões	146
Figura 138 – Vista de frente da Pilha de Rejeitos 3, com os processos erosivos à mostra	146
Figura 139 – Início da construção da pilha em bancadas regulares e ascendentes para preenchimento das voçorocas	147
Figura 140 – Construção da pilha de forma ascendente para ocupar as feições erosivas.....	147
Figura 141 – Construção do canal de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito	147
Figura 142 – Taludes que haviam sido liberados para receber o recobrimento vegetal após o rebatimento executado por retroescavadeira	147
Figura 143 – Taludes revegetados da pilha de preenchimento das voçorocas em bom estado de desenvolvimento	147
Figura 144 – Vista geral da pilha de estéril/rejeito, resultado do preenchimento das voçorocas	147

Figura 145 – Parte inicial do canal de descida d'água construído na saída da cava com a primeira galeria de transposição	149
Figura 146 – Construção da escada de descida d'água na saída da primeira galeria de transposição com a bacia de amortecimento do fluxo, imediatamente à jusante	149
Figura 147 – Parte do canal construído (escada dissipadora de energia), logo abaixo das bacias de amortecimento de fluxo	149
Figura 148 – Detalhe do canal de descida d'água que vai desembocar em uma bacia de contenção próxima à Barragem de Gabião	149
Figura 149 – Margem esquerda do Córrego Esperança à montante do TSA que foi preparada para receber o plantio de espécies arbóreas e hidrossemeadura.....	150
Figura 150 – Plantio de espécies arbóreas realizado à margem esquerda do Córrego Esperança próximo à divisa com o TSA.....	150
Figura 151 – Revegetação em bom estado de desenvolvimento às margens do Córrego Esperança próximo à divisa com o TSA.....	150
Figura 152 – Parte de mata ciliar do Córrego Esperança, à jusante da Adutora da COPASA, que foi revegetada, em bom estado de desenvolvimento	150
Figura 153 – Vista da antiga pilha e do Córrego Elias	151
Figura 154 – Vista das bacias de contenção de sedimentos – Sumps 1, 2 e 3	152
Figura 155 – Antiga pilha de rejeito/estéril localizada na vertente do Município de São Joaquim de Bicas	152
Figura 156 – Bacia de contenção de sedimentos (<i>Sump</i> 1), construída ao pé da antiga pilha de rejeito/estéril	152
Figura 157 – Bacia de contenção de sedimentos (<i>Sump</i> 3).....	152
Figura 158 – Parte do leito do Córrego Elias (Cocho das Éguas), onde foi realizado um desassoreamento	152
Figura 159 – Parte do leito do Córrego Elias (cocho das éguas), onde foi realizada a reconformação do leito.....	153
Figura 160 – Geometrização realizada na antiga pilha de rejeito/estéril na cabeceira do Córrego Elias (cocho das éguas).....	153
Figura 161 – Manutenção (limpeza) em bacia de contenção de sedimentos escavada em área da cava da mina à montante do local onde estava sendo realizada a lavra, antes da paralisação das atividades operacionais	156
Figura 162 – Bacia de controle na saída da cava principal, logo abaixo da nascente do córrego esperança e imediatamente à montante da parte inicial da escada de descida d'água	156
Figura 163 – Área da encosta norte do pit de lavra onde foi realizada uma geometrização, com a drenagem pluvial direcionada para o interior da cava	156

Figura 164 – Taludes em área da cava da mina com boa geometrização, e bermas direcionando o fluxo das águas pluviais para as estruturas de contenção de sedimentos no interior da cava.....	156
Figura 165 – Bacias de amortecimento de fluxo imediatamente à jusante da escada de descida d'água, cujo fluxo segue pelo canal de concreto (escada dissipadora de energia).....	157
Figura 166 – Área onde era realizada a lavra antes da paralisação, com as estruturas de contenção de sedimentos e amortecimento do fluxo da drenagem pluvial funcionando de forma satisfatória	157
Figura 167 – Arranjo da nova pilha de estéril/rejeito da Mina Esperança, com o contrapilhamento	157
Figura 168 – No detalhe, local da instalação do dreno de fundo do contrapilhamento	158
Figura 169 – Instalação das linhas da espinha de peixe do dreno de fundo do contrapilhamento	158
Figura 170 – Construção do primeiro banco do contrapilhamento com a utilização de rejeito seco oriundo do processo de beneficiamento	158
Figura 171 – Retoques manuais no canal aberto para construção da escada concretada de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito	159
Figura 172 – Construção da escada de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito, com uma das bacias de decantação ao final do canal	159
Figura 173 – Escada de descida d'água instalada na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito	159
Figura 174 – Vista geral do traçado da escada de concreto de descida d'água instalada na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito.....	159
Figura 175 – Bancos e taludes da pilha de estéril/rejeito em boas condições visuais em sua ombreira direita.....	160
Figura 176 – Bancos e taludes da pilha de estéril/rejeito em boas condições visuais em sua ombreira esquerda.....	160
Figura 177 – Vegetação ciliar às margens do córrego esperança em boas condições de preservação	160
Figura 178 – Vegetação ciliar às margens do córrego esperança em boas condições de preservação	160
Figura 179 – Antiga pilha de estéril/rejeito na vertente revegetada do município de São Joaquim de Bicas	161
Figura 180 – <i>Sump</i> de contenção de sedimentos ao pé da antiga pilha de estéril/rejeito na vertente de São Joaquim de Bicas	161
Figura 181 – <i>Sump</i> de contenção de sedimentos à jusante do <i>sump</i> localizado ao pé da antiga pilha de estéril/rejeito na vertente de São Joaquim de Bicas.....	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pluviometria média – Mina Esperança	61
Tabela 2 – Postos pluviométricos selecionados	62
Tabela 3 – Altura de chuva – Diária máxima ao longo do período de observação	62
Tabela 4 – Sistema Especialista para Análise de Frequência (SEAF)	63
Tabela 5 – Estação Ibirité – Altura de chuva (mm) – Diária máxima anual	65
Tabela 6 – Estação Ibirité – Altura de chuva (mm) – Diária máxima anual – ordenado	66
Tabela 7 – Alturas diárias extremas	67
Tabela 8 – Municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba ...	72
Tabela 9 – Microbacias locais internas e externas à Mina Esperança	73
Tabela 10 – Principais nascentes na área/entorno da Mina Esperança	75
Tabela 11 – Classificação dos empreendimentos nos termos da DN COPAM 74/2004	119
Tabela 12 – Fases do Licenciamento Ambiental Trifásico	121
Tabela 13 – Alternativas para o Licenciamento Ambiental Concomitante.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento

AGE – Assembleia Geral Extraordinária

AGO – Assembleia Geral Ordinária

AIA – Autorização para Intervenção Ambiental

ALEA – Análise de Frequência Local de Eventos Anuais

AMDMA – Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente

ANA – Agência Nacional de Águas

ANM – Agência Nacional de Mineração

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

CCM – Complexos Convectivos de Mesoescala

CEI – Companhia de Empreendimentos Industriais S/A

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais

CNPM – Conselho Nacional de Política Mineral

CONSAD – Conselho Nacional de Secretários de Estado da Administração

CNUDS – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CXd – Cambissolo Háplico distróficos

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMEL – Empresa de Mineração Esperança Ltda

EMESA – Empresa de Mineração Esperança S/A

EMPARA – Empresa Paraopeba Ltda

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

FNMA – Fundo Nacional de Meio Ambiente

GEE – Gases de Efeito Estufa

HCO – Hematita Compacta

IAN – Itabirito Anfíbolítico

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

ICA – Itabirito Carbonático

ICMBio – Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IHM – Itabirito Hematítico

IMN – Itabirito Manganésífero

IUM – Imposto Único Sobre Mineral

JUCEMG – Junta Comercial do Estado de Minas Gerais

LAS – Licença Ambiental Simplificada

LI – Licença de Instalação

LIC – Licença de Instalação Corretiva

LO – Licença de Operação

LOC – Licença de Operação Corretiva

LP – Licença Prévia

LVd – Latossolo Vermelho distrófico

LVj – Latossolo Vermelho perférrico

MBR – Minerações Brasileiras Reunidas

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MIPASA – Companhia de Mineração Minas do Paraopeba S/A

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério das Minas e Energia

OEMA – Órgão Estadual de Meio Ambiente

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PAE – Plano de Aproveitamento Econômico

PCA – Plano de Controle Ambiental

PNM 2030 – Plano Nacional de Mineração 2030

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

PVAd – Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos

QF – Quadrilátero Ferrífero

REVLO – Renovação da Licença de Operação

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

RLd – Neossolos Litólicos distróficos

SCM – Sistemas Convectivos de Mesoescala

SEAF – Sistema Especialista para Análise de Frequência

SEGRH – Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SF – Sistemas Frontais

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SMA – Superintendência de Meio Ambiente

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SUDEPE – Superintendência do Desenvolvimento da Pesca

SUDHEVEA – Superintendência da Borracha

SUPRAM – Superintendência Regional de Regularização Ambiental

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TSA – Terminal Serra Azul

UC – Unidade de Conservação

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

URC – Unidade Regional Colegiada

USGS – *United States Geological Survey*

UTM – Usina de Tratamento de Minério

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	JUSTIFICATIVA	27
3	OBJETIVOS E METAS	32
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	37
5.1	Localização e acesso	37
5.2	Geologia.....	39
5.2.1	<i>Geologia regional</i>	39
5.2.2	<i>Geologia estrutural regional</i>	41
5.2.2.1	Homoclinal da Serra do Curral.....	43
5.2.3	<i>Geologia local</i>	44
5.3	Geomorfologia	45
5.4	Solos	48
5.4.1	<i>Caracterização dos solos</i>	48
5.4.1.1	Argissolos.....	49
5.4.1.1.1	<i>Argissolo Vermelho-Amarelo</i>	50
5.4.1.1.2	<i>Cambissolos</i>	50
5.4.1.1.3	<i>Cambissolo Álico</i>	50
5.4.1.1.4	<i>Latossolos</i>	51
5.4.1.1.5	<i>Latossolo Ferrífero Vermelho</i>	51
5.4.1.1.6	<i>Neossolo Litólico</i>	52
5.5	Erodibilidade	52
5.6	Clima	53
5.6.1	<i>Metodologia</i>	53
5.6.2	<i>Caracterização climática regional</i>	54
5.6.3	<i>Caracterização climática local</i>	58
5.6.3.1	Análise pluviométrica.....	58
5.6.3.2	Registro de precipitação – Mina Esperança.....	60
5.6.3.3	Chuvas intensas.....	62
5.6.3.4	Precipitações extremas em função dos tempos de recorrência	67
5.6.3.5	Análise de temperatura	67
5.7	Hidrografia.....	68
5.7.1	<i>Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco</i>	68
5.7.2	<i>Hidrografia regional</i>	70
5.7.3	<i>Hidrografia local</i>	72
5.8	Hidrogeologia.....	74

6	HISTÓRICO DA EMPRESA DE MINERAÇÃO ESPERANÇA S/A (EMESA)	77
6.1	Abandono da área e o patrimônio dilapidado	84
6.2	As propriedades onde se desenvolveram as atividades minerárias.....	89
6.3	A ocupação humana	90
6.4	O passivo ambiental.....	92
6.4.1	<i>Síntese do Processos Erosivos</i>	106
7	MATERIAIS E MÉTODOS	110
7.1	Legislação aplicável sobre o empreendimento.....	110
7.1.1	<i>Legislação ambiental no Brasil</i>	110
7.1.2	<i>Legislação minerária no Brasil</i>	115
7.1.3	<i>Aspectos constitucionais relacionados</i>	116
7.1.4	<i>Legislação ambiental em Minas Gerais</i>	116
7.1.4.1	Legislação ambiental estadual no âmbito do licenciamento	117
7.1.4.1.1	<i>Licenciamento Ambiental Trifásico</i>	121
7.1.4.1.2	<i>Licenciamento Ambiental Concomitante</i>	121
7.1.4.1.3	<i>Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS)</i>	122
7.1.4.1.4	<i>Licenciamento Preventivo e Corretivo</i>	122
7.1.4.1.5	<i>Renovação da Licença de Operação (REVLO)</i>	122
7.1.4.1.6	<i>Prazos</i>	123
8	TERMOS DE COMPROMISSO E AJUSTAMENTO DE CONDUTA FIRMADOS COM O MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS	124
8.1	Termo de Compromisso firmado entre o Ministério Público do Estado de Minas Gerais e a Companhia Paraibuna de Metais S/A	124
8.2	Termos de Ajuste de Conduta firmados entre o Ministério Público do Estado de Minas Gerais e a EMESA	131
9	RESULTADOS	154
10	CONCLUSÕES	163
	REFERÊNCIAS	166

1 INTRODUÇÃO

Figurando como fonte de riqueza há vários séculos, a mineração no Brasil vem representando, de modo inegável, base de importante segmento da economia nacional, tendo apresentado contribuições importantes na realização do bem-estar e na melhoria da qualidade de vida, tanto das gerações presentes como das futuras. No campo econômico, grande parte das matérias-primas necessárias para os demais ramos da atividade industrial está pautada nos minérios, sendo que o país é um grande exportador de minério. No aspecto social, além da geração de empregos, contribui com alta e significativa arrecadação de impostos para as administrações públicas, devendo-se levar em conta que, para o desenvolvimento de uma sociedade equilibrada e justa, torna-se essencial que ela seja operada com parâmetros de responsabilidade social, levando-se sempre em conta os preceitos do desenvolvimento sustentável.

Porém, o que se percebe é que nos dias atuais não ocorre mais o excelente desempenho da exploração mineral vivenciado poucos anos atrás. Com a queda acentuada do preço do minério de ferro no mercado mundial, a partir do primeiro semestre de 2014, muitas empresas do ramo minerário tiveram de rever seus custos operacionais e expansão de projetos no Brasil, medidas essas que causaram grande quantidade de dispensa de funcionários e diminuíram expressivamente a arrecadação de governos municipais e estaduais.

A atividade de mineração é considerada como uma das maiores responsáveis pela degradação do meio ambiente e, conseqüentemente, a causadora de vários danos tanto ao meio natural quanto ao meio social. Por isso, esta atividade suscita várias preocupações e demanda a criação de leis e regulamentações que envolvem todas as esferas dos poderes federal, estadual e municipal, cabendo a estes a responsabilidade de atuar na concessão, fiscalização e cumprimento da legislação mineral e ambiental.

No Brasil, a atividade extrativa mineradora data do início da colonização, e muitas vezes realizada de forma desordenada e com pouco controle tecnológico, sendo que essa tecnologia utilizada por diversas empresas extrativas, não se adequou à realidade ou à necessidade da situação. Desse modo, esta atividade desencadeou processos erosivos de proporções alarmantes em muitas regiões, cujas conseqüências tendem a se agravar ou até mesmo se agravaram como, por exemplo,

os processos de ravinamentos que aconteceram na antiga Empresa de Mineração Esperança S/A (EMESA), estabelecida no local conhecido como Souza Noschese, zona rural do município de Brumadinho/MG, empreendimento este, que será tema da presente dissertação. Esses ravinamentos constituíram-se em grandes problemas para a sociedade no entorno do empreendimento, bem como na degradação estética da paisagem e no assoreamento de cursos d'água, na zona de influência direta da Mina.

Os impactos ambientais associados às atividades de mineração, trabalhos que envolvem a mobilização de terra ou escavações, variam desde alterações estéticas da paisagem até impactos mais complexos que podem incidir sobre recursos hídricos, solo, ar, fauna e flora, afetando de certo modo a qualidade de vida de populações que habitam a circunvizinhança. Destacam-se ainda, outras implicações como o desmatamento, perda, ou destruição de solos férteis, instabilidade de encostas e terrenos em geral, alterações de corpos d'água em seus níveis freáticos, e a exploração de áreas em relação aos fenômenos de dinâmica superficial, como erosão e assoreamento.

O estado de Minas Gerais possui uma enorme riqueza mineral, o que faz com que a atividade minerária se faça presente de forma marcante em grande parte do estado. Nele se destaca a exploração do minério de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero (QF), exercida durante várias décadas de forma ambientalmente predatória. Até há pouco tempo, tal exploração deixou à mostra enormes passivos ambientais nessa região, tais como crateras abertas e profundas, pilhas de estéreis e rejeitos sem nenhum controle ambiental e de engenharia, resultando, ao longo dos anos, o aporte de toneladas e mais toneladas de sedimentos, assoreando córregos e rios. Essas minas, consideradas órfãs, dependiam de vultosas quantias para sua recuperação ambiental e que nenhum órgão governamental se atrevia a empenhar, dado igualmente o tamanho dos problemas gerados por esses passivos. Nesse contexto, a presente dissertação se propõe a demonstrar a viabilidade de reativação de uma antiga mina de extração de minério de ferro, outrora considerada exaurida e abandonada, transformando-a em um exemplo de recuperação ambiental.

Para seu êxito, a atividade mineral requer cuidadoso planejamento a partir do conhecimento efetivo da situação, a adoção de tecnologia evoluída e aplicável ao caso específico por uma equipe qualificada, e o reestabelecimento das condições anteriormente encontradas ou recomendadas. A probabilidade de sucesso depende,

obviamente, da continuidade e sustentabilidade de todo o aparato mobilizado para sua realização, desde as instalações e equipamentos até a capacitação dos especialistas.

A paisagem desoladora causada pela extração predatória aliada ao total abandono da área onde se extraía minério de ferro na Mina Esperança, de propriedade da EMESA, há mais de uma década, desde o embargo de suas atividades em 1996, já vinha causando um problema sério de assoreamento no Córrego Esperança e no Rio Paraopeba. Ressalta-se como um dos problemas causados por assoreamento a formação de um delta na foz do Rio Paraopeba, a partir do acúmulo de sedimentos carreados pelo Córrego Esperança durante vários anos. Isso fez com que o Rio Paraopeba tivesse seu curso alterado, causando erosão da margem direita, a poucos metros da pista de rolagem da Rodovia MG-040, que faz a ligação de Brumadinho com Belo Horizonte, e que representava perigo para os veículos que trafegavam por esse trecho, além do risco de interrupção do acesso à Capital. As principais fontes de contribuição de aporte de sedimentos para esses cursos d'água eram a cava da Mina que, abandonada há anos, permitiu que as chuvas desagregassem o material terroso e os direcionasse para os leitos dos cursos d'água, dada a falta de um efetivo sistema de drenagem pluvial, e os imensos processos erosivos de antigas pilhas de estéril/rejeito, estas decorrentes de disposição malfeita e sem critérios de engenharia.

Destaca-se o fato de que este passivo ambiental deixado na região pela empresa mineradora e suas antecessoras, até o ano de 2006, não havia sido alvo de ações práticas para reparações dos danos causados, tendo em vista a dificuldade de encontrar os responsáveis ou corresponsáveis pelo empreendimento.

As atividades de operação na Mina Esperança reiniciadas a partir de 2006 se mostraram como ações positivas configurando-se como marco de uma nova fase na região do entorno, tendo em vista a aplicação de volumosos investimentos que foram realizados nessa empreitada. Boa parte de tais investimentos foram canalizados para projetos de recuperação ambiental, visando principalmente à geometrização da antiga cava da mina, ou seja, o retaludamento das encostas dessa cava, com intervenções para estabilização dos taludes seriamente degradados, através de mudanças na sua geometria. Para divisão dos taludes foram feitas as bermas, com dimensões e posicionamento em níveis adequados, que ajudam na estabilidade, seguram blocos que porventura venham a se soltar e facilitam a drenagem pluvial. As outras

intervenções direcionaram-se à reconformação do leito do Córrego Esperança e a recuperação ambiental de processos enormes de ravinamentos, oriundos de antigos depósitos de estéril/rejeito.

Esta dissertação visa colaborar com o entendimento da dinâmica do descaso com a Mina Esperança, praticamente abandonada por mais de uma década, a degradação ambiental ocorrida e a recuperação ambiental que vem sendo realizada desde 2006, ressaltando-se o descrédito que as autoridades públicas e a população envolvida possuíam com relação a uma retomada e compatibilização das atividades minerárias concomitantemente à recuperação ambiental.

Antes mesmo do reinício da exploração minerária, foram realizados investimentos financeiros e iniciadas ações e interferências no empreendimento para a recuperação ambiental, com o propósito de mudar totalmente aquela paisagem desoladora e degradada da Mina Esperança, comprovando que a remediação de passivos ambientais muitas vezes passa pela reativação do empreendimento sob a ótica de uma administração séria e responsável. Considera-se que esta realidade serve de exemplo e alento para que, no futuro, a região do Quadrilátero Ferrífero não se transforme em um quadrilátero dos passivos minerários.

As ações e interferências de maior porte no empreendimento se deram, de modo mais incisivo, a partir de 2007, quando a empresa foi adquirida por grupo de investimentos nacional e estrangeiro, criando a empresa denominada Ferrous Resources do Brasil S/A, com sede em Belo Horizonte/MG, o que permitiu um aporte maior de recursos para o intento. Vale ressaltar que, com o início das operações nessa época, o aspecto socioeconômico ganhou impulso, tendo em vista a geração de recursos para os cofres públicos do município e a abertura de diversos postos de trabalhos diretos e indiretos, com o aproveitamento econômico dos recursos minerais ainda existentes e validados pelas diversas sondagens realizadas.

2 JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade ambiental envolvendo as áreas de produção mineral tem sido um grande desafio para os órgãos governamentais. Desde que os países começaram a se preocupar com o Meio Ambiente, surgiram vários incitamentos no sentido de se poder explorar um bem mineral sem, no entanto, causar um dano ambiental irreparável para a natureza.

Na década de 80, entraram em vigor legislações específicas que visavam controlar a instalação de novas indústrias e estabelecer exigências para as emissões das indústrias existentes. O marco principal foi a promulgação da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente, e previa, dentre outras questões, a descentralização das ações, atribuindo aos Estados e Municípios a função de executores de medidas e providências para a proteção ambiental. Em seguida, no ano de 1982, instituído pela Lei nº 6.938/1981, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo, responsável pela apreciação e aprovação de resoluções relacionadas ao licenciamento ambiental (MOURA, 2016).

De suma importância, em 5 de outubro de 1988, foi promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil, dedicando capítulo específico ao meio ambiente. Em seu artigo 225, a Constituição da República Federativa do Brasil expressa que todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A proteção ambiental, que era vista sob um ângulo defensivo, estimulando apenas soluções corretivas baseadas no estrito cumprimento da legislação, passa a ser considerada pelos empresários como uma necessidade, pois reduz o desperdício de matérias-primas e assegura uma boa imagem para aquela empresa que adere às propostas ambientalistas (NASCIMENTO, 2012).

Nessa mesma década, as evidências científicas relacionando as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), causadas por atividades antrópicas com o aquecimento global, começaram a despertar o interesse público para o problema das mudanças climáticas e suas futuras implicações no ambiente global.

Nos anos 90, já eram grandes as pressões para a criação de um tratado mundial para cuidar deste tema, destacando as inúmeras conferências realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, em 1992, - também conhecida como ECO 92 -, os representantes de 179 países consolidaram uma agenda global para minimizar os problemas ambientais mundiais. Crescia a ideia do desenvolvimento sustentável, buscando um modelo de crescimento econômico e social aliado à preservação ambiental e ao equilíbrio climático em todo o planeta. No encontro, foram analisadas metas para o controle das emissões de CO₂ na atmosfera, bem como para a criação de parâmetros para a proteção da biodiversidade, entre eles o uso sustentável de florestas e a compensação (através de royalties), para países pobres, pelo uso de seus recursos naturais. Assim, os países em desenvolvimento deveriam receber apoio financeiro e tecnológico para alcançarem outro modelo de desenvolvimento (que seja sustentável), que inclui ainda a redução dos padrões de consumo, principalmente de combustíveis fósseis como o petróleo e carvão mineral (COPPE/UFRJ, 2017).

Segundo Nascimento (2012), nessa década, percebe-se que os indivíduos passaram a se preocupar mais em manter o equilíbrio ambiental e a entender que o efeito nocivo de um resíduo ultrapassa os limites da área em que foi gerado ou disposto. Portanto, nos anos 90, ocorreu uma mudança de enfoque relacionada à gestão ambiental, que passou a ser a otimização de todo o processo produtivo, buscando reduzir o impacto ambiental como um todo. Difundiu-se o conceito de prevenção, fazendo uso de tecnologias mais limpas, menos poluentes ou perigosas, assim como o conceito do “ciclo de vida” do produto, que é a busca por tornar-se ecologicamente correto, desde o seu nascimento até o seu descarte ou reaproveitamento. Entraram em vigor, em 1992, as normas britânicas BS 7750 – *Specification for Environmental Management Systems* (Especificação para o Sistema de Gestão Ambiental) que serviram de base para elaboração de um sistema de normas ambientais em nível mundial. A entrada em vigor dessas normas internacionais de gestão ambiental, que constituem a série ISO 14000, e a integração entre elas e as normas de gestão da qualidade (série ISO 9000) constituem o coroamento de uma longa caminhada em prol da conservação do meio ambiente e do desenvolvimento em bases sustentáveis. Assim, para as empresas, a questão

ambiental deixa de ser um tema-problema, para se tornar parte de uma solução maior: a credibilidade da empresa junto à sociedade através da qualidade e da competitividade de seus produtos.

Cinco anos após a ECO 92, em dezembro de 1997 foi assinado um tratado internacional, o Protocolo de Quioto, que entrou em vigor com força total no ano de 2005, estabelecendo o comprometimento dos países industrializados a reduzir, no período de 2008 a 2012, a emissão dos gases de efeito estufa em 5,2%, com relação ao que era emitido em 1990. Criaram-se diversos mecanismos de flexibilização, entre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que define padrões aplicáveis também ao setor de mineração e produção mineral, a fim de reduzir as emissões de gases do efeito estufa, bem como promover o desenvolvimento sustentável nos países participantes (BRASIL, 2018).

Nessa mesma década, em 12 de fevereiro de 1998, promulgou-se a Lei nº 9.605, também conhecida como a Lei dos Crimes Ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

No final do século XX e início do século XXI, a questão ambiental ultrapassou os limites das ações isoladas e localizadas para se constituir em uma inquietação de toda a humanidade. A preocupação com o uso indiscriminado das matérias-primas escassas e não renováveis, a racionalização do uso de energia, a opção pela reciclagem e o consumo consciente são apenas algumas das ações que convergem para uma abordagem mais ampla e lógica do tema ambiental, que pode ser resumida pela expressão qualidade ambiental (NASCIMENTO, 2012).

A Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável em 2002, - também chamada de Rio+10 -, realizada em Johannesburgo na África do Sul, contou com representantes de 189 países, tendo como principais pontos a afirmação da questão do desenvolvimento sustentável com base no uso e a conservação dos recursos naturais renováveis.

De volta ao Rio de Janeiro, em 2012, a Conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, reuniu um total de 193 representantes de países com o objetivo de renovar o compromisso político com o desenvolvimento sustentável. A ideia era que os países formassem, durante o encontro, um plano de desenvolvimento para a humanidade, de forma que as pessoas pudessem ter uma vida digna a partir da administração dos recursos naturais para que as futuras

gerações não fossem prejudicadas. Como resultado, as políticas ambientais até então adotadas foram avaliadas e produziu-se um documento final intitulado “O futuro que queremos”, documento este onde foi reafirmada uma série de compromissos. Contudo, este documento final não apresentou metas de desenvolvimento sustentável em diferentes áreas e apenas cita a possibilidade de criação para que elas sejam adotadas a partir de 2015 (COPPE/UFRJ, 2017).

No ano de 2015, realizou-se em Paris a Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, o Acordo de Paris, que teve o desafio de estabelecer um novo acordo mundial em substituição ao Protocolo de Quioto e que possui um único objetivo: reduzir o aquecimento global (BRASIL, 2018).

A agenda da sustentabilidade é de longe o tema que mais cresceu nas últimas décadas. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) (2013), no setor produtivo, a constante busca por eficiência no uso de recursos e a necessidade de aumentar sua competitividade vêm modificando as estruturas corporativas das empresas. Os incentivos à inovação e ao desenvolvimento científico-tecnológico e à disseminação de práticas sustentáveis nos processos produtivos e nas cadeias de suprimento têm sido estratégicos para a transição a meios mais sustentáveis de produção.

A emissão de GEE e a preocupação com sua geração têm sido motivos de estudos no setor minerário. O IBRAM (2014) publicou o II Inventário de Gases Efeito Estufa do Setor Mineral, documento que abrange a consolidação dos inventários de emissões de gases de efeito estufa de parte das empresas associadas ao Instituto, para o ano base de 2011. Não obstante as posições de destaque em termos de produção, a participação deste setor nas emissões totais do Brasil é pouco significativa, se for considerado o limite operacional restrito às atividades das frentes de lavra e beneficiamento físico dentro da mina: decapeamento, abertura de frente de lavra, extração, beneficiamento, transporte interno, recuperação de áreas abertas e encerramento de unidade de extração. Este limite operacional foi acordado com os agentes públicos, desde o Primeiro Inventário de 2008.

É sob a ótica da sustentabilidade e responsabilidade que cada vez mais o setor minerário vem buscando se posicionar perante a sociedade, não mais como uma atividade predatória e degradadora do meio ambiente como é rotulada, e sim como uma atividade que pode e deve coexistir de forma equilibrada com o meio ambiente,

além de manter laços estreitos com a sociedade, principalmente aquela localizada em seu entorno.

É sabido que a mineração vem se utilizando de variadas tecnologias para tentar ao máximo otimizar sua produção e com isso minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente. Recirculação de água no processo produtivo, segregação correta e destinação adequada de todos os resíduos gerados, monitoramentos hídricos (qualidade e quantidade), de flora e fauna, de ruídos, dos particulados, recuperação de áreas degradadas e conservação de grandes áreas de matas são ações que já há algum tempo fazem parte do dia a dia das unidades extrativas. Programas ligados à área socioeconômica e ambiental, programas de educação ambiental, programas de qualificação e melhoria de mão de obra oferecidos aos municípios e a maior valorização dos fornecedores locais onde atuam têm demonstrado que o estreitamento dos laços das mineradoras com a sociedade faz com que elas passem a ser algo a mais do que simplesmente uma fonte geradora de impostos para o Município.

A Mina Esperança não foge à regra. Por volta do ano de 2004, ela foi considerada como um dos maiores passivos ambientais de mineração de ferro do Quadrilátero Ferrífero, tendo em vista a enorme contribuição para o assoreamento do Rio Paraopeba, além da paisagem desoladora causada por anos de exploração predatória e abandono. A reativação desse empreendimento minerário trouxe de volta o alento da possibilidade da geração de riqueza para os municípios da redondeza, a expectativa de alteração da paisagem estética da Serra e o impedimento de grande aporte de sedimentos para o leito do Rio Paraopeba.

Nesse contexto, a presente dissertação visa oferecer uma contribuição ao meio ambiente ao relatar a possível coexistência do Meio Ambiente e Mineração, pois com a reativação da Mina Esperança percebeu-se que somente com o início das atividades minerárias seria possível a recuperação ambiental desse antigo empreendimento, tão alto era o nível de degradação em que a área se encontrava, o que despendeu elevadas somas de recursos financeiros. Neste estudo, poderá ser observado que, ao longo dos anos, os esforços concentrados para a recuperação ambiental surtiram efeitos, transformando a paisagem.

3 OBJETIVOS E METAS

A presente dissertação se baseia principalmente na elaboração de um estudo sobre a recuperação de um passivo na mineração após a assinatura de vários acordos internacionais envolvendo o meio ambiente e enfocando os agentes poluidores. Desde o protocolo de Quito, assinado pelos países membros em 1997, a preocupação com o meio ambiente cresceu consideravelmente e, nesse sentido, encontram-se inseridas as minerações, tidas como grandes agentes poluidores.

Para tanto, neste trabalho realizou-se um estudo envolvendo a antiga Empresa de Mineração Esperança S/A (EMESA), localizada na zona rural de Brumadinho/MG, a partir dos projetos e diagnósticos desenvolvidos pela empresa no sentido de se obter sua recuperação ambiental e de poder disponibilizá-la para o mercado.

Com o propósito de atingir os objetivos propostos fez-se, inicialmente, um levantamento bibliográfico a respeito da mineração no Brasil e em especial em Minas Gerais, com a finalidade de se disponibilizar um banco de dados sobre a exploração mineral e os impactos ambientais gerados.

Posteriormente, a partir dos dados disponíveis, delineou-se uma caracterização da mineração Esperança com uma avaliação crítica das medidas mitigadoras a serem propostas e implantadas.

Finalizando, descreveu-se detalhadamente as medidas implementadas na área da Mina Esperança, visando demonstrar as ações realizadas para a recuperação da área degradada.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme citado em Azevedo et al. (2012 apud SCHOBENHAUS, 2012) o Quadrilátero Ferrífero (QF) localiza-se na porção centro-sudeste do Estado de Minas Gerais, ocupando uma área aproximada de 7.000 km². A designação 'Quadrilátero' é função do arranjo geométrico de sua morfoestrutura e foi utilizada em 1933, pelo geólogo Luiz Flores de Moraes Rego, com o intuito de definir a área onde estão concentradas "As jazidas de ferro do centro de Minas Gerais", em artigo assim intitulado (MACHADO, 2009).

É a continuação sul da Serra do Espinhaço. Seu embasamento e áreas circunvizinhas são compostos de gnaisses tonalítico-graníticos de idade arqueana (> 2.7 bilhões de anos). Acima deste embasamento cristalino encontram-se três unidades de rochas metassedimentares supracrustais: o supergrupo arqueano Rio das Velhas, o supergrupo proterozóico Minas e o grupo proterozóico Itacolomi. O Supergrupo Rio das Velhas, composto de metassedimentos vulcanoclásticos, químicos e pelíticos, encontra-se discordante acima do embasamento e é considerado um cinturão de rochas verdes (*greenstone belt*). Neste supergrupo ocorrem as jazidas de ouro em sua paragênese clássica de sulfetos. O supergrupo Minas que possui até 6000 m de espessura é composto principalmente de metassedimentos pelíticos e quartzosos e coloca-se discordante acima do cinturão verde Rio das Velhas. Dentre os seus quatro grupos, o de Itabira é o mais significativo em termos econômicos, contendo os minérios de ferro, localmente denominados itabiritos, internacionalmente conhecidos como banded Iron Formations (BIF's), minérios bandeados do tipo lake superior. O grupo Itacolomi é basicamente composto de quartzitos (Roeser & Roeser, 2010).

Os principais mapeamentos geológicos realizados na região foram:

- 1 – Através do convênio firmado entre o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e o United States Geological Survey – USGS, com elaboração de um mapa integrado do Quadrilátero em escala 1:150.000 e mapeamento de detalhe na escala 1:25.000, realizado de 1952 a 1969, com foco no Supergrupo Minas.
- 2 – No período de 1992 – 1996, foi realizado outro levantamento, através de convênio entre o DNPM e a Companhia de Pesquisa de Recursos

Minerais – CPRM, que cartografou apenas litologias do Supergrupo Rio das Velhas, no interior do QF.

- 3 – Recentemente (2005), a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG e o Governo do Estado de Minas Gerais, publicaram a Integração e Correção Cartográfica destes dois estudos, em escala 1:50.000.

Desde as publicações produzidas pelo grupo de geólogos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e do *U.S. Geological Survey*, formado em 1945 para o mapeamento geológico da área e avaliação de suas reservas minerais, a região passou a ser conhecida como Quadrilátero Ferrífero. John Van N. Dorr II, chefe da equipe, credita a terminologia a Gonzaga de Campos e a introduz na literatura para designar a área de “vastos depósitos de minérios de ferro” que “constitui uma das áreas clássicas da geologia Pré-Cambriana do mundo” delimitada aproximadamente por linhas que ligam, como vértices, as cidades de Itabira, a nordeste, Mariana, a sudeste, Congonhas, a sudoeste e Itaúna (DORR, 1969).

O Quadrilátero Ferrífero representa ainda uma das províncias minerais de extrema importância no Brasil e no mundo. Possui expressivo significado histórico de produção de ouro, ferro e alumínio. Historicamente, desde o século XVIII até o final da década de 1970, foi a principal região produtora de ouro do Brasil. Produziu mais de mil toneladas, representando cerca de 40% da produção total de ouro do Brasil neste período (LOBATO et al., 2001; RIBEIRO-RODRIGUES et al., 2000). Sua riqueza e variedade mineral fizeram com que o Quadrilátero Ferrífero se tornasse uma região estratégica para o desenvolvimento do Brasil. Com isso, concentrou diversos e importantes centros urbanos, empreendimentos minerários, assim como foi alvo de expressivos estudos acerca de seu conhecimento geológico e geográfico.

Segundo Roeser & Roeser (2010), o estado de Minas Gerais cujo sinônimo informal pode ser: “algo de cada”, faz toda a honra ao seu nome. As minas de ferro e de manganês servem à indústria siderúrgica, a bauxita à produção de alumínio, o calcário representa a base da indústria de cimento, e rochas fosfáticas tem seu uso em fertilizantes. Rochas ornamentais como serpentinito e quartzito são aplicadas na construção civil e no nordeste do estado ocorrem pegmatitos industriais dos quais se ganha os minerais de muscovita e quartzo. E não somente entre os insiders, mas

mundialmente, o estado de Minas Gerais é reconhecido pelas suas gemas. Os pegmatitos da região de Governador Valadares fornecem turmalina, água-marina,morganita, amazonita e muitos outros minerais. A cidade de Ouro Preto está ligada além do ouro com a ocorrência de topázios imperais e desde o fim dos anos setenta do século passado são exploradas esmeraldas no nordeste do Quadrilátero Ferrífero. O rei das gemas deu mesmo seu nome a uma cidade no centro de Minas Gerais: Diamantina.

Pode-se assim considerar o estado de Minas Gerais como um paraíso mineralógico. Isto se aplica especialmente para o Quadrilátero Ferrífero. Até hoje, mais de cento e cinqüenta minerais puderam ser identificados nas vizinhanças diretas de Ouro Preto. Entre eles os mais comuns são plagioclásio, feldspato alcalino, quartzo, micas, anfibólios e piroxênios. Há minerais mais raros como cinábrio, estraurolita, cianita, almandina e pedras preciosas como ouro e topázio. Além disso, ocorrem os elementos do grupo da platina, e raridades de paládio (Pd) como atheneita, estibiopalladinita. Ainda certos minerais foram encontrados pela primeira vez na região de Ouro Preto, p.e. a gorceixita, que homenageia o fundador da Escola de Minas e a Triphuyta do vale de Triphuy (hoje Tripuí) a leste da cidade. Também não faltam curiosidades mineralógicas como o quartzito flexível (Itacolumito) e a liga de ouro e paládio (AuPd), até hoje ainda designada porpezita, cujo nome é um capítulo muito interessante da mineralogia. Estas constelações geológicas levaram o mineralogista francês Claude Henrique Gorceix, a escolher a cidade de Ouro Preto para fundar uma Escola de Minas no Brasil em 1876, quando incumbido por Dom Pedro II. Nesta academia, integrada desde que 1969 com a Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, desenvolvem-se há cerca de cento e trinta anos pesquisas nos campos das engenharias, em especial de mineração e geologia.

O Brasil tem tradicionalmente ocupado posição de destaque no cenário mundial na produção de ouro e ferro, dois dos minérios mais importantes do Quadrilátero Ferrífero. Durante o ciclo do ouro, aproximadamente entre 1700 e 1820, o Brasil foi o maior produtor mundial de ouro. Estima-se que neste período tenham sido extraídas ca. de 1.000 toneladas de ouro, entre produção declarada e contrabandeada, provenientes principalmente de aluviões e de outros depósitos superficiais da região do atual Quadrilátero Ferrífero. De 1900 a 1930 o Brasil produziu 121 toneladas das quais 114 toneladas, ou seja 94,2%, saíram da Mina Morro Velho, localizada no distrito aurífero de Nova Lima. Entre 1930 e 1977 a Mineração Morro Velho foi responsável

por 85,3% da produção nacional (Vieira & Oliveira, 1988). Em 2008 o Brasil produziu aproximadamente 54 toneladas de ouro ou cerca de 2% da produção mundial, ocupando o 13º lugar entre os maiores produtores, Minas Gerais participou com 39,7% deste total. Das 1.950 toneladas medidas e indicadas como reservas de ouro no Brasil, que representam 4,5% das reservas mundiais do minério, quase a metade, cerca de 936 toneladas, está em Minas Gerais (IBRAM, 2009, in Shobbenhaus C. & Silva C., 2012).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

5.1 Localização e acesso

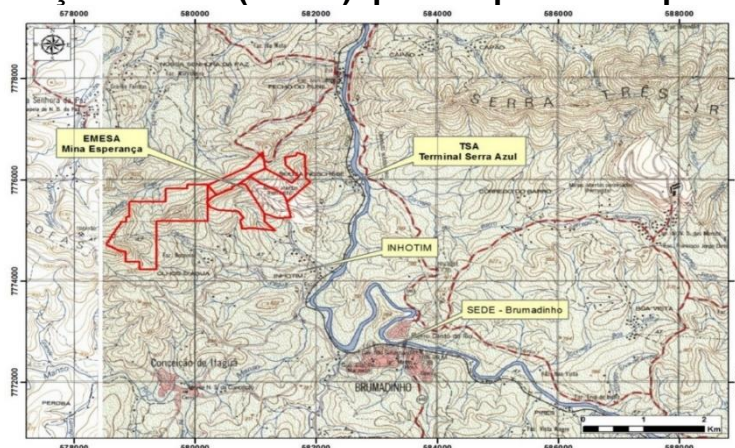
A Mina Esperança, objeto desta dissertação, está situada na localidade denominada Souza Noschese, Distrito de Conceição do Itaguá, município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais, distante aproximadamente 5 km do centro da cidade, contíguo ao Terminal Serra Azul (TSA), local de embarque rodoferroviário de minério de ferro. Faz divisa ainda com o Museu de Arte Contemporânea, denominado Inhotim e distante 1 km da margem esquerda do Rio Paraopeba, localização esta que pode ser observada nas Figuras 1 e 2, a seguir.

O empreendimento Mina Esperança ocupa uma área de aproximadamente 150 ha e se situa entre as coordenadas geográficas L 20° 06' 39,6" e N 44° 13' 33,3".

O acesso a ela pode ser feito, partindo-se de Belo Horizonte pela rodovia BR-381 (Fernão Dias) em direção a São Paulo. Após um percurso de aproximadamente 30 km, logo após o Posto de Fiscalização da Polícia Rodoviária Federal, em Betim, toma-se a Rodovia que faz a ligação BR-404 com a Rodovia MG-040 em Mário Campos, por um trecho de 7 km. Em Mário Campos, segue no sentido Brumadinho, distante aproximadamente 10 km. De Brumadinho, seguem-se as indicações para o Museu Inhotim, distante 5 km da cidade. A partir do Inhotim percorrem-se mais 1,5 km de estrada de terra para chegar à Portaria da Mina Esperança.

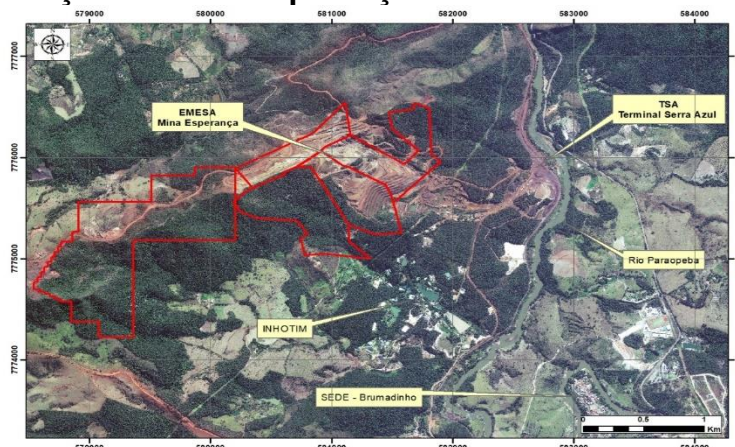
A Figura 3 mostra o acesso partindo-se de Belo Horizonte até o empreendimento. Este mesmo acesso é o que faz a ligação dos Municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, passando pelo TSA, onde ocorrem as operações de embarque de minério de ferro na ferrovia controlada pela MRS Logística.

Figura 1 – Localização da Mina Esperança e das poligonais do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que compõem o empreendimento



Fonte: IBGE (1985); (1986).

Figura 2 – Localização da Mina Esperança



Fonte: Ikonos (2012).

Figura 3 – Vias de acesso ao empreendimento partindo-se de Belo Horizonte



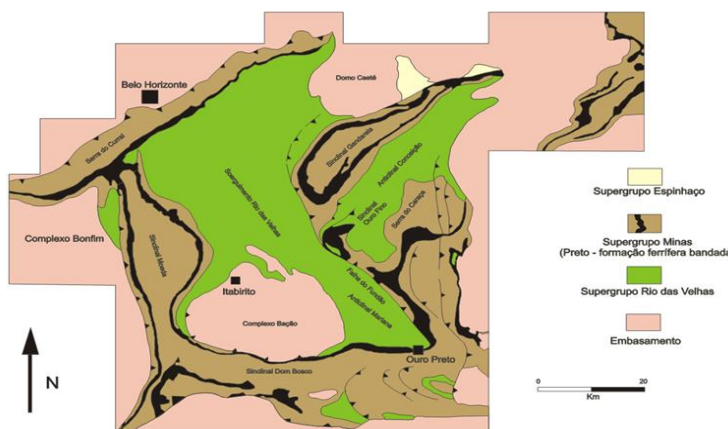
Fonte: DNIT (2015).

5.2 Geologia

5.2.1 Geologia regional

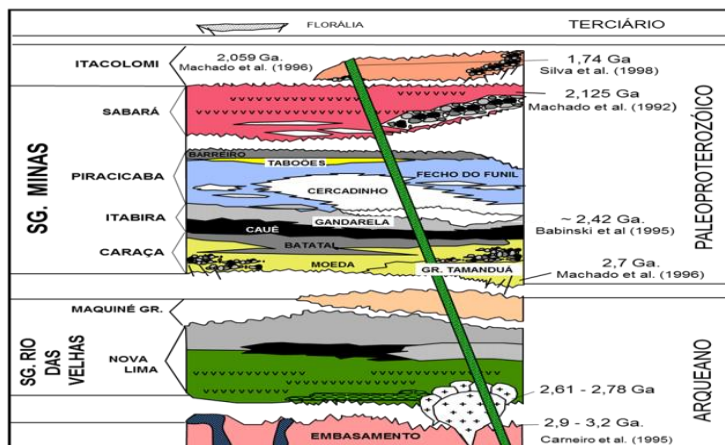
A área encontra-se inserida no contexto tectônico do Quadrilátero Ferrífero (QF) em seu extremo noroeste, que corresponde à porção mais ao sul do Cráton do São Francisco. A Figura 4 apresenta um mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero e, a Figura 5, a coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Esta região representa um bloco continental composto por um Complexo Granito-Gnáissico de idade arqueana e sequências supracrustais com idade variando de arqueana a proterozóica compreendidas nos Supergrupos Rio das Velhas e Minas, os mesmos se encontrando deformados e convergência voltada para o interior do Cráton (ALKIMIN; MARSHAK, 1998).

Figura 4 – Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero



Fonte: Alkimin e Marshak (1998).

Figura 5 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero



Fonte: Alkimin e Marshak (1998).

O Complexo Granito-Gnáissico é representado por domos compostos de granitos, gnaisses e outros derivados, abrangendo grandes áreas dentro do QF. Estes domos são localmente denominados como Complexos de Belo Horizonte, Bação, Bonfim, Caeté, Florestal e Mato Dentro, estando os mesmos intercalados pelas sequências supracrustais.

O Supergrupo Rio das Velhas é formado por rochas de composição máfica-ultramáfica, ácidas e intercalações sedimentares. Destacam-se neste contexto as rochas sedimentares que apresentam formações ferríferas, as quais se associam mineralizações auríferas.

Este grupo subdivide-se nos Grupos Nova Lima e Maquiné. O Grupo Nova Lima consiste principalmente de xisto verde metassedimentar e metavulcânico e filito com intercalações de quartzito, grauvaca, dolomito, talco xisto e formações ferríferas. O Grupo Maquiné é representado por sequências de quartzitos, metapelitos e xistos depositados em discordância angular sobre as litologias do Grupo Nova Lima (DORR, 1969).

O Supergrupo Minas ocorre de forma discordante sobre as unidades mais antigas. É representado por uma sequência metassedimentar que abrange rochas de origem clástica e química, depositadas em ambiente continental e marinho. As rochas desta unidade são de fácil distinção devido a sua morfologia por ocorrerem essencialmente nas porções de maiores elevações no QF. Sua divisão compreende os Grupos Tamanduá, Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará (DORR, 1969).

Na base ocorre o Grupo Tamanduá que apresenta associações de xistos, quartzitos, filitos e formações ferríferas. Em sequência, ocorre o Grupo Caraça representado pelas Formações Moeda e Batatal. A Formação Batatal compreende sequências de filitos. Estes grupos compreendem depósitos marinhos de água rasa (RENGER et al., 1994).

O Grupo Itabira corresponde a uma unidade de origem química, dividida nas Formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê é composta de formações ferríferas bandadas, em leitos alternados de quartzo e de minerais de ferro como hematita e magnetita do tipo Lago Superior. Em direção ao topo da unidade ocorrem níveis gradados com dolomitos até sequências carbonáticas dolomíticas no topo correspondendo a Formação Gandarela.

O Grupo Piracicaba representado por quartzitos e filitos intercalados em camadas espessas geradas em ambiente passando de deltaico a marinho raso. Sua unidade de maior expressão é a Formação Cercadinho composta de filitos, quartzitos e quartzitos ferruginosos. As demais unidades deste Grupo são as Formações Fecho do Funil (dolomitos e filitos intercalados), Taboões (quartzitos) e Barreiro (filitos). O Grupo Sabará compreende uma sequência metavulcanossedimentar representada por xistos, grauvacas, quartzitos, formações ferríferas e conglomerados.

Nas porções leste e sul do QF, em zonas dominadas por falhamentos de empurrão, ocorrem sedimentos clásticos grosseiros como arenitos e conglomerados, que representam o Grupo Itacolomi. Sedimentos cenozoicos são comuns em todo QF, ocorrendo em pequenas bacias tectonicamente controladas. Estes sedimentos são representados por depósitos de argila, chapadas com canga, depósitos pelíticos lacustrinos, coberturas detrito-lateríticas e depósitos coluviais e aliviais diversos (DOOR, 1969).

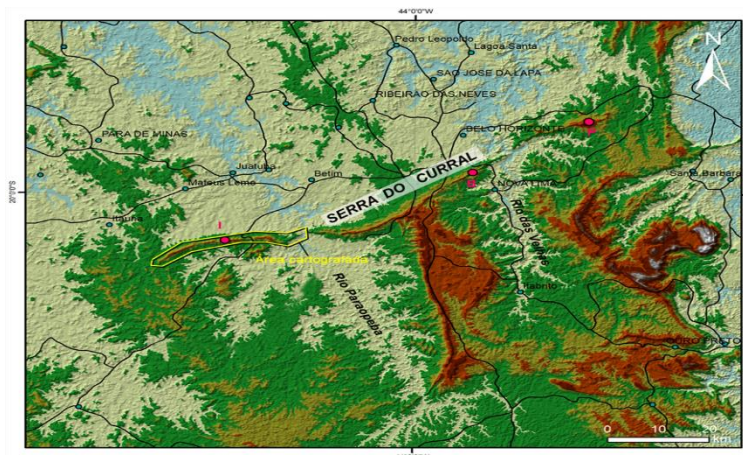
5.2.2 Geologia estrutural regional

A Serra do Curral estende-se por aproximadamente 100 km na direção NE-SW e, como um dos mais proeminentes elementos do relevo da região do Quadrilátero Ferrífero, assinala o seu limite setentrional. Sua cumeada eleva-se por cerca 450 m acima das cotas médias das áreas adjacentes e tem nos picos de Itatiaiuçu (1.435 m), Belo Horizonte (1.388 m) e da Serra da Piedade (1.654 m) os pontos culminantes dos seus segmentos ocidental, central e oriental, respectivamente.

Na Figura 6 é mostrada a expressão fisiográfica da Serra do Curral, com seus pontos culminantes. Os Rios Paraopeba e Velhas da bacia do São Francisco atravessam-na em duas gargantas e promovem a sua drenagem pelas vertentes sul e norte. Com uma largura média de 2,5 km, a Serra do Curral e suas vizinhanças imediatas a norte constituem uma das principais áreas de afloramento das rochas do Supergrupo Minas (os principais afloramentos do Supergrupo Minas encontram-se na parte sul e sudeste do Quadrilátero Ferrífero, como por exemplo Casa de Pedra, Ferteco, Mina do Pires, Itabira etc.), as quais fazem contato ora com litotipos dos complexos metamórficos do embasamento, ora com unidades do Supergrupo Rio das Velhas. A sua cumeada é marcada pela ocorrência da Formação Ferrífera Cauê que se encontra exposta em uma faixa de cerca 400 m de largura média por toda a sua

extensão. Nesta faixa estão localizados vários depósitos de minérios de ferro, dentre eles, o da EMESA.

Figura 6 – Modelo digital de terreno da região do Quadrilátero Ferrífero, mostrando a expressão fisiográfica da Serra do Curral, com seus pontos culminantes: I – Pico do Itatiaiuçu; B – Pico Belo Horizonte; P – Serra da Piedade. Na caixa em amarelo, encontra-se destacada a área do segmento oeste da Serra do Curral



Fonte: GEOMIL (2012).

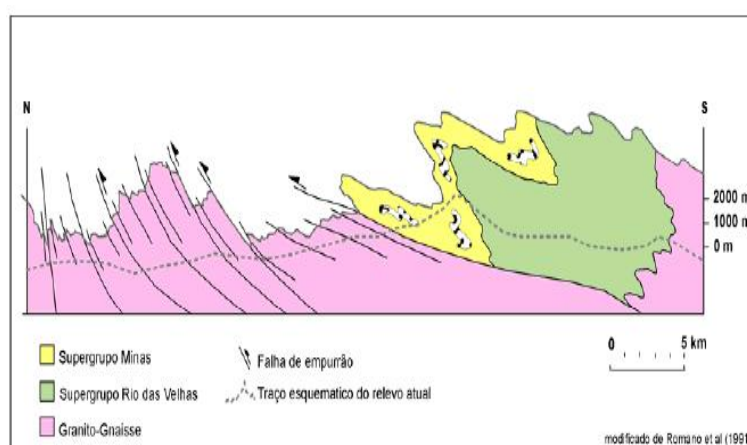
Do ponto de vista estrutural, a Serra do Curral é a expressão morfológica de um extenso homoclinal invertido, no qual camadas do Supergrupo Minas mergulham em alto ângulo preferencialmente para SE, tendo por base os trabalhos de Alves (1961, Pomerene (1964), Simmons (1968). Dorr (1969) descreve esta estrutura como o flanco invertido e comum a um sinclinal parcialmente preservado a norte, o Sinclinal de Piedade, e um anticlinal a sul, integralmente erodido. Após esta interpretação, vários autores estudaram diferentes trechos da Serra, enfocaram estruturas de menor escala e formularam modelos de evolução cinemática para o grande homoclinal (vide, dentre outros, PIRES, 1979; CHEMALE JÚNIOR et al., 1994; ALKMIM et al., 1996). Em linhas gerais, as interpretações concordam com a interpretação de Dorr (1969) de que a estrutura em questão corresponderia ao flanco comum de anticlinal a sul e um sinclinal a norte. Recentemente, Endo et al. (2005 apud OLIVEIRA, 2005), propuseram que as dobras mencionadas correspondem, respectivamente, à coroa e à estrutura da lapa de uma *nappe*, a Nappe Curral, vergente para norte.

De acordo com Herz (1978), as paragêneses metamórficas observadas ao longo da Serra do Curral registram dois episódios metamórficos distintos: um mais antigo de metamorfismo regional nas condições da fácies xisto verde e outro mais jovem, de contato, responsável pelo desenvolvimento de uma auréola em rochas dos

grupos Piracicaba e Sabará do Supergrupo Grupo Minas. À época de Herz, os granitóides expostos a norte e sul da Serra do Curral eram interpretados não como pertencentes ao embasamento regional, mas sim como intrusões graníticas que afetariam as rochas Minas (DORR, 1969).

O segmento oeste da Serra do Curral desenvolve-se sobre uma estrutura, à primeira vista, simples e uniforme de um homoclinal mergulhante para sudeste e sul, como pode ser visualizado na Figura 7:

Figura 7 – Seção geológico/estrutural esquemática da porção oeste do Quadrilátero Ferrífero



Fonte: Modificado de Romano et al. (1991).

5.2.2.1 Homoclinal da Serra do Curral

Ao longo das Serras do Rola Moça, Jatobá e Cachimbo, prolongamentos da Serra do Curral, que por sua vez limita a norte o Platô da Moeda, as camadas de metassedimentos do Supergrupo Minas exibem direção uniforme NE-SW e mergulhos variáveis entre 30° e 85° para SE, compondo um Homoclinal invertido. Perfis perpendiculares a esta estrutura mostram que o Homoclinal da Serra do Curral, possui certas complexidades internas. Elas resultam da existência de zonas de cisalhamento dúcteis e falhas transcorrentes dextrais instaladas no interior da Formação Cauê e no contato desta unidade com os calcários da Formação Gandarela. Tais zonas de falha tem a mesma atitude que o Homoclinal e estão associadas a estruturas em flor, assimétricas, vergentes para NW, que dão origem a uma feição muito característica do Homoclinal, que é a queda nos valores de mergulho, na medida em que avança em direção ao sopé das Serras do Rola Moça, Jatobá e Cachimbo (MEDINA et al., 2005).

O Homoclinal da Serra do Curral corresponde ao flanco invertido NW do grande anticlinal original, porção menos afetada nas fases posteriores. Tal anticlinal deve ter sido nucleado no decorrer do Evento Transamazônico e reflete um campo compressivo dirigido de SE para NW (ALKIMIN; MARSHAK, 1998). A zona de charneira deste anticlinal original encontra-se exposta ao longo de todo o espigão que recebe diversas denominações no seu caminhamento, desde a região de talvegue do Rio das Velhas, como Serra do Curral, Rola Moça, Cachimbo, Três Irmãos e, por fim, Serra azul após a transposição do Rio Paraopeba.

5.2.3 Geologia local

A Serra das Farofas (trecho da Serra do Curral, onde se insere a EMESA), é integrada predominantemente por litologias paleoproterozóicas pertencentes ao Supergrupo Minas, além de rochas intrusivas de natureza básica, ou ácida (granitos e pegmatóides), de idade Pós-Minas. No flanco sul desta Serra ocorre rochas granito-gnáissicas atribuídas ao assim designado Gnaisse Souza Noschese, que representa o embasamento arqueano e são correlacionadas ao Complexo Bonfim. O Supergrupo Minas, nos domínios dos direitos minerários em tela, está representado pelo Grupo Caraça, através de quartzitos e filitos atribuíveis, respectivamente, às formações Moeda e Batatal, no flanco sul da Serra; pelo Grupo Itabira, integrado pelas formações ferríferas itabiríticas e rochas hematíticas, da Formação Cauê, além de itabiritos e filitos manganésíferos que ocupam a porção cimeira da Serra; e pelo Grupo Piracicaba, do qual ocorrem filitos e quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho, e que ocupam o flanco norte da Serra das Farofas.

A Formação Itabirito Cauê, primordialmente, constitui a unidade litoestratigráfica que encerra as litologias que integram a jazida de minério de ferro, objeto do presente estudo, e, secundariamente, a Formação Gandarela. A rigor, o contato entre essas duas unidades é transicional, a partir do aparecimento dos itabiritos dolomíticos.

Na faixa de topo da Serra, ocorrendo de forma associada, como camadas interdigitadas, notavelmente deformadas, destacam-se as rochas itabiríticas e hematíticas, entre as quais se distinguem os seguintes litotipos:

- a) Hematita Compacta (HCO): ocorrem como corpos discordantes, com espessuras métricas a decamétricas, entremeados nos itabiritos, apresentando-se com coloração cinza metálico a cinza azulado, com tonalidades avermelhadas de alteração, fortemente fraturadas. Corpos lenticulares, de pequena extensão e espessura, ocorrem associados a itabiritos dolomíticos da Formação Gandarela (GEOMIL, 2012).
- b) Itabirito Hematítico (IHM): apresentam caráter bandado típico, com o predomínio das bandas hematíticas sobre aquelas de sílica ou carbonato. O óxido predominante é a hematita, mas com magnetita frequente. Podem se apresentar como rocha sã ou intemperizada, neste caso apresentando matizes avermelhadas.
- c) Itabirito Anfibolítico (IAN): ocupam uma porção importante na sequência das formações ferríferas, posicionando-se estratigraficamente em sua base, junto aos filitos da Formação Batatal. Quando isentas de intemperismo, estas rochas exibem tonalidades esverdeadas, observando-se a presença de agulhas de anfibólios orientados segundo a foliação e, quando alterados, exibem coloração amarelo-ocre típica.
- d) Itabirito Manganésífero (IMN): têm presença subordinada, ocorrendo geralmente no contato entre o pacote de formações ferríferas e as sequências superiores. Apresentam-se normalmente friáveis, de coloração escura a preta.
- e) Itabirito Carbonático (ICA): são bastante expressivos na sequência metassedimentar química, apresentando-se de forma praticamente contínua na porção mais ao norte da Serra. Quando semi-intemperizadas a saprolitizadas, as bandas de carbonatos exibem coloração típica amarronzada a amarelada.

5.3 Geomorfologia

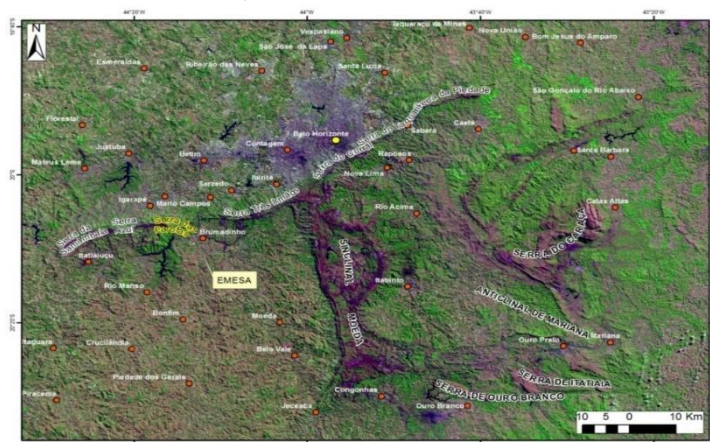
No aspecto geomorfológico microrregional, a área encontra-se inserida no conjunto denominado de Serra do Curral.

A área focalizada neste estudo abrange o segmento denominado como Serra das Farofas, extensão oeste da Serra do Curral, que é sustentada por rochas itabiríticas e hematíticas da Formação Cauê (Grupo Itabira – Supergrupo Minas), onde

as cotas altimétricas máximas predominantes situam-se entre 1.300 m (oeste) e 1.100 m (leste).

A Serra das Farofas, local de inserção do empreendimento, é composta por um alinhamento de cristas com aproximadamente 12 km de extensão, partindo da BR-381 até atingir o local denominado Fecho do Funil, importante quebra na topografia, resultante de uma falha geológica, formando um *canyon* por onde atravessa o Rio Paraopeba. Sua feição estritamente morfoestrutural, representa, basicamente, um extenso *hogback*, onde sua vertente sul caracteriza o *reverso*, e a porção norte constitui o seu *front*. A Figura 8 mostra a inserção da Serra das Farofas no Quadrilátero Ferrífero.

Figura 8 – Denominação fisiográfica das Serras do Quadrilátero Ferrífero, destacando a Serra das Farofas, onde se localiza a EMESA



Fonte: Landsat Embrapa, Miranda e Coutinho (1994 apud GEOMIL, 2012).

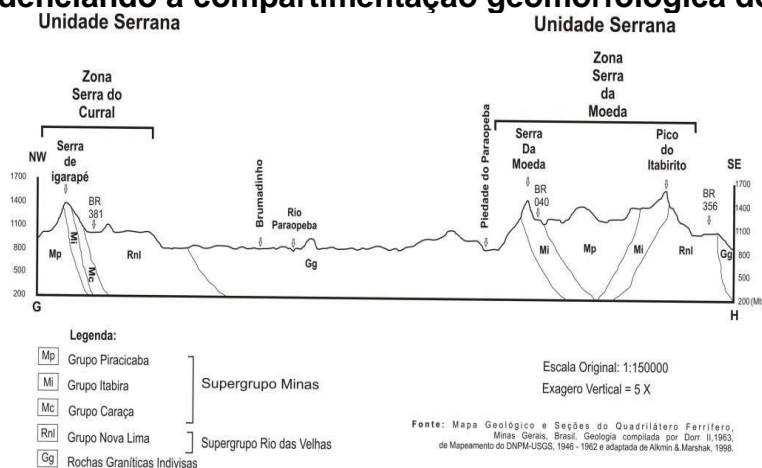
A morfoestrutural da Serra é condicionada por fatores associados aos níveis de alteração das rochas. A alteração supergênica de rochas, como o itabirito, proporciona o surgimento de encostas íngremes. Em oposição, itabiritos friáveis, de mais fácil alteração, condicionam encostas de menor declividade. A morfoestrutural encontra-se condicionada a fatores endógenos tais como dobramentos, fraturamentos e soerguimentos ressaltados mais especificamente nas escarpas de maior elevação da Serra.

Nas áreas marginais à Serra, o relevo torna-se mais suavizado se comportando-se como morros arredondados de baixa elevação com talvegues apertados e planos ondulados. Ao norte, essas feições encontram-se associadas a rochas metassedimentares dos Grupos Piracicaba e Sabará, ao sul são sustentadas pelo substrato gnáissico e vulcanossedimentares do Grupo Nova Lima (MEDINA et al.

2005). Essas feições correspondem às unidades de relevo denominadas morros de transição e arredondados.

A Figura 9 mostra o perfil topográfico e geológico da Serra do Curral no trecho da Serra de Igarapé, evidenciando a compartimentação geomorfológica dos terrenos:

Figura 9 – Perfil topográfico e geológico da Serra do Curral no trecho da Serra de Igarapé evidenciando a compartimentação geomorfológica dos terrenos



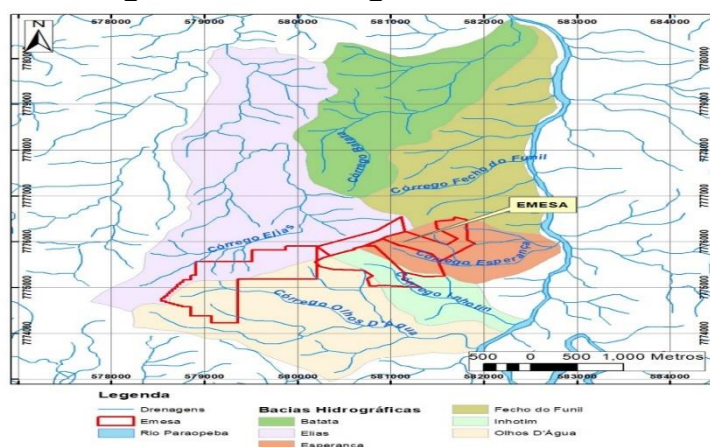
Fonte: Silva (2007).

A recorrente atividade minerária promoveu grandes alterações na morfologia original da Serra (principalmente através das empresas incorporadas à MMX e pela Mineração Esperança). Sua cumeada apresenta variados cortes em grandes extensões de área e alterações de declividade nas encostas. A condução da lavra em sistema de cava/encosta promove expressiva alteração na configuração morfológica, realocando níveis de base e conseqüentemente, proporcionando mudanças na orientação do modelamento do relevo.

A Serra das Farofas corresponde a um divisor de águas local, sendo que em ambas as encostas, no trecho onde se situam as instalações da antiga Mina Esperança, os cursos d'água que nela têm origem configuram afluentes diretos e indiretos da margem esquerda do Rio Paraopeba, posicionado aproximadamente na cota 720 m a sudeste da área e correndo na direção N-S.

A Figura 10 mostra as bacias hidrográficas e as drenagens da área onde se localiza a EMESA:

Figura 10 – Bacias hidrográficas e drenagens da área onde se localiza a EMESA



Fonte: GEOMIL (2012).

5.4 Solos

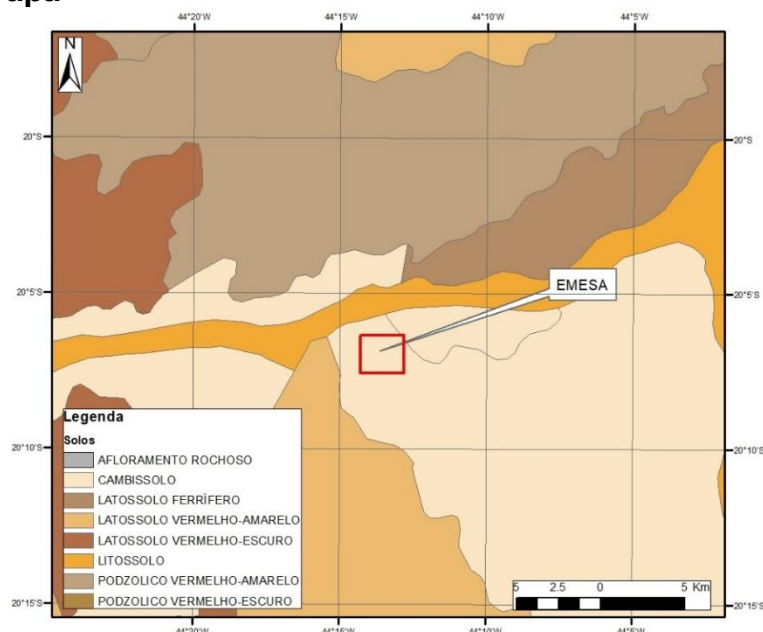
5.4.1 Caracterização dos solos

Os diferentes condicionantes morfológicos de arranjo do relevo e as diferenças litoestatigráficas de cada região condicionaram ambientes de geodinâmica instável, que prevalecem sobre os processos pedogenéticos de formações de solos bem desenvolvidos, resultando em uma forte predominância espacial de solos pouco desenvolvidos, quase sempre associados a afloramentos de rochas (CPRM, 2006).

Segundo as observações de campo e em consulta ao mapa de solos de Minas Gerais (EMBRAPA, 2004), foram identificadas cinco classes de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (PVA_d), Cambissolo Háptico distróficos (CX_d), Latossolos Vermelhos distróficos (LV_d), Latossolos Vermelhos perférricos (LV_j) e os Neossolos Litólicos distróficos (RL_d).

Na Figura 11, pode ser observada a localização do Empreendimento, segundo as características dos solos definidos pela Embrapa (2004):

Figura 11 – Localização do empreendimento segundo as características dos solos da Embrapa



Fonte: EMBRAPA (2004).

5.4.1.1 Argissolos

Esta classe de solos tem como a podzolização, seu processo de gênese. Tal processo se caracteriza pela translocação de material do horizonte A para o horizonte B. A diferença quanto ao tipo de material está intrinsecamente ligada ao teor de argila no material de origem, bem como sua drenagem. Se este teor for baixo, o material translocado é a matéria orgânica e óxidos de Fe e Al, aliado a uma drenagem deficiente. Exemplificando, quartzito ou arenito pobre ou sedimentos quartzosos. Forma-se então o horizonte B podzol (RESENDE et al., 1999).

Geralmente ocorrem em relevos mais movimentados, são erosionáveis pela diferença de textura entre os horizontes, mesmo mantendo as condições de cobertura vegetal e declividade. Particularmente, são suscetíveis à erosão aqueles de mudança textural abrupta (RESENDE et al., 1999).

Apresentam profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, com alta ou baixa saturação de bases, forte a moderadamente ácidos (EMBRAPA, 2006).

5.4.1.1.1 Argissolo Vermelho-Amarelo

Ocorre na porção sul da área, associados geologicamente aos gnaisses da Formação Souza Noschese. Caracterizam-se por solos bem diferenciados, destacando-se o horizonte B com estrutura bem desenvolvida e normalmente com maior teor de argila que no horizonte A. À medida que se desenvolve o horizonte B, as argilas são translocadas dos horizontes superficiais, promovendo concentração dessas partículas neste horizonte. A concentração de argila no horizonte B cria um gradiente pronunciado que resulta em grande erodibilidade deste contato. Além disso, frequentemente tem horizonte C profundo e, com efeito, mais propenso a grandes voçorocamentos (OLIVEIRA, 2007).

5.4.1.1.2 Cambissolos

Esta classe tem como característica principal a atuação intermediária dos processos de gênese e tem como horizonte subsuperficial diagnóstico, o B incipiente (Bi). Este sofreu alteração físico-química em grau não muito avançado, mas o suficiente para o desenvolvimento de matiz ou alguma unidade estrutural. Para o seu enquadramento, o pré-requisito é a espessura mínima de 10 cm (EMBRAPA, 2006). Outra característica é a pequena variação do teor de argila no perfil, exceto para os Cambissolos Flúvicos, estes desenvolvidos de sedimentos aluviais. Os Cambissolos podem ocorrer em todas as classes de relevo, desde planos até montanhosos (OLIVEIRA, 2007).

5.4.1.1.3 Cambissolo Álico

Estes correspondem a solos com horizonte B incipiente, formado por material originário já alterado, com desenvolvimento de cor e estrutura, com ausência de estrutura da rocha em mais da metade do volume do horizonte. Apresentam, tipicamente, altos teores de alumínio (EMBRAPA, 2006).

Ocorrem na porção sudoeste da área, em contato com os afloramentos rochosos. Apresentam textura tipicamente argilosa, e a vegetação natural predominante é o campo cerrado. Tem como substrato geológico, os xistos e filitos do Grupo Nova Lima (EMBRAPA, 2006).

Muitos solos com horizonte B incipiente, sobretudo os mais profundos, são confundidos com latossolos devido principalmente a pequena diferenciação de horizontes.

5.4.1.1.4 Latossolos

Geralmente, ocupando as partes há muito tempo expostas, aquelas mais elevadas na paisagem em relação ao entorno, estão os Latossolos. Sua gênese consiste na remoção da sílica e bases do perfil, com profundidade característica e pouca diferenciação no horizonte (B Latossólico), ou seja, sofreu atuação dos processos de transformação dos minerais constituintes (intemperismo) (EMBRAPA, 2006).

5.4.1.1.5 Latossolo Ferrífero Vermelho

Trata-se de solos com horizonte B latossólico, com teor de ferro muito elevado (acima de 36%) e que ocorrem associados às áreas de itabirito, e em suas baixadas (solos detríticos) (EMBRAPA, 2006). Esses solos, quando originários de material ferruginoso coluvionar, apresentam muitas combinações de propriedades intermediárias com os solos podzólicos. Eles tendem a ser muito pobres em nutrientes, tais como cálcio, magnésio, potássio etc. Os teores de fósforo total são relativamente elevados e, estão associados a concreções lateríticas (canga), limitando o uso de equipamentos agrícolas (OLIVEIRA, 2007).

Ocorrem em relevos ondulados a suavemente ondulados, tipicamente em declividades entre 8 e 20%, com textura argilosa. Comumente, apresentam fragmentos detríticos da rocha matriz, com muitas concreções (nódulos ferruginosos), sendo que localmente podem apresentar cimentação (cangas). A vegetação natural que normalmente recobre esses solos são o cerrado e o campo cerrado. Ocorrem normalmente conjugados a áreas de afloramentos rochosos (EMBRAPA, 2006).

No caso específico da Mina Esperança, grande parte das exposições deste solo foi removida pela atividade pretérita de lavra, com remanescentes nas áreas de entorno.

5.4.1.1.6 Neossolo Litólico

Ocorre na porção sul da área, também associados geologicamente aos gnaisses da Formação Souza Noschese (EMBRAPA, 2006). A classe dos Neossolos compreende solos constituídos por material mineral ou orgânico, pouco espesso, sem alterações expressivas em relação ao material de origem. Isto é devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja pela composição do próprio material, que confere maior resistência ao intemperismo relacionada à sua estrutura mineralógica, seja por fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2006).

Pela definição, a espessura do horizonte A é menor ou igual a 20, sobreposto sobre rocha ou horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), apresentando um contato típico com a rocha ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Ainda admite qualquer tipo de horizonte B cuja espessura é insuficiente a qualquer B diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

Ocorre na área de estudo, principalmente nos topos de morro, bem como Neossolos Litólicos distróficos (solos com baixa saturação por bases $V > 50\%$).

5.5 Erodibilidade

Muitos são os fatores que influenciam na resistência do solo à erosão: a estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade, textura, composição, tipo e extensão da cobertura e declividade do terreno. Em termos gerais, considerando-se estes aspectos, conjugados com os fatores geológicos e pedológicos, as características da área são as seguintes:

- a) os solos resultantes do Granito Souza Noschese resultam em solos pouco coesos, tipicamente com horizontes A e B pouco espessos e horizonte C bastante desenvolvido, pouco estruturado. Com efeito, quando expostos e sob declividade acentuada são solos bastante erodíveis. Erosões nesta tipologia são bastante comuns em toda sua extensão;
- b) os solos resultantes das formações do Grupo Caraça também resultam em solos com horizontes A e B delgados, horizonte C estruturado, bem mais

espesso que os horizontes A e B, entretanto bem menos espesso que o solo anterior. Pode ser considerado também um solo muito erodível quando exposto, entretanto, por se apresentar mais estruturado e possuir certa coesão, menos susceptível a erosão que o solo resultante do Gnaisse Souza Noschese;

- c) as porções de exposição do Grupo Itabira, são as menos erodíveis, apresentando-se bem estruturadas e com coesão elevada, e por isso sustentam as maiores elevações. Algumas porções, mais friáveis, resultado da ação meteórica das águas subterrâneas, quando expostas pela atividade de lavra apresentam uma erodibilidade razoável;
- d) algumas fatias da área são recobertas por cangas lateríticas concrecionadas, que apresentam erodibilidade muito baixa. São camadas muito delgadas, servindo como proteção para as camadas sotopostas. Quando removidas, podem representar elevação no risco de erosão do local (GEOMIL, 2012).

Portanto, a área caracteriza-se por grande potencial erosivo, que teve como resultado a feição atual de grande parte da cava, tomada por processos erosivos pela remoção das camadas superficiais e vegetação que permitem uma maior permanência das condições de estabilidade do terreno.

5.6 Clima

5.6.1 Metodologia

Os métodos utilizados para um melhor entendimento da dinâmica atmosférica de uma determinada área iniciam-se por uma observação mais global da circulação climática da região, na qual a localidade de interesse está inserida. Neste contexto, foram visualizadas as características sinóticas e dinâmicas dominantes sobre o Brasil, com enfoque principalmente para o estado de Minas Gerais, a fim de entender melhor o tempo e o clima onde está instalada a Mina Esperança, alvo do presente estudo. Para o diagnóstico climático, realizou-se uma análise detalhada dos principais parâmetros meteorológicos disponíveis, com destaque para a caracterização das chuvas intensas e definição da direção e velocidade dos ventos. Outros parâmetros

como precipitação, temperatura, umidade relativa, nebulosidade, pressão atmosférica, déficit e superávit hídrico e dias de chuva foram também considerados. Para a obtenção dos dados climatológicos de uma região, são analisados e aferidos diariamente, todos os parâmetros meteorológicos durante um período de trinta anos. Essas aferições são registradas em banco de dados específicos para posterior tratamento. Os dados utilizados neste diagnóstico fazem parte das Normas Climatológicas (1961-1990) obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2008).

Em relação às variáveis 'direção predominante' e 'velocidade dos ventos', além da informação climatológica, optou-se pela utilização de um ano de informações oriundas da estação automática INMET localizada em Ibitaré, município da região metropolitana de Belo Horizonte, e nas proximidades da Mina Esperança, para verificação do comportamento dos ventos no local do empreendimento, uma vez que esta variável possui variações locais, sendo influenciada por fatores fisiográficos, por exemplo, a topografia. Como forma de complemento das informações, dados das estações automáticas de Contagem e Belo Horizonte foram utilizados. Ressalta-se que, devido à proximidade e características geográficas, estas informações são metodologicamente aplicáveis (GEOMIL, 2012).

Utilizando os dados de 2008, foram elaborados gráficos mensais com as direções predominantes dos ventos, além de uma média para os períodos seco e chuvoso e gráfico anual (INMET 2008).

5.6.2 Caracterização climática regional

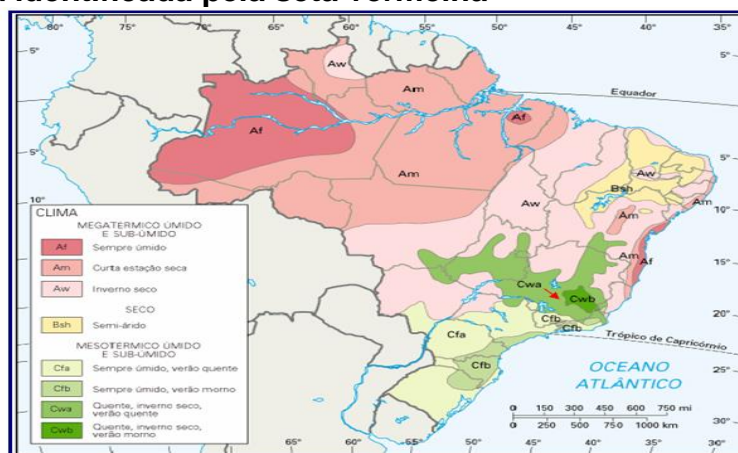
Segundo Koppen (apud FINLAYSON; MCMAHON, 2007), o clima da região é caracterizado como mesotérmico úmido (Cwa), tropical de altitude, que é caracterizado pelo inverno seco e frio, nos meses de abril a setembro, e verão quente e chuvoso, nos meses de outubro a março.

A primeira letra da sigla Cwa, maiúscula, representa a característica geral do clima da região – **C**: climas mesotérmicos (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e superior a -3°C, ao menos um mês com média igual ou superior a 10°C); a segunda letra, minúscula, representa as particularidades do regime de chuva – **w**: chuvas de verão (mês menos chuvoso com precipitação inferior a 60mm); e a terceira

letra, minúscula, representa a característica de uma região – **a**: verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22°C).

A Figura 12 mostra o local de inserção da Mina Esperança de acordo com a classificação climática do Brasil:

Figura 12 – Classificação climática do Brasil, segundo Koppen – A Mina Esperança está identificada pela seta vermelha



Fonte: INMET (2008).

A região de interesse do presente estudo está situada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde os sistemas sinóticos que atuam no sul do país também exercem sua influência, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade dos sistemas. Também as linhas de instabilidade pré-frontais geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por intensa precipitação durante o verão (CAVALCANTI et al., 1982).

Os Sistemas Frontais (SF) que atuam durante o ano todo sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbio meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala, conforme a Figura 13 (INMET, 2008):

Figura 13 – Atuação dos Sistemas Frontais (SF) que são acompanhados por anticiclones de origem polar em escala sinótica



Fonte: INMET (2008).

Os sistemas frontais são originários das latitudes extratropicais e possuem vital importância para a climatologia da região sudeste e para a região de Brumadinho. No verão produzem instabilidade e forte nebulosidade associada. Os sistemas frontais são acompanhados por anticiclones de origem polar que, durante o inverno, produzem condições de queda acentuada das temperaturas. Sob sua influência, registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano (INMET, 2008).

Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que compõe o sistema de circulação de larga escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem. Sob sua influência predominam condições de estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, fatos relativizados pela interação com a superfície subjacente.

A predominância da atuação do ASAS durante o período que se estende de abril a setembro, de modo geral, garante a estabilidade atmosférica, períodos longos de insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo (INMET, 2008).

Na Figura 14, tem-se a atuação do ASAS em escala sinótica e em escala regional para a região de Brumadinho:

Figura 14 – Atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em escala sinótica e em escala regional para a região de Brumadinho



Fonte: INMET (2008).

O conhecimento das características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização individual das células convectivas e sua interação com a circulação de larga escala. Vários tipos de sistemas foram estudados definindo-se diferentes tipos de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), tais como: linhas de instabilidade e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (INMET, 2008).

Dentro dos sistemas de tempo que atuam na região sudeste do país durante o verão, inclui-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que possui orientação NW-SE e funciona como uma espécie de corredor que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro Oeste e Sudeste, trazendo como consequência chuvas de intensidade variada, podendo perdurar de 4 a 14 dias. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é responsável por índices pluviométricos acima do normal, numa configuração sinótica que pode durar vários dias até vir a se dissipar, conforme representação mostrada na Figura 15:

Figura 15 – Representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região



Fonte: INMET (2008).

Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local, com destaque para os anos de atuação do El Niño, quando a precipitação é reduzida e anos de atuação de La Niña, quando os índices pluviométricos aumentam na região Sudeste do Brasil (INMET, 2008).

5.6.3 Caracterização climática local

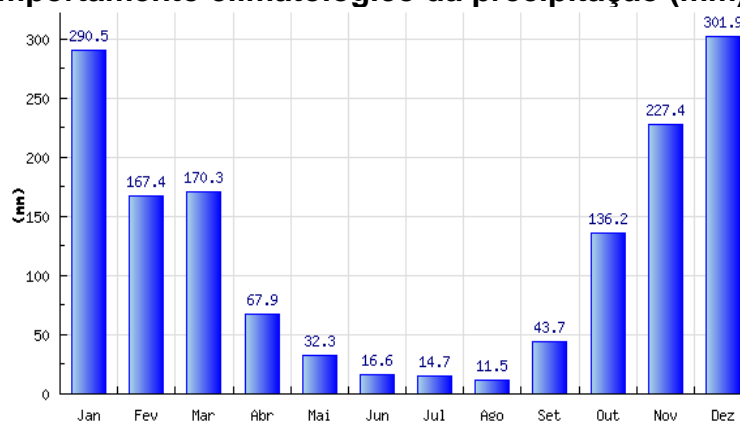
5.6.3.1 Análise pluviométrica

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar quando ocorridas em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte, hidrologia, mineração etc.), causando enchentes, assoreamentos dos cursos d'água, queda de barreiras, dentre vários outros. Chuva intensa define-se como aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo. Estas chuvas intensas ocorrem isoladamente ou associadas a outros sistemas meteorológicos. O

total pluviométrico ao longo do ano para a região em estudo é de 1.480,4 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação interanual (um período seco e chuvoso) com uma média mensal de 123,4mm.

Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro a março, como mostrado na Figura 16. Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro e são marcados pela estação seca na região. Contudo, devido à dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos interagindo e alterando esta dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem sofrer variações intra e interanuais (INMET, 2008).

Figura 16 – Comportamento climatológico da precipitação (mm)

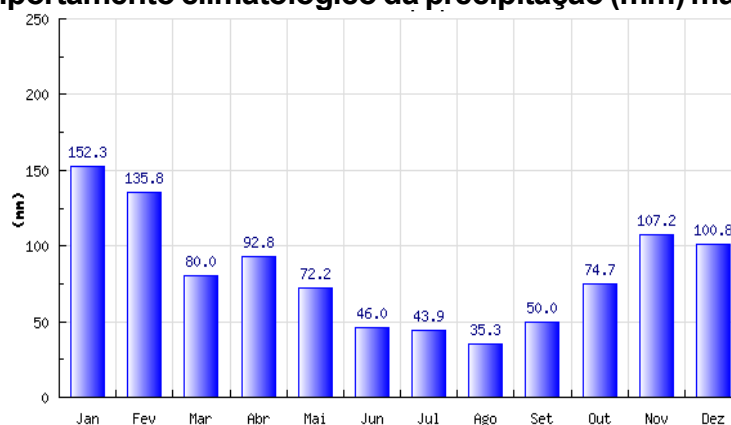


Fonte: INMET - Período: 1961/1990

Fonte: INMET (2008).

A distribuição de chuva no trimestre novembro-dezembro-janeiro apresenta os meses de maior precipitação no período, um total de 819,8mm. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassaram a 42,8mm no total, pois a região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca. Não é incomum o registro de ausência de precipitação no trimestre mais seco do ano (INMET, 2008).

Pode ser observado na Figura 17 que há uma tendência ao aumento de precipitação entre os meses de novembro a fevereiro, quando a atividade convectiva é mais intensa, sendo que, os meses de dezembro até abril são os mais propícios a este tipo de evento extremo (INMET, 2008):

Figura 17 – Comportamento climatológico da precipitação (mm) máxima em 24 horas

Fonte: INMET - Período: 1961/1990

Fonte: INMET (2008).

5.6.3.2 Registro de precipitação – Mina Esperança

Para a verificação das precipitações específicas da Mina Esperança, foi implantado em 2008 um pluviômetro localizado na portaria principal do Empreendimento, onde foram obtidos os resultados conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Pluviometria média – Mina Esperança

Ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Total
2008	-	-	-	-	-	-	-	20.00	83.00	47.00	142.70	310.60	603.30
2009	534.80	259.30	197.10	49.90	36.00	83.30	0.00	33.00	116.70	273.90	202.40	357.80	2144.20
2010	83.60	78.90	202.90	24.10	27.80	1.00	0.00	0.00	19.10	154.90	442.40	333.10	1367.80
2011	361.50	82.80	240.20	7.60	2.40	16.10	0.00	0.00	0.00	74.50	248.60	561.80	1595.50
2012	336.70	37.90	131.40	69.50	47.00	41.10	0.00	0.00	41.00	62.40	257.40	42.50	1066.90
2013	320.20	85.90	104.00	83.70	56.50	14.50	0.00	0.00	17.50	131.30	203.00	358.20	1374.80
2014	124.50	54.80	97.80	44.90	5.30	0.00	42.60	0.00	0.00	136.70	223.90	109.60	840.10
2015	154.70	233.50	279.20	11.10	54.00	12.30	14.50	3.00	114.20	51.40	218.50	195.90	1342.30
2016	445.00	125.60	180.70	31.70	2.30	77.80	0.00	20.60	51.30	64.90	334.00	432.60	1766.50
2017	119.00	120.50	134.00	28.10	22.50	10.70	0.00	0.30	18.00	106.00	143.80	302.40	1005.30
2018	252.30	286.60	173.80	33.90	13.00	0.00	0.00	41.20	135.30	118.30	-	-	1054.40
Média	273.23	136.58	174.11	38.45	26.68	25.68	5.71	10.74	54.19	111.03	241.67	300.45	1920.50
Mínima	83.60	37.90	97.80	7.60	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	47.00	142.70	42.50	603.30
Máxima	534.80	286.60	279.20	83.70	56.50	83.30	42.60	41.20	135.30	273.90	442.40	561.80	2144.20

Fonte: EMESA (2018).

5.6.3.3 Chuvas intensas

O cálculo das chuvas intensas foi feito com base num universo de dados coletados nas estações pluviométricas indicadas na Tabela . Tais postos foram escolhidos como representativos na região circunvizinha à área do empreendimento. As alturas diárias de chuva, medidas ao longo de cada ano, dentro do período de observação de cada posto (GEOMIL, 2012).

Tabela 2 – Postos pluviométricos selecionados

Item	Código	Nome	Coordenadas (UTM)		Localidade Município	Distância (km)
			Este (m)	Norte (m)		
1	02044008	Melo Franco	591.897,489	7.766.434,182	Brumadinho	13,9
2	02044012	Ibirité	600.093,539	7.783.543,731	Ibirité	19,5
3	02044016	Benedito Chaves	550.724,356	7.769.769,709	Itatiaiuçu	31,9
4	02044019	Faz. Vista Alegre	557.385,331	7.782.783,020	Mateus Leme	25,5
5	02044024	Faz. Curralinho	570.011,923	7.787.594,111	Mateus Leme	16,5

Fonte: GEOMIL (2012).

De posse da massa de dados constituída pelas alturas diárias de chuva, obtidas nos cinco postos escolhidos, em função de seus afastamentos em relação ao centro de massa da área estudada e da qualidade das medições apresentadas, trabalhou-se com dois conjuntos de informações: um, composto pela altura diária máxima, ocorrida em cada posto ao longo de seu período de observação, e, outro, pelas alturas diárias máximas anuais. No primeiro caso, os parâmetros obtidos são mostrados na Tabela :

Tabela 3 – Altura de chuva – Diária máxima ao longo do período de observação

Nome	Município	Altura (mm)	Ocorrência/Evento		Período observado (anos)
			Mês	Ano	
Melo Franco	Brumadinho	100,0	Janeiro	1969	66
Ibirité	Ibirité	206,1	Janeiro	2003	63
Benedito Chaves	Itatiaiuçu	116,6	Janeiro	2006	37
Faz. Vista Alegre	Mateus Leme	136,2	Janeiro	1994	37
Faz. Curralinho	Mateus Leme	123,4	Janeiro	1997	35
Inst. Agrônômico	Belo Horizonte	230,0	Janeiro	2002	–

Fonte: GEOMIL (2012).

Já, no segundo, as alturas de chuvas diárias máximas anuais, ao longo dos períodos de observação foram submetidas à análise de frequência empregando-se o *software* Sistema Especialista para Análise de Frequência (SEAF), a fim de selecionar, dentro de um grupo de distribuições aplicáveis, aquela de probabilidade mais apropriada e ajustável à série histórica de cada evento (GEOMIL, 2012).

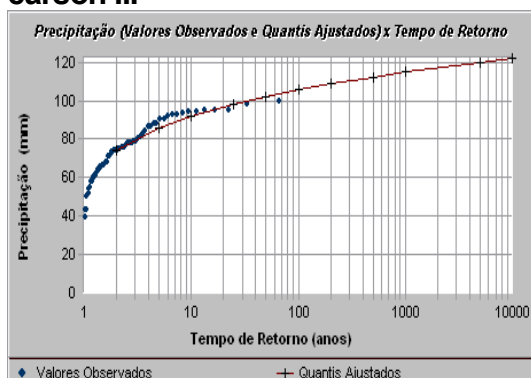
A Tabela e as Figuras 18 a 22 mostram, para os cinco postos analisados, o tipo de distribuição melhor aplicável e o nível de confiança obtido:

Tabela 4 – Sistema Especialista para Análise de Frequência (SEAF)

Estação	Distribuição	Índice de Confiança (%)	Coefficiente de Assimetria
Melo Franco	Pearson III	98,8	0,20
Ibirité	Pearson III	98,4	1,68
Benedito Chaves	Log-Normal 2P	96,9	0,48
Faz. Vista Alegre	Log-Normal 2P	89,6	0,58
Faz. Curralinho	Log-Normal 2P	74,2	0,28

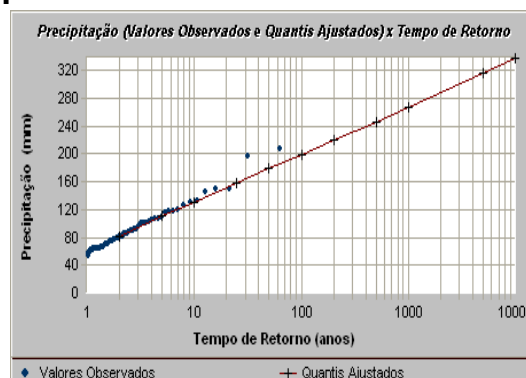
Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 18 – Estação Melo Franco – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III



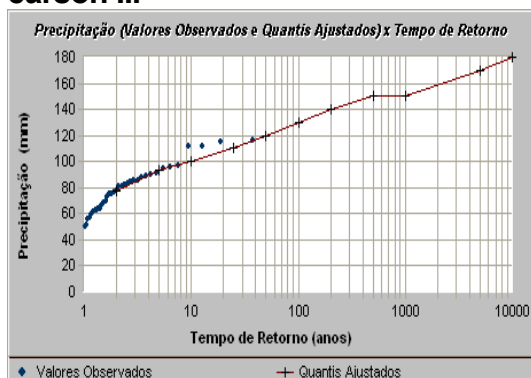
Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 19 – Estação Ibirité – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III



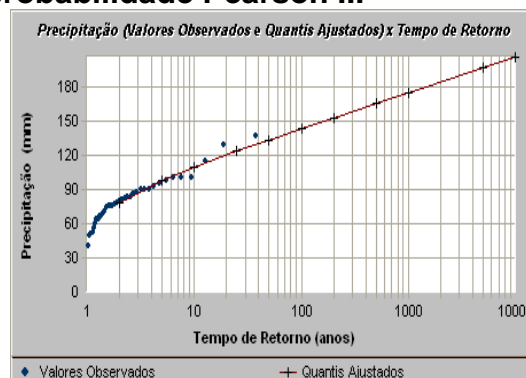
Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 20 – Estação B. Chaves – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III



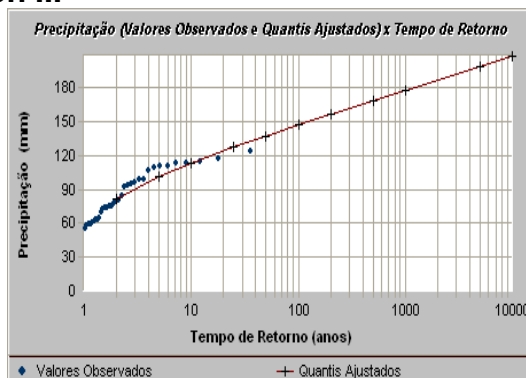
Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 21 – Estação Fazenda Vista Alegre – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III



Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 22 – Estação Fazenda Currelinho – Ajuste da distribuição de probabilidade Pearson III



Fonte: GEOMIL (2012).

Com base nos fatores afastamento, número de anos de observação, homogeneidade das alturas de chuva e baixo índice de falhas, selecionou-se como

estação representativa o posto de Ibirité. Neste posto, as leituras diárias, com apenas três falhas (fevereiro, mar abril de 1996), abrangem um período de coleta de dados de 63 anos (1945 a 2008), cujos valores são apresentados na Tabela e ordenados na forma decrescente na Tabela:

Tabela 5 – Estação Ibirité – Altura de chuva (mm) – Diária máxima anual

Item	Ano hidrológico	Máxima	Item	Ano hidrológico	Máxima
1	1945/46	63,0	33	1977/78	117,0
2	1946/47	65,0	34	1978/79	107,0
3	1947/48	65,0	35	1979/80	144,4
4	1948/49	66,5	36	1980/81	102,3
5	1949/50	115,9	37	1981/82	96,2
6	1950/51	71,4	38	1982/83	81,6
7	1951/52	63,4	39	1983/84	90,4
8	1952/53	70,0	40	1984/85	107,8
9	1953/54	62,0	41	1985/86	117,4
10	1954/55	81,0	42	1986/87	61,2
11	1955/56	85,6	43	1987/88	132,2
12	1956/57	64,2	44	1988/89	73,0
13	1957/58	107,4	45	1989/90	85,4
14	1958/59	63,0	46	1990/91	57,3
15	1959/60	64,6	47	1991/92	129,4
16	1960/61	74,0	48	1992/93	149,6
17	1961/62	99,8	49	1993/94	66,6
18	1962/63	87,8	50	1994/95	75,0
19	1963/64	56,8	51	1995/96	196,2
20	1964/65	100,0	52	1996/97	120,0
21	1965/66	69,8	53	1997/98	148,5
22	1966/67	77,4	54	1998/99	63,9
23	1967/68	53,0	55	1999/00	67,5
24	1968/69	77,4	56	2000/01	126,0
25	1969/70	104,0	57	2001/02	78,9
26	1970/71	75,3	58	2002/03	86,1
27	1971/72	79,3	59	2003/04	206,1
28	1972/73	59,4	60	2004/05	100,0
29	1973/74	91,4	61	2005/06	91,7
30	1974/75	66,2	62	2006/07	89,2
31	1975/76	65,5	63	2007/08	61,8
32	1976/77	81,0			

Fonte: GEOMIL (2012).

A observação dos dados na Tabela 6 e o tratamento matemático-estatístico deles, apresentaram precipitação diária máxima anual de 206,10mm, diária mínima das máximas de 53mm, médias das diárias máximas de 89,80mm e desvio padrão de 31,60mm:

Tabela 6 – Estação Ibirité – Altura de chuva (mm) – Diária máxima anual – ordenado

Ordem	Ano hidrológico	Máxima	Ordem	Ano hidrológico	Máxima
1	2003/04	206,1	33	1971/72	79,3
2	1995/96	196,2	34	2001/02	78,9
3	1992/93	149,6	35	1966/67	77,4
4	1997/98	148,5	36	1968/69	77,4
5	1979/80	144,4	37	1970/71	75,3
6	1987/88	132,2	38	1994/95	75,0
7	1991/92	129,4	39	1960/61	74,0
8	2000/01	126,0	40	1988/89	73,0
9	1996/97	120,0	41	1950/51	71,4
10	1985/86	117,4	42	1952/53	70,0
11	1977/78	117,0	43	1965/66	69,8
12	1949/50	115,9	44	1999/00	67,5
13	1984/85	107,8	45	1993/94	66,6
14	1957/58	107,4	46	1948/49	66,5
15	1978/79	107,0	47	1974/75	66,2
16	1969/70	104,0	48	1975/76	65,5
17	1980/81	102,3	49	1946/47	65,0
18	1964/65	100,0	50	1947/48	65,0
19	2004/05	100,0	51	1959/60	64,6
20	1961/62	99,8	52	1956/57	64,2
21	1981/82	96,2	53	1998/99	63,9
22	2005/06	91,7	54	1951/52	63,4
23	1973/74	91,4	55	1945/46	63,0
24	1983/84	90,4	56	1958/59	63,0
25	2006/07	89,2	57	1953/54	62,0
26	1962/63	87,8	58	2007/08	61,8
27	2002/03	86,1	59	1986/87	61,2
28	1955/56	85,6	60	1972/73	59,4
29	1989/90	85,4	61	1990/91	57,3
30	1982/83	81,6	62	1963/64	56,8
31	1954/55	81,0	63	1967/68	53,0
32	1976/77	81,0			

Fonte: GEOMIL (2012).

5.6.3.4 Precipitações extremas em função dos tempos de recorrência

Uma vez que a série histórica das alturas de chuvas diárias máximas anuais, obtidas no posto Ibirité, ordenadas decrescentemente e mostradas na Tabela 6, satisfaz a distribuição de Pearson II, o *software* Análise de Frequência Local de Eventos Anuais (ALEA) foi usado para calcular as alturas diárias extremas de chuva para os tempos de retorno, em anos, de 10, 50, 100, 500, 1.000, 5.000 e 10.000, apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 – Alturas diárias extremas

Recorrência (anos)	Alturas Extremas (mm)
10.000	337,2
5.000	315,9
1.000	267,1
500	246,4
200	219,2
100	198,8
50	178,5
10	131,2

Fonte: GEOMIL (2012).

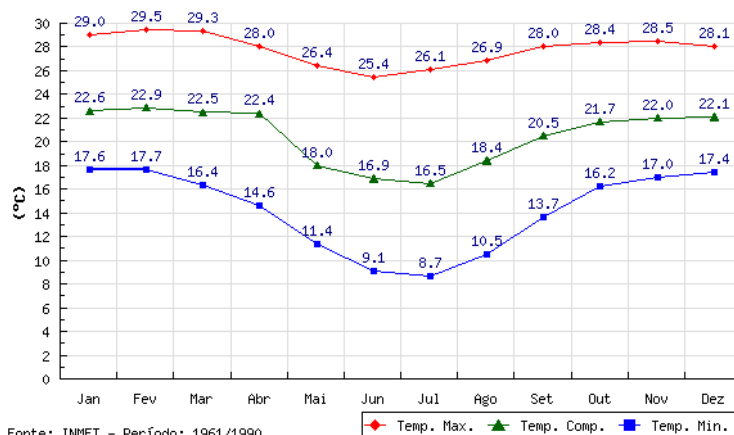
5.6.3.5 Análise de temperatura

Durante o período 1961-1990, as maiores temperaturas médias anuais (T_{MED}) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março. Pode-se observar que as médias ao longo do ano não ultrapassaram a casa dos 23°C com verão e inverno bem caracterizados termicamente, conforme mostrado na Figura 23.

A variabilidade da temperatura local pode ser considerada baixa conforme atestam os valores de amplitude que variam de 6,4°C (T_{MED}), 4,1°C (T_{MAX}) e 9°C (T_{MIN}).

Este comportamento reflete a tropicalidade do clima local, mesmo sendo verificada uma variação sazonal significativa (GEOMIL, 2012).

Figura 23 – Comportamento climatológico das temperaturas médias, máximas e mínimas



Fonte: GEOMIL (2012).

5.7 Hidrografia

5.7.1 Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

A Bacia do Rio São Francisco desempenha um relevante papel na rede hidrográfica do Brasil não apenas pelo volume de água transportado em uma região semi-árida, mas também pelo potencial hídrico passível de aproveitamento e por sua contribuição histórica e econômica para a região.

Esta bacia abrange uma área de drenagem de 639.219 km² (7,5% do país) e com uma vazão média de 2.850m³/s (2% do total do país). O Rio São Francisco tem 2.700 km de extensão e nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte atravessando os estados da Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para este, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre os estados de Alagoas e Sergipe.

De acordo com o COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (2017), esta bacia, devido a sua dimensão territorial, foi dividida em regiões para fins de planejamento e para facilitar a localização das suas muitas e diversas populações e ambiências naturais. A divisão se fez de acordo com o sentido do curso do rio e com a variação de altitudes.

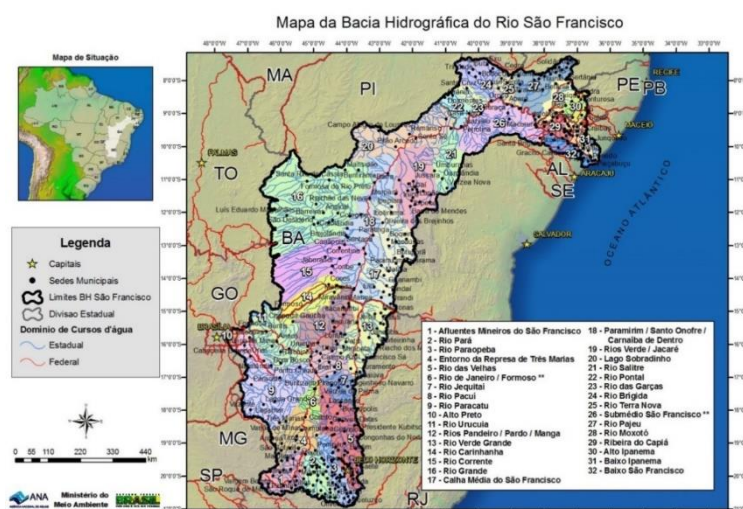
Assim, a sua parte inicial, tomando como referência a área montanhosa onde o rio nasce, na Serra da Canastra, ganhou a denominação de Alto São Francisco, estendendo-se até a cidade de Pirapora, no centro-norte de Minas Gerais, perfazendo

uma área de 11.804 km². Escoando no sentido sul-norte, no trecho seguinte o rio atravessa todo o oeste da Bahia, até o ponto onde se formou o lago represado de Sobradinho, no município de Remanso. Nessa região, a Bacia é denominada Médio São Francisco. É a maior das quatro divisões, alcançando 339.763 km². Depois de Remanso, o rio inflexiona o seu curso para o leste, constituindo-se na divisa natural entre os estados da Bahia e de Pernambuco, até alcançar o limite com Alagoas. É o Sub Médio São Francisco, a segunda maior região, com 155.637 km².

A partir de então, o rio segue na direção leste, formando a segunda divisa natural, dessa vez entre os estados de Alagoas e Sergipe. É o Baixo São Francisco, uma área de 32.013 km², onde o rio deságua no Oceano Atlântico.

A Figura 24 mostra a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com seus diversos tributários.

Figura 24 – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com seus diversos tributários

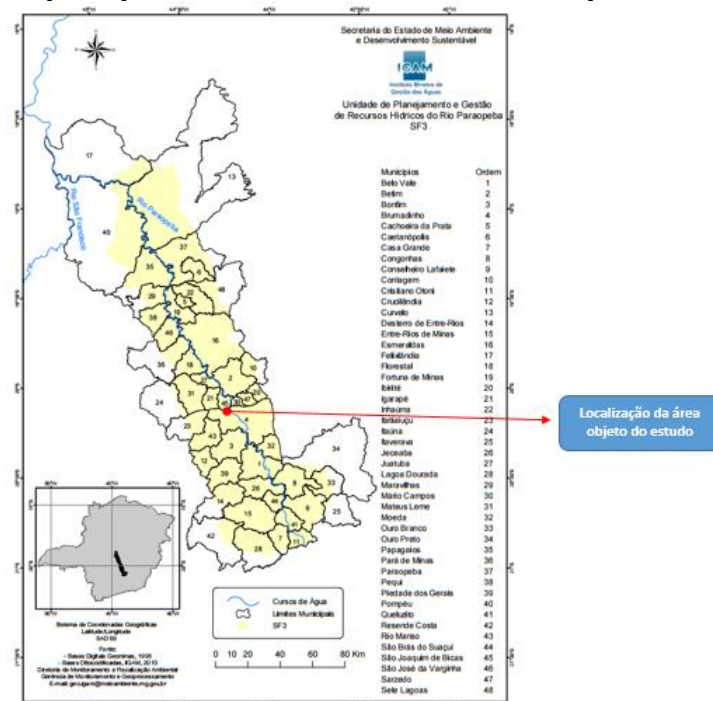


Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2017).

O Rio São Francisco possui 168 afluentes, sendo 36 de porte significativo. Na margem direita, os principais são o Rio Paraopeba e Rio das Velhas; na margem esquerda encontram-se os Rios Abaeté, Jequitaiá, Paracatu, Urucua, Verde Grande, Carinhanha, Corrente e Grande. A maioria dos rios encontra-se em território mineiro, estado que fornece cerca de 70% da água do Rio (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2016).

Na Figura 25, encontram-se os principais afluentes do rio São Francisco:

Figura 26 – Municípios pertencentes à Bacia do Paraopeba



Fonte: Minas Gerais (2010).

De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão da Água, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba está inserida na mesorregião metropolitana de Minas Gerais, onde estão os municípios Conselheiro Lafaiete, Pará de Minas e Sete Lagoas. A Bacia abrange 35 sedes municipais, somando uma população estimada em mais de 1.000.000 de habitantes, numa área de drenagem de 12.091 km². O clima na Bacia é considerado semi-úmido, com período seco que dura entre quatro e cinco meses por ano, situando-se a disponibilidade hídrica entre 10 e 20 litros por segundo por quilômetro quadrado (MINAS GERAIS, 2010).

Para a gestão da Bacia, foi criado o Comitê de Bacia Hidrográfica do Paraopeba, através do Decreto nº 40.398, de 28 de maio de 1999, com a finalidade de promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira de programa de investimento e consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando ao desenvolvimento sustentado da Bacia. São quarenta e oito municípios que fazem parte da Bacia, como representado na Tabela 8 abaixo, sendo que 35 deles têm sede nesta Bacia:

Tabela 8 – Municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

MUNICÍPIOS INTEGRANTES DA BACIA DO RIO PARAOPEBA	
<i>Belo Vale</i>	Itaverava
<i>Betim</i>	Jeceaba
<i>Bonfim</i>	Juatuba
<i>Brumadinho</i>	Lagoa Dourada
<i>Cachoeira da Prata</i>	Maravilhas
<i>Caetanópolis</i>	Mário Campos
<i>Casa Grande</i>	Mateus Leme
<i>Congonhas</i>	Moeda
<i>Conselheiro Lafaiete</i>	Ouro Branco
<i>Contagem</i>	Ouro Preto
<i>Cristiano Ottoni</i>	Papagaios
<i>Crucilândia</i>	Pará de Minas
<i>Curvelo</i>	Paraopeba
<i>Desterro de Entre Rios</i>	Pequi
<i>Entre Rios de Minas</i>	Piedade dos Gerais
<i>Esmeraldas</i>	Pompéu
<i>Felixlândia</i>	Queluzito
<i>Florestal</i>	Resende Costa
<i>Fortuna de Minas</i>	Rio Manso
<i>Ibirité</i>	São Brás do Suaçuí
<i>Igarapé</i>	São Joaquim de Bicas
<i>Inhaúma</i>	São José da Varginha
<i>Itatiaiuçu</i>	Sarzedo
<i>Itaúna</i>	Sete lagoas

Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2017).

A nascente do Rio Paraopeba está localizada no Município de Cristiano Ottoni/MG e tem sua foz na Represa de Três Marias, no Município de Felixlândia/MG (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2017).

5.7.3 Hidrografia local

As áreas de contribuição da Mina Esperança, em Brumadinho/MG, caracterizam-se pela localização à margem esquerda do Rio Paraopeba, com as principais bacias representando afluentes diretos deste curso. As seguintes microbacias elencadas abaixo interceptam direta e indiretamente as áreas do empreendimento:

- a) **Córrego Esperança**, na vertente sul da serra, onde estão localizadas as principais estruturas do empreendimento. É o curso d'água mais afetado pela degradação ambiental da atividade pretérita da Mina Esperança.
- b) **Córrego Elias**, na vertente norte da serra, também bastante afetado pela degradação ambiental da atividade pretérita.
- c) **Córrego Inhotim**, na vertente sul, onde estão posicionadas as instalações do Museu INHOTIM.
- d) **Córrego Olhos D'água**, também na vertente sul, densamente ocupada por matas.
- e) **Córrego Batata**, localizado na vertente norte, com concentração demográfica.
- f) **Córrego Fecho do Funil 1, 2 e 3 (denominação adotada)**, que drenam as proximidades do povoado conhecido como Fecho do Funil.

Na Tabela 9, podem ser visualizadas as microbacias locais, com a área que ocupam, bem como as principais ocupações por onde drenam:

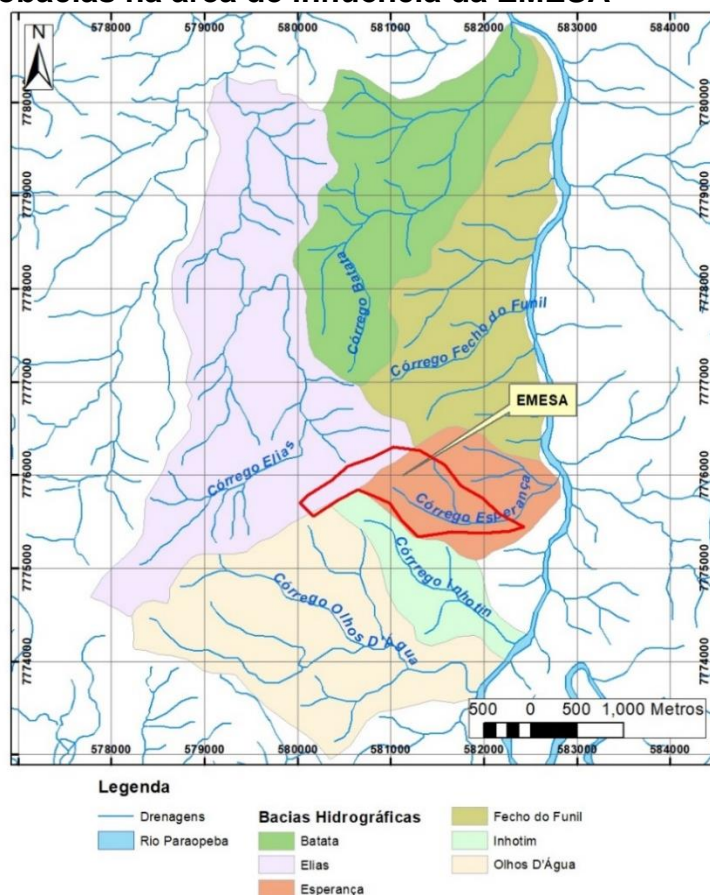
Tabela 9 – Microbacias locais internas e externas à Mina Esperança

MICROBACIA	ÁREA KM ²	OCUPAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM
Córrego Esperança	1,86	Mineração, Terminal de Cargas Ferroviário e Matas
Córrego Elias	1,39	INHOTIM e Matas
Córrego Olhos D'água	5,23	Lavouras e matas
Córrego Elias	8,24	Mineração, Lavouras, Matas e Ocupação Urbana
Córrego Batata	4,81	Matas, Lavoura e Ocupação Urbana
Córrego Fecho do Funil 1	0,54	Ocupação Humana e Matas
Córrego Fecho do Funil 2	1,04	Matas
Córrego Fecho do Funil 3	1,08	Matas

Fonte: GEOMIL (2012).

Na Figura 27, podem ser visualizadas as posições das microbacias em relação à Mina Esperança:

Figura 27 – Microbacias na área de influência da EMESA



Fonte: GEOMIL (2012).

5.8 Hidrogeologia

De acordo com relatório da GEOMIL (2012), na região onde se localiza a Mina Esperança, destacam-se dois sistemas de aquíferos principais. O primeiro sistema, com maior extensão territorial, é composto pelas rochas do Granito Souza Noschese e por seu manto de alteração, configurando um aquífero fraturado subjacente a um aquífero granular. O segundo sistema, também fraturado, associa-se às áreas de ocorrência das rochas do Supergrupo Minas, que compreendem quartzitos predominantes e filitos subordinados como as principais litologias.

A observação em uma escala mais regional evidencia uma configuração textural do relevo, com drenagens controladas por um padrão de alinhamentos de estruturas rúpteis, com direção preferencial NW/SE e NS. Considerando-se inicialmente as condições de controle, observa-se uma rede de drenagem totalmente integrada ao Rio Paraopeba, que limita esta bacia subterrânea, e que representa a zona de descarga destes aquíferos, posicionado na cota 720 m.

A Serra das Farofas representa o divisor de águas deste sistema, e a Formação Gandarela que abrange parte deste topo, constitui barreira hidráulica, separando dois sistemas aquíferos distintos, um a norte menos transmissível, e um ao sul, onde se situam os maiores estoques de água subterrânea.

As principais zonas de recargas estão situadas nas porções topograficamente superiores, nos domínios das formações ferríferas e quartzitos. As descargas tipicamente situam-se dos domínios das formações geológicas inferiores, tipicamente em contatos solo/rocha. Em algumas áreas expostas pela erosão encontram-se surgências de água, indicando que o nível freático se situa relativamente próximo à superfície.

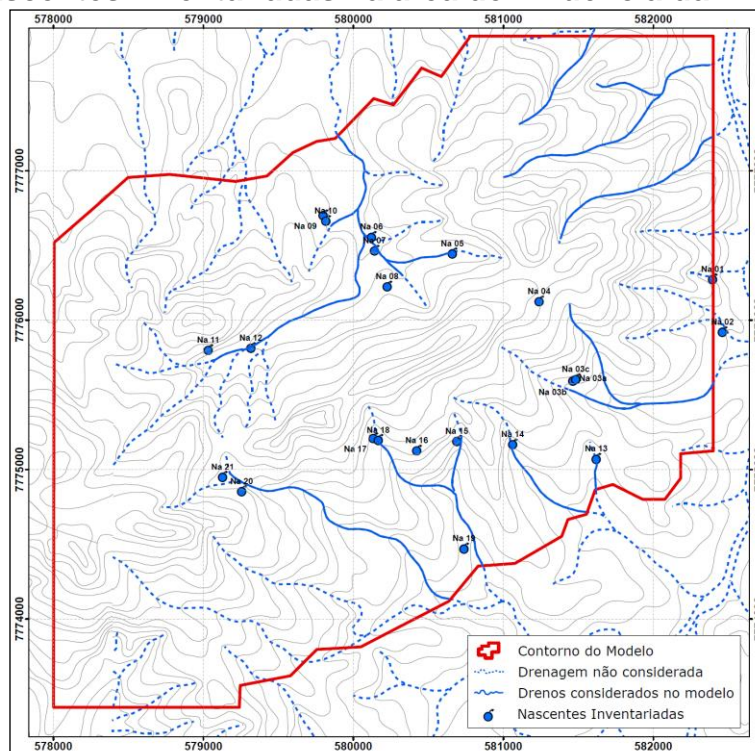
A Tabela 10 apresenta uma breve descrição das principais nascentes observadas na área/entorno da Mina Esperança e a Figura 28, as nascentes inventariadas na área de influência da EMESA:

Tabela 10 – Principais nascentes na área/entorno da Mina Esperança

CÓDIGO	SUB-BACIA	REGIME	COTA (M)	SISTEMA	DESCRIÇÃO DO LOCAL	VAZÃO ESTIMADA
EP1	Córrego Esperança	Perene	878	SGM	Interior da Cava	10 m ³ /h
EP2	Córrego Esperança	Perene	900	SGM	Lateral da Cava/Possível aquífero suspenso	2 m ³ /h
EP3	Córrego Esperança	Perene	830	GSN	Jusante da Pilha de Rejeitos 3	2 m ³ /h
EP4	Córrego Esperança	Intermitente	750	GSN	Abaixo da Adutora da COPASA	1 m ³ /h
EL1	Córrego Elias	Perene	875	SGM	Jusante da pilha de estéril	4 m ³ /h
EL2	Córrego Elias	Intermitente	870	SGM	À jusante da estrada que interliga o TSA à BR 381	1 m ³ /h
IH1*	Córrego Inhotim	Perene	-----	GSN	-----	-----
IH2*	Córrego Inhotim	Perene	-----	GSN	-----	-----
IH*	Córrego Inhotim	Perene	-----	GSN	-----	-----

Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 28 – Nascentes inventariadas na área de influência da EMESA



Fonte: GEOMIL (2012).

6 HISTÓRICO DA EMPRESA DE MINERAÇÃO ESPERANÇA S/A (EMESA)

Para Beju e Santos (1996), a exploração da jazida de minério de ferro na Mina Esperança teve início em 1948, bem antes do período no qual começou a haver necessidade de se fazer estudos de impacto e de controle de poluição. Começou-se a trabalhar de maneira quase artesanal, continuando durante os anos 50, 60 e 70.

Naquele momento, os problemas ligados ao meio ambiente existiam, entretanto a exploração foi realizada da mesma maneira até os anos 90. Quando a gestão da Mina Esperança, assim como em outras minas do Quadrilátero Ferrífero, começou a sofrer pressão por parte dos órgãos ambientais, trabalhos de reforço e projetos ambientais foram motivos de estudos, porém o planejamento de ações gerais para o efetivo controle ambiental do empreendimento ficou para a época do fechamento/exaustão da jazida da Mina.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), os primórdios da mineração de ferro no trecho da Serra das Farofas próximo ao Fecho do Funil, margem esquerda do Rio Paraopeba, contam com mais de 70 anos. O minério que ali aflorava possuía excepcional teor e suas jazidas primavam por conter espessa manta de hematita detrítica, o que convertia seu desmonte, na primeira fase da exploração, em uma operação extremamente fácil.

Estes atributos, aliados à implantação da Ferrovia Rio de Janeiro–Belo Horizonte, viabilizaram o escoamento da produção até o porto de onde era exportada, despertando o interesse de inúmeros empreendedores.

O próprio traçado da ferrovia, ao utilizar a garganta do Fecho do Funil como passagem natural para transpor a Serra, deixou as jazidas daquela região em posição extremamente favorável, porquanto distâncias mínimas (em torno de 3,0 km) vieram a separá-las de suas respectivas estações de embarque, numa época em que veículos que transportavam o minério de ferro desde as minas até as plataformas de embarque eram ainda precários. Esta situação se tornou estratégica quando advém o racionamento dos combustíveis, como consequência da Segunda Guerra Mundial.

Nesse pequeno trecho, de menos de 4 km de extensão, em que a linha da Serra das Farofas volta-se para Sudoeste, expondo seus flancos para Sudeste (Brumadinho) e para Noroeste (São Joaquim de Bicas), agrupavam-se as seguintes jazidas (BRUMADINHO, 2003):

- a) **Jazida do Saraiva:** situada no flanco noroeste da serra, hoje território do município de São Joaquim de Bicas. Concessão e exploração iniciais da Empresa Minas de Ferro S/A, fundada pelo Coronel Souza Aguiar.
- b) **Jazida de Souza Noschese:** situada no flanco sudeste da Serra, hoje território do Município de Brumadinho. Inicialmente concessão da Sociedade Anônima Comércio e Indústria Souza Noschese, possuidora de uma gleba com área de 80 (oitenta) alqueires que se estendia desde a crista da Serra das Farofas até o Rio Paraopeba e em seu interior se localizava a jazida. A empresa pretendia implantar um alto forno na região, havendo construído as primeiras casas na Estação de Souza Noschese, que na realidade era uma “parada de trens” (inaugurada em 1952). Desistiu, porém, do intento após a Revolução de 1932, passando então a extrair pequenas quantidades de canga, que eram remetidas a São Paulo e utilizadas em uma fundição do Grupo.
- c) **Jazida do Candu:** também no flanco sudeste da Serra das Farofas, contígua à jazida de Souza Noschese (atualmente Município de Brumadinho), em terrenos de Josias Nogueira Machado. A sua exploração coube, inicialmente, a Horácio Azevedo Gontijo, transferindo-se, a partir de 1942, à Mineração Geral do Brasil (Grupo Jaffer). Esta empresa alugou da Comércio e Indústria Souza Noschese as casas construídas junto à Estação e ampliou a plataforma ferroviária de embarque de minérios. Também edificou uma série de moradias para operários, inclusive no interior da Gleba Candu, local que passou a ser conhecido por Acampamento da Geral.
- d) **Jazida do Inhotim:** situada na vertente sudeste da Serra das Farofas (Município de Brumadinho), mas já na vertente do córrego Inhotim, enquanto que as duas anteriores pertenciam à Bacia do córrego hoje conhecido por “Córrego Esperança”. Constituía concessão de José Pacífico Homem, sócio-fundador da Companhia de Mineração Minas do Paraopeba S/A (MIPASA). Pacífico construiu, na localidade de Inhotim, um ramal ferroviário com 1,0 km de extensão, de onde embarcava o minério extraído.

Quanto a esta Jazida, as quantidades de minério ao longo dos anos nunca foram de grande monta, por ser uma jazida de pequena capacidade no tocante a minérios mais facilmente vendáveis. Além disso, ou talvez por isso, a MIPASA sempre

dedicou maior atenção à exploração das minas que manteve no Tejuco e no Serradão, em Brumadinho. O ramal ferroviário que ali existia foi desativado na década de 50, pelo então administrador da MIPASA, Lysio Pacífico Homem, e o embarque esporádico de minério de ferro passou a ser realizado em uma plataforma construída próximo à Estação do Inhotim, mesmo nome do povoado. Durante a década de 60, a empresa chegou a trazer minério de ferro do Tejuco para ser embarcado nesta plataforma, como se fosse extraído da mina do Inhotim, a fim de manter a concessão de lavra. Na década de 80, a MIPASA se incorporou a W.H.M. Muller S/A. Posteriormente, foi adquirida pela empresa Itaminas Comércio de Minérios S/A. A mina do Inhotim continua desativada, apresentando no seu entorno uma expressiva cobertura vegetal.

Segundo Godoy (1957), as reservas de minério de ferro ainda pertencente à Empresa Minas de Ferro eram estimadas por volta do ano de 1957 nos seguintes quantitativo

a) **Jazida do Saraiva:**

- Hematita Compacta..... 5.000.000 de toneladas
- Canga..... 300.000 toneladas
- Itabirito..... 6.000.000 de toneladas

b) **Jazida de Souza Noschese:**

- Hematita Compacta..... 8.000.000 de toneladas

c) **Jazida do Candu:**

- Hematita Compacta..... 8.000.000 de toneladas

d) **Jazida do Inhotim:**

- Hematita Compacta..... 140.000 de toneladas
- Canga..... 1200.000 toneladas
- Itabirito..... 6.750.000 de toneladas

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), as mineradoras trouxeram para a região um vasto contingente

de pessoas atraído pela crescente oferta de trabalho, numa época em que as atividades de extração e embarque de minério de ferro eram realizadas a braço. A demanda incidiu também sobre pessoal administrativo: durante as décadas de 30 e 40, muitos nomes se sucederam nos cargos de encarregados dessas empresas. Vários deles, após a experiência ali adquirida, chegaram a desempenhar papéis relevantes na história da região, e mesmo na economia do estado de Minas Gerais. O engenheiro Mário Albergaria deixou a MIPASA para exercer, a partir de 1º de maio de 1939, as funções de primeiro prefeito do recém-criado Município de Brumadinho. A Mineração Geral do Brasil teve como um de seus encarregados José Amaral, que viria a assumir a administração daquele Município no período 1966/1970. Entre os que se fizeram vir, contratados pela empresa Minas De Ferros S/A, podemos citar: Augusto de Azevedo Antunes, Paulo Bremer e Carlos Roberto Newlands.

Após deixar a empresa Minas de Ferro, Augusto de Azevedo Antunes, foi minerar por conta própria na localidade de Tejuco (Brumadinho), onde fundou a ICOMI, antecessora da extinta Minerações Brasileiras Reunidas (MBR), hoje, Vale S/A. Paulo Bremer, trilhando caminho semelhante ao de seu antecessor, mais tarde veio a fundar a Comércio de Minérios Itabirito.

Carlos Roberto Newlands chegou meado da década de 40 para substituir Paulo Bremer. Enquanto desempenhava as funções de encarregado da empresa Minas de Ferro, Newlands, por sua vez, andava à procura de uma jazida onde pudesse trabalhar por sua conta e risco. Interessou-se pela jazida Souza Noschese, que na época era explorada com lentidão e desinteresse, sendo cobiçada por muitos. Contava-se, porém, que o velho Noschese vangloriava-se de nunca ter assinado, em toda sua vida, uma única escritura de venda.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), em 1948, Carlos Roberto Newlands se associa ao filho de Noschese, criando a Empresa de Mineração Esperança Ltda (EMEL), que adquire da Sociedade Anônima Comércio e Indústria Souza Noschese a gleba de 80 (oitenta) alqueires com todas as benfeitorias (respeitados os direitos da Mineração Geral do Brasil na condição de locatária dessas benfeitorias), bem como a concessão de lavra da jazida. A sociedade com Noschese filho perdura até meados da década de 60, quando ele cede suas ações à família Newlands, que passa a ter o controle total da Empresa.

No início da década de 60, a Mineração Geral do Brasil, em concordata, encerra suas atividades na Mina do Candu. A Empresa de Mineração Esperança, já transformada em Sociedade Anônima (S/A), cuja sigla modificou-se para EMESA, assume a exploração dessa jazida e a servidão da Gleba Candu. Na década seguinte, ocorre a paralisação definitiva da empresa Minas de Ferro S/A e, em setembro de 1980, a EMESA adquire daquela empresa as propriedades correspondentes à Jazida do Saraiva. Verifica-se, assim, que a EMESA termina por assumir a exploração das três principais minas que se alinhavam no trecho da Serra das Farofas, localizado junto ao Fecho do Funil (BRUMADINHO, 2003).

Segundo a Bioma Consultoria Ambiental (2004), a Mineração Esperança mantinha junto ao DNPM, quatro processos minerários, a saber:

- a) **Esperança** (Antiga Jazida Souza Noschese)
Processo nº 4212/40
Portaria de Lavra nº 1.377/81
Área: 38,95 hectares

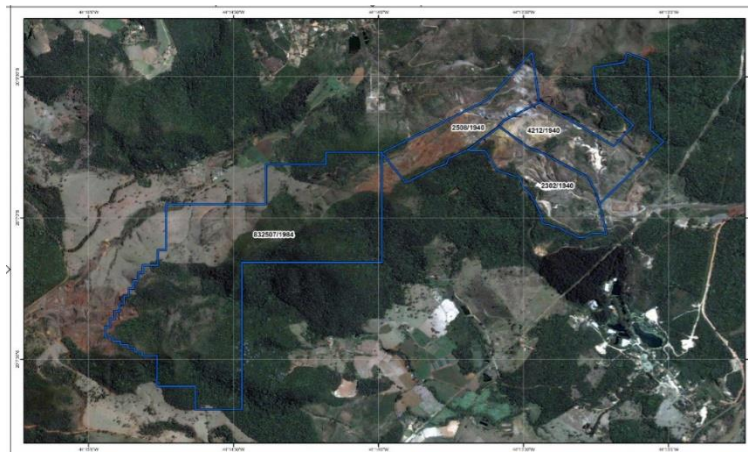
- b) **Minas de Ferro** (Antiga Jazida do Saraiva)
Processo nº 2508/40
Portaria de Lavra nº 1.252/81
Área: 23,037 hectares

- c) **Candu**
Processo nº 2302/40
Alvará de Pesquisa nº 3.908/83 – Alvará renovado nº 311/87
Área: 32,37 hectares

- d) **Pau de Vinho**
Processo nº 832.507/84
Alvará de Pesquisa nº 4.567/85 – Alvará renovado nº 3.852/92
Área: 168,79 hectares
Esta jazida, tinha uma reserva estimada em 768.000 toneladas de canga (minério vermelho) e itabirito friável.

Na Figura 29, podem ser observados os polígonos dos quatro decretos:

Figura 29 – Mina Esperança – Vista dos Processos do DNPM números 4.212/40, 2.508/40, 2.302/40 e 832.507/84



Fonte: GEOMIL (2012).

A Gleba Pau de Vinho, localizada no flanco noroeste da Serra das Farofas, confronta a nordeste com a Gleba Saraiva (Minas de Ferro). A EMESA não chegou a explorá-la e sua antiga jazida encontra-se na extremidade sudoeste da Gleba, junto ao ponto em que a estrada que liga Brumadinho ao município de Igarapé e transpõe a cumeada da Serra das Farofas. Esta Jazida tinha uma reserva estimada em 768.000 toneladas de canga (minério vermelho) e itabirito friável (BRUMADINHO, 2003).

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003) cita que, no período de 7 a 23 de outubro de 1996, o Cartório de Registro de Imóveis da Comarca de Brumadinho, cumprindo mandados Judiciais, procedeu à inscrição de cinco penhoras sobre a gleba de 80 alqueires pertencentes à EMESA. Todas as penhoras são decorrentes de execuções fiscais promovidas pela Fazenda Pública do Estado de Minas Gerais, sendo que o valor das dívidas somava, na época, R\$ 2.491.505,47 (dois milhões quatrocentos e noventa e um mil quinhentos e cinco reais e quarenta e sete centavos). Sérgio Manuel de Jesus aparece como depositário fiel nomeado pela Justiça. Registra-se, por fim, a sentença de declaração de falência da EMESA, proferida em 19/03/1998 pelo Meritíssimo Juiz de Direito da Comarca de Brumadinho, Dr. Sálvio Chaves, fixando o termo legal da quebra em 13/05/1996, e, nomeando síndico o Dr. Cléber Mateus da Silva. Ressalta-se que, na certidão simplificada, emitida pela Junta Comercial do Estado de Minas Gerais (JUCEMG), datada de 26 de junho de 2002 (Evento: “Sentença de Decretação de Falência”), figuram como Diretores da EMESA os senhores Geraldo Armond de Oliveira Catuca

e Newton Barbosa de Almeida, ou seja, nomes eleitos em 1995, quando a Companhia Brasileira de Bauxita ainda mantinha o controle acionário da Empresa.

Em 1994, a EMESA foi incluída na “Lista Suja” da Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente (AMDMA), relação dos maiores poluidores dentro do estado, editada pela citada Organização Não Governamental (ONG) (BRUMADINHO, 2003).

Em 20 de março de 1995, a EMESA foi autuada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) pelas seguintes irregularidades, conforme a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003):

- a) deixar de atender a convocação para licenciamento formulada pelo COPAM – item 5 das condicionantes da Licença de Operação (LO);
- b) ampliar atividade efetiva ou potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente sem a Licença de Instalação (LI) – depósito de estéril na área do Decreto de Lavra da Minas de Ferro;
- c) emitir ou lançar resíduos causadores de degradação ambiental em desacordo com o estabelecido nas Deliberações Normativas do COPAM;
- d) contribuir para que um corpo d’água fique em categoria de qualidade inferior à prevista em classificação oficial – drenagem das áreas das minas sem sistemas de contenção de resíduos sólidos nas vertentes dos córregos Elias, município de São Joaquim de Bicas, e Esperança, município de Brumadinho, para a calha do Rio Paraopeba;
- e) descumprir determinação formulada pela Câmara de Mineração do COPAM, inclusive planos de controle ambiental e medidas mitigadoras aprovadas quando do licenciamento (item 7 das condicionantes).

Consta em ata de reunião da Câmara de Mineração do COPAM, datada de 19 de março de 1996: “Processo Administrativo decorrente de Auto de Infração: EMESA, processo COPAM/PA nº 095/86/95 – Substância mineral: minério de ferro, Brumadinho, Relator: Dr. João Carlos Gomes”. Transcreve-se, a seguir, a conclusão do relator: “Que o presente auto de infração seja arquivado, e que a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) e o COPAM mantenham imediato contato com Diretores e Técnicos do Grupo Controlador para o devido encaminhamento da recuperação das áreas degradadas, haja vista a anti-economicidade da continuação

da lavra”. Aprovada por três votos a favor e dois contra, a aplicação das seguintes multas: duas multas no valor de R\$ 1.840,36 (um mil oitocentos e quarenta reais e trinta e seis centavos) cada uma, por “emitir ou lançar resíduos sólidos causadores de degradação ambiental em desacordo com o estabelecido nas Deliberações Normativas” e “ampliar atividade efetiva ou potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente sem Licença de Instalação”; R\$ 2.629,95 (dois mil seiscentos e vinte e nove reais e noventa e cinco centavos) por “descumprir determinação formulada pela Câmara de Mineração do COPAM, inclusive Plano de Controle Ambiental”. “Aprovada, por unanimidade, moção ao Presidente do COPAM de suspensão das atividades da Empresa. A Empresa deverá apresentar, até dia 13 de abril de 1996, cronograma a ser implantado até outubro de 1996. Cópia do processo deverá ser encaminhada ao Ministério Público” (BRUMADINHO, 2003).

6.1 Abandono da área e o patrimônio dilapidado

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), a partir da paralisação das atividades na Mina Esperança, iniciou-se um processo de abandono total da área. Segundo informações obtidas de ex-funcionários da EMESA, os diversos equipamentos de sua propriedade foram retirados antes da declaração de falência, sem contar alguns itens que foram saqueados por terceiros.

No relatório da Bioma Consultoria Ambiental (2004) consta a relação de máquinas e equipamentos que faziam parte da infraestrutura da Mina Esperança, sendo de sua propriedade:

- a) uma unidade de beneficiamento de minério com capacidade de 80.000 toneladas/mês, composta por pré-silo de concreto, alimentador vibratório, britador de mandíbulas 100 x 60 cm, nove transportadores de correia, duas peneiras vibratórias, um britador de cone, dois classificadores de rosca e quatro silos metálicos;
- b) um sistema de captação d’água composto por duas bombas 10” x 8” multi-estágio, vazão nominal de 150 m³/h, com motores de 125 CV, 1750 rpm;
- c) um sistema de captação d’água composto por duas bombas 12” x 10”, vazão nominal de 250 m³/h, com motores de 125 CV, 1750 rpm;

- d) um sistema de captação d'água composto por duas bombas 10" x **", vazão nominal de 300 m³/h, com motores de 125 CV, 1750 rpm;
- e) sete caminhões modelo FNM 180 com caçamba comum, capacidade par 15 toneladas;
- f) uma caminhonete Chevrolet C-10;
- g) um caminhão Chevrolet C-60;
- h) dois tanques cilíndricos para armazenagem de óleo diesel com capacidade de 10.000 litros e 4.000 litros respectivamente;
- i) um tanque cilíndrico para armazenagem de gasolina com capacidade para 6.000 litros;
- j) um conjunto compressor/perfuratriz manual, modelo Ingersoll Rand BB-12;
- k) uma unidade de beneficiamento a seco nova e não instalada;
- l) grande quantidade de parafusos, porcas, peças de reposição, galões de óleos lubrificantes e ferramentas;
- m) um torno mecânico;
- n) quatro transformadores elétricos de grande porte.

A Figura 30 mostra a área onde se localizavam as instalações de beneficiamento de minério, totalmente depredada. Na Figura 31, é mostrada a indicação do local em que um britador foi furtado de sua base, rolado serra abaixo e encarretado, conforme informação de antigo funcionário:

Figura 30 – Área onde se localizavam as instalações de beneficiamento de minérios da Mina Esperança



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 31 – Indicação do local em que um britador foi furtado, rolado serra abaixo e encarretado



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Neste mesmo relatório, constam as seguintes edificações/instalações:

- a) estação de embarque ferroviário;
- b) casa de bombas, para captação de água no Rio Paraopeba;
- c) escritórios;
- d) refeitório;
- e) balança para caminhões;
- f) oficina de manutenção de equipamentos;
- g) vila de operários;
- h) residência para a diretoria;
- i) viveiro de mudas;
- j) uma garagem para caminhões;
- k) três depósitos de explosivos situados próximo à cumeada da Serra das Farofas.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), no que diz respeito às edificações, à exceção da estação de embarque ferroviário e da vila de operários, todas as estruturas relacionadas foram depredadas após a falência da EMESA. Segundo relatos de ex-funcionários, pessoas estranhas à empresa retiraram e levaram telhas, engradamentos, portas, janelas e até partes de alvenaria.

Na Figura 32, pode-se observar o pátio da administração da EMESA e o que restou da edificação da garagem de caminhões. As Figuras 33 e 34 mostram outras depredações no pátio de administração da EMESA e na portaria do pátio de administração. Na Figuras 35, pode ser observada a depredação ocorrida na residência da Diretoria:

Figura 32 – Pátio da administração onde se vê um muro remanescente da garagem dos caminhões



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 33 – Edificação depredada no pátio de administração da EMESA



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 34 – Depredação da portaria do pátio de administração da EMESA



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 35 – Antiga residência da diretoria: após a queda do telhado, ruíram-se as paredes



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

A antiga vila de operários, contígua ao terminal ferroviário de embarque de minério, mostrada na Figura 36, teve suas casas vendidas a ex-funcionários da empresa e a antigos moradores da região. Algumas negociações foram realizadas durante o ano de 1997 e outras anteriores à aquisição do controle acionário da EMESA pela Empresa Paraopeba e procederam de acordos para liquidação de débitos trabalhistas (BRUMADINHO, 2003).

Figura 36 – Antiga vila de operários da EMESA



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Em 21 de janeiro de 2000, para a reativação da plataforma ferroviária da Mina Esperança, foi assinado contrato de comodato entre o síndico da Massa Falida da EMESA e a empresa Minasul Logística LTDA, para que esta última explorasse por prazo indeterminado, as atividades de embarque de finos de minério de ferro provenientes das jazidas localizadas na região da Conquistinha, às margens da BR 381 – Rodovia Fernão Dias.

Nas Figuras 37 e 38, pode-se observar a plataforma de embarque de minérios de EMESA:

Figura 37 – Vista parcial da plataforma ferroviária de embarque de minério da EMESA



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2003).

Figura 38 – Vista aérea da plataforma ferroviária de embarque de minério de ferro da EMESA e da antiga vila de operários



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2003).

6.2 As propriedades onde se desenvolveram as atividades minerárias

As atividades de exploração minerária em EMESA se desenvolveram basicamente dentro de três glebas, de acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003):

- a) Gleba Esperança (Brumadinho): pertencente à Mineração Esperança S/A (antiga Gleba Souza Noschese), onde se localizavam atividades de extração, beneficiamento e embarque de minérios, contendo as instalações de serviços, os pátios de estocagem, a plataforma de embarque, a vila de operários etc. Essa Gleba possuía, de acordo com a Matrícula nº 15.645 registrada no Cartório de Imóveis da Comarca de Brumadinho, área total aproximada de 80,0 alqueires (240 hectares), dos quais 2/3 inseridas no interior da Bacia do Córrego Esperança. O terreno possuía parte de sua área coberta por matas. Segundo Beju e Santos (1996), o imóvel contava com 181,6 hectares de floresta preservada. Em 28 de novembro de 1998, o Município de Brumadinho, através do Decreto nº 29/86 declarou como sendo de preservação permanente uma área de 348,57 hectares pertencentes à EMESA, respeitadas as instalações de beneficiamento de minérios, alojamentos, garagem, oficinas, escritórios, almoxarifado, praças para estocagem de minérios. Conforme o referido Decreto, esta área se destinava à preservação ecológica da região através da conservação das matas. À época, era indiscutível a legalidade do ato, pois se baseava no artigo 3º da Lei Florestal nº 4771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal Brasileiro), que rezava o seguinte:

Art. 3º – Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

- a) a atenuar a erosão das terras;
- b) a fixar dunas;
- c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- d) a auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçadas de extinção;
- g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
- h) a assegurar condições de bem estar público.

Em vista dos processos erosivos decorrentes da exploração minerária, a alínea “a” do citado artigo justificava a promulgação do referido Decreto.

- b) Gleba Candu (Brumadinho): A EMESA sucedeu a Mineração Geral do Brasil na exploração desta Gleba, onde se localizava a jazida de mesmo nome. Promoveu a extração do minério residual, ao mesmo tempo em que utilizava o terreno como servidão, depositando ali o estéril que retirava da Mina Esperança (antiga Mina Souza Noschese). Situa-se à montante da Gleba Esperança, possuindo área estimada de 20 a 30 hectares, totalmente inserida na Bacia do Córrego Esperança. Esta Gleba encontrava-se profundamente degradada em função da área de lavra não recuperada, na fração mais elevada do terreno junto à crista da Serra das Farofas; dos processos erosivos que tinham lugar no depósito de estéril situado dentro de seus limites, na meia encosta da serra; da imensa bacia de acumulação de sedimentos em que havia se transformado o Córrego Esperança à montante de um Barramento de Gabiões e da Adutora da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) – responsável pelo abastecimento de parte de Belo Horizonte e parte de sua região metropolitana – e das erosões formadas a partir do trecho abandonado pertencente à antiga estrada que dava acesso à Jazida do Candu.
- c) Gleba Minas de Ferro (São Joaquim de Bicas): Gleba onde se insere a Mina do Saraiva, antiga propriedade da empresa Minas de Ferro S/A, localizada no território do município de São Joaquim de Bicas. Adquirida pela EMESA em 1980, cuja área total era de 40 hectares, conforme Matrícula nº 41.101 registrada no Cartório de Registro de Imóveis de Betim. Confronta com as Glebas Esperança e Candu ao longo da cumeada da Serra das Farofas.

6.3 A ocupação humana

Após a suspensão das atividades em EMESA em 1996 e a declaração de falência proferida em 1998 pelo juiz da Comarca de Brumadinho, a área do empreendimento encontrava-se totalmente abandonada. Registram-se posses e invasões nas áreas de servidão com a edificação de moradias em locais de risco. Tal

situação tornou-se preocupante, pois além de possíveis degradações perpetuadas pelos invasores, poderiam dificultar futuros trabalhos de recuperação ambiental. Outro fator que chamava a atenção se referia ao problema social em curso, frente às constantes invasões na área (BRUMADINHO, 2003).

Em 2002, já eram sete os posseiros residentes nas áreas internas da EMESA, principalmente na Gleba Candu, juntamente com diversos animais de grande porte (equinos e bovinos), não demonstrando qualquer interesse em deixar que as poucas partes da Gleba que ainda possuíam gramíneas reconstituíssem a vegetação natural e mesmo arbustiva e arbórea.

As Figuras 39 a 42 mostram as invasões no interior do empreendimento, com a edificação de moradias, sejam elas de alvenaria ou restos de madeiras e outros materiais:

Figura 39 – Residência em construção e um grande processo erosivo à montante



Fonte: Acervo do autor (setembro/2002).

Figura 40 – Ocupação na Gleba Candu



Fonte: Acervo do autor (setembro/2002).

Figura 41 – Ocupação de nova área na Gleba Candu



Fonte: Acervo do autor (setembro/2002).

Figura 42 – Barracão erguido na Gleba Candu



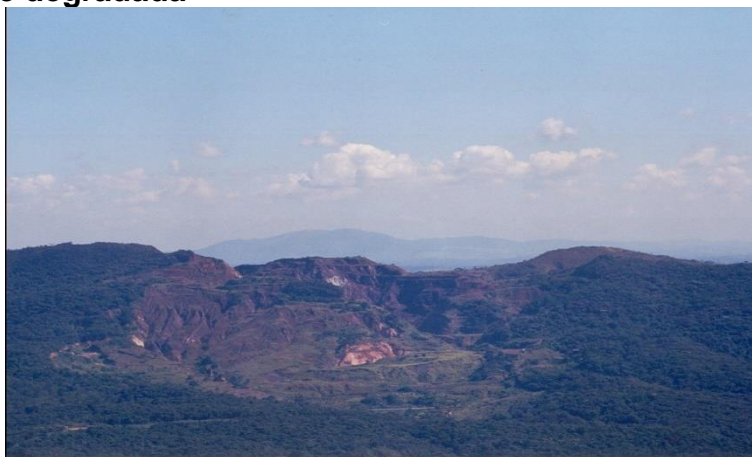
Fonte: Acervo do autor (setembro/2002).

6.4 O passivo ambiental

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003) afirma que degradação ambiental da área onde a EMESA atuou era ampla, generalizada e dinâmica, sem qualquer indício de estabilização natural das áreas erodidas após a paralisação das atividades da empresa. O passivo ambiental se dividia entre os municípios de Brumadinho, onde a degradação era bem maior, e São Joaquim de Bicas. Foi em Brumadinho que a EMESA concentrou, por longos anos, suas atividades de extração, beneficiamento e embarque de minério de ferro. O material explorado e retirado da área localizada na vertente de São Joaquim de Bicas era transportado e beneficiado na Usina em Brumadinho.

Na Figura 43, tem-se uma vista aérea na qual pode ser observada a degradação em que se encontrava a Mina Esperança em 2003, a partir da vertente de Brumadinho. Na Figura 44, tem-se uma vista aérea do interior da cava da mina, onde a crista da cumeada da Serra, à direita da foto, é justamente a divisa dos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas:

Figura 43 – Vista aérea da vertente de Brumadinho da Mina Esperança, com a área totalmente degradada



Fonte: Acervo do autor (maio/2005).

Figura 44 – Vista aérea do interior da cava da mina, onde parte da lavra encontra-se no município de São Joaquim de Bicas, cujo divisor é a crista da cumeeada da serra, à direita na imagem



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2003).

Os processos erosivos formados tinham lugar nos seguintes locais, conforme a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003):

- a) **A cava da mina:** Godoy (1957) cita a existência de uma lente primária de hematita, de grandes proporções, formando as jazidas do Saraiva, Candu e Souza Noschese. O tempo mostraria que essa lente de hematita se encontrava, quase que exclusivamente no interior da Jazida de Souza Noschese, para cuja exploração foi criada a Empresa de Mineração Esperança. A cava originou-se da extração dessa lente primária. Trata-se de uma cava aberta, drenada para o Córrego Esperança, que ocupava uma área em torno de 7 hectares e com profundidade, em relação à cumeeada da serra, em torno de 115 metros. Seccionava a serra perpendicularmente numa extensão de aproximadamente 450 metros. Sua extremidade noroeste transpunha a linha de crista da Serra das Farofas, penetrando no município de São Joaquim de Bicas, crista esta que sofreu um rebaixamento de aproximadamente 40 metros. O fundo da cava inclinava-se para sudeste, de onde vertia uma nascente de água que antigamente formava o principal braço do Córrego Esperança. Parte dessa água era captada pelos antigos moradores de Souza Noschese. As paredes da cava estavam totalmente desprovidas de vegetação, exceção apenas de algumas bancadas localizadas junto à abertura, as quais apresentavam um tênue manto de gramíneas. Seguindo para seu interior, verificava-se que a parede nordeste

não apresentava qualquer vestígio de que um dia haviam sido construídos bancos e bermas, o que tornava frequente os deslizamentos de material terroso, havendo indícios de que a cava recebeu aportes de estéril, do tipo “ponta de aterro”, a partir de sua extremidade superior. Nas Figuras 45 a 48, pode ser observada a situação degradante da cava da mina nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, onde era lavrado o minério de ferro. Nota-se, igualmente, a imensa área desnuda de qualquer tipo de vegetação. Na parede sudoeste da cava, podiam ser observadas bancadas com 5 metros de altura e bermas com 3 metros de largura, situação que se deteriorava, à medida que se aproximava da extremidade da mina. Mesmo na parte onde havia menos degradação, os bancos estavam sendo erodidos em vários pontos, pois a drenagem era frontal.

Figura 45 – Vista do interior da cava da mina, área explorada nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 46 – Cava da mina na divisa entre Brumadinho e São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 47 – Cava da mina na divisa entre Brumadinho e São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 48 – Barracão erguido na Gleba Candu



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Os materiais provenientes dos deslizamentos no interior da cava foram arrastados pelas águas pluviais, contribuindo enormemente para o assoreamento do Córrego Esperança. A drenagem da cava era anteriormente direcionada para as instalações de beneficiamento de minério, situadas a sudeste. Com a paralisação das atividades da empresa, o canal drenante entrou em processo erosivo, aprofundando-se. Os deslizamentos provocaram a perda de um trecho de estrada e colocaram em risco a adutora do Sistema Rio Manso da COPASA, que atravessa as Glebas Candu e Esperança, mostrada na Figura 49. Vale ressaltar que essa adutora responde pela distribuição de água tratada de boa parcela dos habitantes de Belo Horizonte e de sua Região Metropolitana. Esse fato levou a COPASA a executar, em 1998, uma série de obras na área da EMESA, com a finalidade de proteger sua adutora. Construiu um barramento destinado a desviar, em ângulo de 90°, as águas pluviais oriundas da drenagem da cava da mina, direcionando-as para sudoeste, usando como canal uma ravina existente. Nas Figuras 50 a 53, pode ser observado o barramento construído pela COPASA e o canal para o qual foram desviadas as águas provenientes do interior da cava da mina. À época, a Secretaria de Meio Ambiente de Brumadinho questionou junto à FEAM se a obra da COPASA estava devidamente licenciada. A FEAM encaminhou resposta ao Município informando que a obra executada para proteção da adutora não havia sido licenciada junto ao órgão ambiental, informando ainda, que cientes da urgência de execução da mesma, alertaram que o desvio das águas pluviais, ao pé de uma antiga pilha, representava fatalmente riscos de carreamento de sedimentos. Em 2003, a barragem construída pela COPASA achava-se comprometida pela erosão, e a ravina utilizada como canal, encontrando solo siltoso, atingiu grande profundidade (acima de 25 metros em alguns pontos). Os frequentes deslizamentos de suas paredes estavam, de um lado, descalçando a base de um antigo depósito de estéril, e de outro, desestabilizando uma pilha de rejeitos, sendo que parte desta já estava sendo carregada até o Rio Paraopeba. Na Figura 54 pode ser observada a saída do canal de desvio das águas da cava, sendo que à direita estava a base da pilha de estéreis e à esquerda, base da pilha de rejeitos.

Figura 49 – Adutora da COPASA que passa pelas Glebas Candu e Esperança



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 50 – Barramento construído pela COPASA para desvio das águas provenientes do interior da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 51 – Imagem um pouco à montante do barramento construído pela COPASA para desvio das águas provenientes do interior da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 52 – Canal para o qual foram desviadas as águas provenientes do interior da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 53 – Erosão acelerada do canal de desvio das águas provenientes do interior da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 54 – Saída do canal de desvio das águas provenientes do interior da cava da mina, tendo à direita a base da pilha de estéreis e, à esquerda, a base da pilha de rejeitos



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

- b) **A pilha de rejeitos:** Esta pilha, que foram os resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento do *ROM*, localizava-se na parte inferior da encosta da Serra das Farofas, em nível abaixo do depósito de estéril e da abertura da cava da mina, aproximando-se da margem direita do Córrego Esperança. Encontrava-se disposta regularmente e coberta por gramíneas, com ocorrência de alguns focos de erosão nos taludes voltados para o Córrego. Porém, o problema mais grave residia nos processos erosivos que começaram a ocorrer no talude que margeava a ravina utilizada como canal. Na Figura 55 pode-se visualizar a situação em que se encontrava a pilha de rejeitos.

Figura 55 – Pilha de rejeitos que estava localizada na parte inferior da encosta da Serra das Farofas



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

- c) **Os depósitos de estéreis:** Estes materiais eram os resíduos sólidos gerados na extração do *ROM*. Havia, no município de Brumadinho, dois depósitos de estéreis da EMESA. O menor, constituído por uma pilha em cone, localizava-se imediatamente ao norte da cava da mina, próximo à crista da serra, que pode ser observada nas Figuras 56 e 57. Apresentava ravinamentos a partir do topo, causados pela ação direta das chuvas, mas, por estar posicionado acima de uma área coberta por vegetação densa, seu poder poluidor não era grande quando comparado às outras fontes locais. Por outro lado, havia o risco de toda a pilha correr para o interior da cava e dela para o Córrego Esperança, uma vez que os deslizamentos que

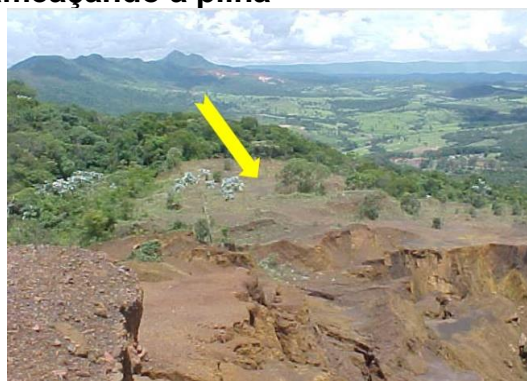
estavam acontecendo na parede norte dessa cava faziam-na avançar em direção ao depósito.

Figura 56 – Pilha de estéril que se situava ao norte da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 57 – A seta indica a crista da pilha de estéril que se situava ao norte da cava da mina. Na parte inferior da foto, é possível ver processos erosivos na parede da cava da mina ameaçando a pilha



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

O segundo depósito, mais antigo e extenso que o primeiro, estava localizado ao longo da meia encosta da Serra das Farofas, a sudoeste da cava da mina. Iniciava-se nas imediações do divisor de águas entre os córregos Inhotim e Esperança (Gleba Candu), prolongando-se até sua base chegar aproximadamente 80 metros da abertura da cava (Gleba Esperança). Este depósito foi utilizado durante 40 anos pela EMESA, tendo sido desativado em 1990. Na Figura 58 tem-se uma vista geral desse depósito de estéreis. Na Figura 59 tem-se o depósito de estéreis localizado em partes das Glebas Candu e Esperança. Tratava-se de um depósito feito por meio de descarga de material em ponta de aterro, que cobriu parte da estrada que dava acesso à jazida do Candu. Em 1992, a EMESA chegou a tentar realizar uma reconformação, mas os trabalhos de construção de bancos ficaram restritos à crista do depósito. Acima desse depósito, chegando à cumeada da serra, existia uma área da Jazida Candu, contígua à cava da mina, com aproximadamente 2 hectares, que também foi lavrada pela EMESA. Esta área encontrava-se totalmente degradada e desprovida de vegetação, com erosões em curso. No entanto, a sua drenagem era encaminhada para uma série de bacias de decantação ali construídas, onde o excesso vertia para a cava da mina, e, deste modo, pouco

contribuiu para acelerar os processos erosivos verificados no depósito de estéreis. Este depósito foi completamente ravinado pela ação das águas pluviais. As ravinas de menor porte, penetrando no material depositado, convergiam para três ravinas principais que escavaram profundamente o solo situado sob o depósito, sendo que a maior delas possuía afloramento de água. No passado, essa água formava o braço secundário do Córrego Esperança. Em seu interior a EMESA construiu uma pequena Barragem de Gabião para tentar conter a erosão, mas o esforço se revelou infrutífero. Partindo da entrada da mina, outra grande ravina, já citada, corria paralelamente à parte mais antiga do depósito. Esse depósito de estéreis era a maior fonte de detritos que contribuía para o assoreamento do Córrego Esperança. A cada período de chuvas, enormes quantidades de sedimentos eram levadas, através das ravinas, para a calha do Córrego.

Figura 58 – Vista geral do depósito de estéril da EMESA no município de Brumadinho



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 59 – Antigo depósito de estéreis localizados em partes das Glebas Candu e Esperança



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

O segmento que restou da antiga estrada de acesso à Jazida do Candu, em um trecho inferior, foi abandonado sem qualquer preocupação de recuperação ambiental, fato este que contribuiu para a formação de duas voçorocas de menor porte, perpendiculares ao eixo da estrada. Essas duas voçorocas, após terem sido utilizadas pela Prefeitura de Brumadinho para disposição final de entulhos da construção civil e outros diferentes tipos de resíduos, foram recuperadas através de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Na Figura 60, pode ser observado o local onde a Prefeitura de Brumadinho realizava a disposição final de entulhos da construção civil e outros

tipos de resíduos. Na Figura 61, o mesmo local com a recuperação ambiental realizada pela Prefeitura de Brumadinho:

Figura 60 – Local utilizado pela Prefeitura de Brumadinho na Gleba Candu para disposição final de entulhos da construção civil e outros resíduos



Fonte: Acervo do autor (agosto/2006).

Figura 61 – Recuperação ambiental pela Prefeitura de Brumadinho na Gleba Candu para disposição final de entulhos da construção civil e outros resíduos



Fonte: Acervo do autor (novembro/2008).

- d) **A calha do Córrego Esperança:** O Córrego Esperança tem cerca de 2 km de extensão e suas margens eram totalmente desprovidas de qualquer tipo de vegetação ciliar. Forma-se a partir de uma nascente principal, localizada na Gleba Esperança, no interior da cava da mina, e de uma nascente secundária proveniente da Gleba Candu, que vertia de dentro da ravina maior situada na base do depósito de estéreis. Os locais de ocorrência dessas nascentes foram profundamente modificados por quase 60 anos de atividades minerárias. No que diz respeito à nascente do Candu, sabe-se

que a mesma recebia a contribuição de um filete de água que nascia em cota bastante elevada, alimentada por um lençol entremeado à hematita detrítica e contido por fina parede de filito. No dia em que a Mineração Geral do Brasil rompeu essa parede de filito para extrair a hematita, a água que verteu chegou a produzir uma pequena enchente no córrego hoje conhecido por Esperança. Quanto ao curso d'água principal que desce do interior da cava da mina, era impossível até mesmo de se determinar o seu curso primitivo, pois ele corria pelo interior de uma ravina cuja extremidade desembocava na calha assoreada do córrego secundário que nasce na Gleba Candu. Logo abaixo desse ponto de encontro, a EMESA construiu, em 1991, a Barragem de Gabião de 7 metros de altura, com a finalidade de contenção dos sedimentos carreados para o córrego e promover a filtragem da água. Entretanto, durante o período chuvoso de 1992, a barragem recebeu grande aporte de sedimentos, o que ocasionou uma ruptura em sua ombreira direita. Esta situação foi corrigida, logo em seguida, com a construção de um muro de concreto complementando o corpo da barragem. Contudo, à montante formou-se um imenso depósito de sedimentos que atingiu o nível superior da barragem. Ali, o Córrego Esperança deixou de ter curso definido: suas águas turvas vagueavam pela extensa planície de sedimentos. Em 2002, a Barragem de Gabião apresentava dois pontos de ruptura em seu corpo, contendo fendas que permitiam a passagem das águas a dois metros abaixo de seu nível superior, levando consigo os sedimentos que se acumulavam acima dessas aberturas. O comprimento de ambos os pontos de ruptura alcançava a base da barragem e dificilmente ela resistiria a mais um período de chuvas. Caso viesse a se romper, o material acumulado em sua bacia fatalmente seria carreado para o leito do Rio Paraopeba. O conseqüente rebaixamento do nível do depósito de sedimentos acumulados propiciou, por sua vez, novos níveis de aprofundamento das ravinas existentes à montante. Na Figura 62, tem-se uma vista da parte frontal da Barragem de Gabião. Nas Figuras 63 e 64, pode ser observada a Barragem de Gabião com seus pontos de rompimento. Na Figura 65, pode ser observado o rebaixamento do nível de sedimentos imediatamente à montante da Barragem de Gabião, em decorrência das rupturas da parte superior dessa barragem.

Figura 62 – Barragem de Gabião construída pela EMESA no leito do Córrego Esperança



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 63 – Rompimento em dois pontos da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 64 – Imagem ampliada de um dos pontos do rompimento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 65 – Rebaixamento do nível de sedimentos imediatamente à montante da Barragem de Gabião, em decorrência das rupturas de sua parte superior



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

A partir do pé da Barragem de Gabião até uma antiga ponte destruída da estrada de acesso à mina, o Córrego Esperança não tinha um curso definido, face ao assoreamento em que se encontrava. Imediatamente após a barragem, ele era atravessado por uma adutora da COPASA, em tubulação aérea apoiada sobre pilares de concreto. Segundo a Bioma Consultoria Ambiental (2004), esse trecho constituía uma planície aluvionar, onde o paleocanal do Córrego Esperança encontrava-se a uma profundidade de 20 metros em relação à superfície naquela época. Na Figura 66 pode ser observada a situação do Córrego Esperança imediatamente à jusante da adutora da COPASA. O trecho do Córrego que ia desde a referida ponte até o Rio Paraopeba, trecho este que

estava profundamente degradado, apresentava ainda seu canal bem definido. Margeavam o Córrego, neste trecho, vários depósitos de minério. No seu percurso final, antes de atravessar a Estrada Municipal Brumadinho-São Joaquim de Bicas e a ferrovia para desaguar na margem esquerda do Rio Paraopeba, o Córrego Esperança, recebe, por sua margem esquerda, um pequeno afluente nascido na área de floresta da Gleba Esperança, podendo ser observado na Figura 67.

Figura 66 – Córrego Esperança imediatamente à jusante da barragem de gabião e sob a adutora da COPASA



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 67 – Tributário da margem esquerda do Córrego Esperança, que nasce em uma área de floresta na Gleba Esperança



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Em janeiro de 2003, com as constantes chuvas e o imenso acúmulo de sedimentos à montante da Barragem de Gabião, houve o rompimento total dessa estrutura que não mais suportava a carga empreendida, carreando milhares de toneladas de sedimentos pelo curso do Córrego Esperança até sua foz no Rio Paraopeba. Nas Figuras 68 e 69, podem ser observadas as imagens desse rompimento:

Figura 68 – Rompimento da Barragem de Gabião de Gabião



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

Figura 69 – Acúmulo de sedimentos imediatamente à jusante do local de rompimento da Barragem de Gabião. No detalhe, observa-se o encobrimento de boa parte da base de concreto da adutora da COPASA



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

- e) **O Rio Paraopeba:** Na confluência do Córrego Esperança com o Rio Paraopeba ocorreu a formação de um grande delta aluvial originado pela acumulação dos sedimentos oriundos das áreas que sofreram interferência da mineração, conforme pode ser observado nas Figuras 70 e 71. O material sedimentar era predominantemente arenoso, formado por grãos de quartzo e hematita, e rico em seixos de diversas dimensões. A existência deste leque de sedimentos obviamente evidenciava que a quantidade de material levado pelo Córrego Esperança era muito superior ao que a força das águas do Rio Paraopeba conseguia afastar. O delta formado, pressionando as águas do rio contra o lado oposto, provocou mudança de seu curso, aproximando-o perigosamente da Rodovia MG-040, que liga Brumadinho a Belo Horizonte, seguindo pela margem direita do Rio Paraopeba. Na Figura 72 podem ser observados os danos causados na margem direita do Rio Paraopeba, bem próximos à Rodovia MG-040, em função do desvio de suas águas pelos materiais carreados para a foz do Córrego Esperança. À jusante do delta foi-se depositando parte que o rio conseguiu arrastar e a consequente elevação do leito provocou a expansão lateral da calha, com as águas corroendo ambas as margens fazendo com que o rio alargasse nas duas direções. Também neste ponto a Rodovia MG-040 estava em risco, bem como as casas da vila operária. Na Figura 73, podem ser observadas erosões na margem esquerda do Rio Paraopeba, já próximas

da vila operária, em razão do alargamento de seu leito à jusante da foz do Córrego Esperança. A situação não estava pior porque, cerca de 500 metros, à jusante do delta, havia uma draga de arraste extraindo areia e cascalho para comercialização.

Figura 70 – Delta aluvial formado junto à foz do Córrego Esperança, no Rio Paraopeba



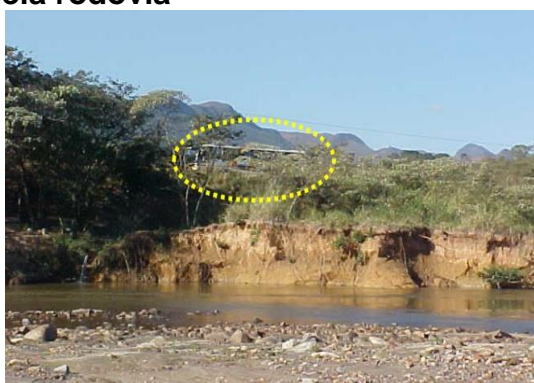
Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 71 – Delta aluvial formado junto à foz do Córrego Esperança, causando alteração do curso do Rio Paraopeba



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 72 – Danos provocados na margem direita do Rio Paraopeba, bem próximo à Rodovia MG-040, em função do desvio de suas águas pelos materiais carreados para a foz do Córrego Esperança. No destaque, observa-se um ônibus transitando pela rodovia



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

Figura 73 – Erosões na margem esquerda do Rio Paraopeba, já próximo à Vila Operária, em razão do alargamento de seu leito à jusante da foz do Córrego Esperança



Fonte: Acervo do autor (maio/2002).

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), no território do município de São Joaquim de Bicas, o passivo ambiental deixado pela EMESA decorreu de suas atividades de lavra e disposição de estéreis no flanco norte da Serra das Farofas.

6.4.1 Síntese do Processos Erosivos

a) **Área de lavra:** perfazia uma faixa de terreno com largura variando de 100 a 150 metros, que iniciava defronte a parede nordeste da cava da Mina Esperança e seguia, na direção sudoeste, pela cumeada da Serra das Farofas por uma distância aproximada de 1.000 metros. Na extensão em que esta faixa margeava a cava da mina, a crista da Serra sofreu um rebaixamento de aproximadamente 40 metros. Constatou-se, ainda, que a extremidade noroeste da cava da mina ultrapassou a linha de crista da montanha, modificando o divisor de águas, passando a drenar, para Brumadinho, área pertencente ao município de São Joaquim de Bicas. No restante da faixa mencionada, onde a EMESA promoveu a extração de minério de canga, verificou-se a conformação da frente de lavra em bancadas dispostas de maneira não muito regular, com alturas em torno de 5 metros e bermas com aproximadamente 3 metros de largura. Em toda área de lavra, eram raros os pontos que possuíam vegetação, e não existia um sistema de drenagem pluvial que conduzisse as águas para as laterais e daí para bacias de contenção de sedimentos. Essa drenagem vinha ocorrendo pela crista das bancadas, provocando erosões em sulcos perpendiculares e o conseqüente carreamento de matérias para o Córrego Elias, ou em menor proporção, para o interior da cava da Mina Esperança. Na Figura 74 pode ser observada a área da antiga lavra da EMESA na vertente do município de São Joaquim de Bicas, no local conhecido como Mina Saraiva.

Figura 74 – Área da antiga lavra da EMESA, na vertente do município de São Joaquim de Bicas, local conhecido como Mina Saraiva



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2003).

b) Depósitos de Estéreis: Na vertente de São Joaquim de Bicas, dois depósitos de estéreis de EMESA estavam localizados ao norte da extremidade da cava da Mina Esperança à montante do Córrego Cocho das Éguas. Da mesma forma como acontecia na vertente de Brumadinho, o lançamento do material estéril era em ponta de aterro, sem maiores preocupações quanto à sua contenção, drenagem ou preservação de nascentes. Um deles, mais antigo, estava parcialmente coberto por vegetação, porém ainda apresentava processos erosivos. Uma de suas faces, voltada para sudoeste, desenvolveu inclinação muito acentuada, ocasionando deslizamentos de encostas. O entorno de sua base possuía vegetação arbórea expressiva, que contribuiu para amenizar efeitos da erosão. O segundo depósito de estéreis ficava mais próximo da área de extração de minério da EMESA, drenando igualmente para o Córrego Cocho das Éguas. Permaneceu quase totalmente desprovido de vegetação que se apresentava em alguns pontos situados ao longo das cristas formadas pelos inúmeros sulcos que partiam da ponta em direção à base. Já a área à jusante da base possuía cobertura vegetal, embora menos expressiva que a do primeiro depósito. Constituiu-se na maior fonte de sedimentos que assoreava o Córrego Cocho das Éguas. A EMESA elaborou um projeto para a estabilização deste depósito, o qual foi aprovado pela FEAM em 1992, porém sem nunca ter sido colocado em prática. Na Figura 75 podem ser observados os depósitos de estéreis na vertente de São

Joaquim de Bicas. Na Figura 76, pode ser observado o deslizamento do material desses depósitos para a drenagem do Córrego Cocho das Éguas.

Figura 75 – Depósitos de estéreis conhecido como pilha Elias, localizados na vertente de São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 76 – Deslizamento de material da Pilha Elias para a vertente do Córrego Cocho das Éguas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

- c) Córrego Elias:** Possuindo suas cabeceiras no flanco noroeste da Serra das Farofas, o Córrego Elias é afluente pela margem esquerda do Rio Paraopeba, desaguando cerca de 1 km à montante da ponte da Rodovia BR-381 sobre este rio, no município de São Joaquim de Bicas. Esse Córrego nasce a sudeste, junto à antiga Mina do Pau de Vinho, cujos processos erosivos decorrentes de sua exploração no período 1992-1995 pela empresa Carvominas – Carvoejamento Minas Ltda causaram assoreamento neste curso d'água. Após percorrer certa distância, recebe pela margem direita o Córrego Cocho das Éguas, o qual tem sua cabeceira junto aos antigos depósitos de estéreis da EMESA, conhecido como Pilha Elias. O Córrego Cocho das Éguas percorre cerca de 800 metros antes de desaguar no Córrego Elias. Desde o sopé da Serra até a confluência, formou-se, ao longo do Córrego Cocho das Éguas, uma extensa planície aluvial, composta de material proveniente do despejo de 60 anos, aproximadamente, de atividade minerária em suas cabeceiras. No início da década de 70, a quantidade de material na planície atingiu níveis tão elevados que viabilizaram um alvará de lavra e a criação de uma empresa, a Empresa Paraopeba Ltda (EMPARA), com a finalidade de aproveitar o minério ali depositado. Anos depois, a EMPARA foi vendida e acabou por

adquirir o controle acionário da EMESA. Havia um plano de recuperação do Córrego Cocho das Éguas, elaborado por essa empresa e aprovado pela FEAM em 1992, mas ele somente era possível de execução se fosse realizada a contenção dos depósitos de estéreis situados à montante. Na Figura 77 pode ser observada a foz do Córrego Cocho das Éguas com as águas turvas do Córrego Elias. A Figura 78, mostra parte do leito do Córrego Cocho das Éguas, à jusante dos depósitos de estéreis, assoreado.

Figura 77 – Córrego Cocho das Éguas e sua foz, com as águas turvas do córrego Elias, que nasce nas proximidades da Mina Pau de Vinho



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

Figura 78 – Leito do Córrego Cocho das Éguas, assoreado à jusante dos depósitos de estéreis



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2002).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da presente dissertação, teve-se como marco inicial a escolha da antiga área de lavra da EMESA, localizada nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, pelo fato da enorme degradação ambiental que existia nessa área minerária, sendo considerada como um dos maiores passivos ambientais advindos da atividade de exploração de minério de ferro a céu aberto existente no Quadrilátero Ferrífero. Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica que possibilitou a construção teórica e conceitual para o desenvolvimento do estudo, abordando o meio físico em que se insere a área delimitada, publicações que continham o histórico local da exploração minerária e suas consequências desastrosas, com destaque para a autuação e paralização das atividades, a falência e o total abandono da Mina, a degradação ambiental da área, os fatos e acontecimentos que levaram a EMESA a ser submetida a um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) firmado com o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, para reinício das atividades de lavra e beneficiamento de minério de ferro, concomitantemente ao processo de recuperação ambiental dessa área.

Foram igualmente abordadas as legislações ambientais e minerárias vigentes que incidiam sobre as atividades do empreendimento, haja vista o grau de degradação ambiental e o descaso nos cumprimentos dos dispositivos legais.

Realizaram-se diversas visitas à área, em épocas distintas durante vários anos, o que resultou num acervo fotográfico cronológico, desde o início do ano 2000 até 2018, tendo em vista que o autor da presente dissertação foi funcionário da Secretaria de Meio Ambiente de Brumadinho no período de 2001 a 2008, e, atualmente, desde o ano de 2008, é funcionário da EMESA.

7.1 Legislação aplicável sobre o empreendimento

7.1.1 *Legislação ambiental no Brasil*

Segundo Moura (2016), a política ambiental brasileira iniciou sua trajetória a partir da década de 1930, quando foram dados os primeiros passos na elaboração de normativos pioneiros afetos à gestão dos recursos naturais, tais como o Código de Águas e o Código Florestal, ambos instituídos em 1934. Desde então, o país tem

avançado gradualmente tanto no estabelecimento de marcos legais relevantes na temática, como no processo de institucionalização das políticas públicas de meio ambiente. A evolução dessa política foi, principalmente, a partir da pressão de organismos internacionais e multilaterais – Banco Mundial, ONU e movimentos ambientalistas de ONG's –, e em função de grandes acontecimentos internacionais ocorridos a partir da segunda metade do século XX.

Ainda, segundo Moura (2016), nas décadas de 1930 a 1960, não havia propriamente uma política ambiental no Brasil ou uma instituição gestora da temática ambiental. Havia políticas setoriais que consideravam tangencialmente a questão ambiental, tendo como foco a exploração dos recursos naturais. Ao final da década de 60, a temática ganhou impulso quando algumas demandas ambientais da sociedade começaram a surgir, tendo como precedente a poluição gerada por atividades produtivas, principalmente a poluição industrial. Neste período, surgem as primeiras legislações voltadas para a administração dos recursos naturais: o Código das Águas (Decreto nº 24.643/1934), afeto à gestão do Ministério das Minas e Energia (MME), devido ao interesse no aproveitamento hídrico para hidrelétricas; o Código Florestal (Decreto nº 23.793/1934), cuja gestão, inicialmente, cabia ao Ministério da Agricultura, visto que o foco era a proteção de solos para uso agrícola e a Lei de Proteção a Fauna (Lei nº 5.197/1967). A política de estabelecer áreas ambientalmente protegidas iniciou-se em 1937, com a criação do Parque Nacional do Itatiaia. A partir daí, foram criados diversos Parques Nacionais, cuja administração e fiscalização estavam submetidas ao Serviço Florestal Federal, órgão vinculado ao Ministério da Agricultura. Em 1967, foi criado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), também vinculado à pasta de Agricultura.

Na década de 70, de acordo com Moura (2016), é publicado o relatório “Limites do Crescimento”, organizado pelo Clube de Roma e pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), o qual enfatizava a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais. Em 1972, é realizada a Conferência de Estocolmo (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente). Pouco depois, em 1973, é criada a primeira instituição a tratar da temática ambiental no nível federal: a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior. A agenda da SEMA se concentrou no problema do controle da poluição industrial e urbana, em uma ação orientada, principalmente, em função de denúncias. Seguindo o modelo federal, alguns estados começam a criar seus Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMA's) neste período:

a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em São Paulo (1973), e a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), no Rio de Janeiro (1975).

Moura (2016) salienta que, na década de 1980, o marco principal foi o estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente, através da promulgação da Lei nº 6.938/1981, que criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e que estabeleceu os princípios, as diretrizes, os instrumentos e atribuições para os diversos entes da Federação que atuam na política ambiental nacional.

Em geral, as normas ambientais federais aprovadas na década de 1980 estavam ligadas principalmente à organização institucional, ao controle da poluição e da degradação ambiental e ao fortalecimento dos mecanismos de participação social na área ambiental. No que se refere à qualidade ambiental, o CONAMA, criado em 1982, por meio da Lei nº 6.938/81, aprovou resoluções relativas ao licenciamento ambiental que regulam a aplicação do tema até a atualidade: Resolução nº 001/1986 que trata do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e Resolução nº 009/1987 que trata das audiências públicas previamente ao licenciamento.

Ainda nessa década, Moura (2016) cita que o movimento ambiental formou a Frente Verde, que trabalhou pela inclusão do Capítulo do Meio Ambiente, em seu Artigo 225, à Constituição Federal de 1988. O capítulo trouxe avanços significativos ao declarar o “meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” como direito do cidadão, especificando-se várias atividades a serem desenvolvidas pelo poder público para garanti-lo.

A partir da Constituição Federal de 1988, ocorre uma maior descentralização da política ambiental e uma consequente estruturação de instituições estaduais e municipais de meio ambiente, com a criação de órgãos e/ou secretarias, bem como de conselhos estaduais e municipais de meio ambiente, resultado da definição temática ambiental como competência executiva comum entre União, Estados e Municípios. A introdução do Capítulo de Meio Ambiente à CF coincidiu com a intensificação, em nível internacional, dos debates sobre meio ambiente, uma vez que ocorreu logo após a realização, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), do Relatório Bruntland, mais conhecido como Nosso Futuro Comum, em 1987, que estabeleceu o conceito de desenvolvimento sustentável.

Como outro marco institucional importante no período, ressalta-se a reestruturação dos órgãos federais encarregados da questão ambiental, por meio do programa Nossa Natureza, em 1989, com a criação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989.

Na década de 1990, Moura (2016) destaca a realização da Rio-92, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992.

Nessa década, mais precisamente em 1992, foi criado o Ministério de Meio Ambiente com a missão promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, a proteção e a recuperação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas, de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis e instâncias de governo e sociedade. Já em 1998, foi estabelecida a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605, colocando o Brasil como uma das poucas nações a possuir um direito penal ambiental.

Segundo Moura (2016), em 2000 criou-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), através da Lei nº 9.985, que contribuiu para organizar e uniformizar as categorias de Unidades de Conservação (UC's) e os instrumentos de proteção, anteriormente dispersos em diversas leis. Em 2002, foi realizada a Conferência Ambiental Rio+10, em Johannesburgo, África do Sul, tendo como um dos principais objetivos a avaliação dos acordos e convênios ratificados na Rio-92.

A Agenda 21 Brasileira, cuja preparação iniciou-se em 1997, foi lançada apenas em 2002. No quadro institucional, a Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia federal vinculada ao MMA, criada em 2000 com o objetivo de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei nº 9.433/97. A ANA vem trabalhando, principalmente, na implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos, no gerenciamento de bacias hidrográficas federais (por meio dos Comitês de Bacias), no enquadramento e monitoramento de rios e na outorga e na cobrança para o uso da água. Em 2007, foi criado o Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia vinculada ao MMA que surgiu a partir do desmembramento do IBAMA e de uma separação de função entre os dois órgãos. O IBAMA focou sua atuação nas ações de licenciamento e

fiscalização, enquanto o ICMBio passou a responder pelo gerenciamento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Em 2012, ressalta-se como marco principal a realização da Conferência Rio+20 – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), de 13 a 22 de junho de 2012 no Rio de Janeiro. A Conferência marcou os 20 anos da realização da histórica Rio-92.

Especificadamente, com relação ao foco do presente estudo, verifica-se que a situação de abandono e a degradação ambiental em que se encontrava a Mina Esperança feriam claramente a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, especificamente o artigo 2º, combinada com a Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985, que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, no seu artigo 1º, inciso I. (BRASIL, 1981).

Quando da lavratura do Auto de Infração pelo COPAM, da Mina Esperança em 20/03/1995, mais uma vez via-se claramente o descumprimento perante a legislação ambiental da época, cujos empreendimentos que exerciam atividades potencialmente poluidoras dependiam de prévio licenciamento ambiental, conforme estabelecido no Artigo 10, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, posteriormente com redação dada pela Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. (BRASIL, 1981).

Àquela época, o próprio Município, respaldado pela Lei nº 6.938/81, poderia ter editado normas que tinham por objetivo a proteção ambiental, desde que respeitados os padrões estabelecidos pela legislação federal e estadual, como forma de atuar em situações onde haveria poluição por parte do empreendimento. E não só editar normas, como também fiscalizar as atividades ali empreendidas. O próprio Alvará de Localização e Funcionamento concedido pelo Município poderia ter sido uma ferramenta crucial para impor exigências, no caso, ambientais, para essa atividade.

Outra Lei que continua em vigor e poderia ter sido aplicada à época é a Lei nº 9.605, de 13 de fevereiro de 1998, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas das condutas e das atividades lesivas ao meio ambiente. Essa Lei consolidou a legislação ambiental, com previsão dos crimes e das infrações ambientais e suas respectivas penas uniformizadas e devidamente graduadas. Objetiva inibir o dano ambiental e possibilita sua recuperação por meio de penas alternativas. Para efeitos de aplicação dessa Lei nas atividades minerárias destaca-se na Seção III o artigo 55. (BRASIL, 1998).

7.1.2 Legislação minerária no Brasil

No caso da legislação no âmbito da Mineração, o aproveitamento dos recursos minerais, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (2017), está baseado principalmente no Código de Mineração, Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, posteriormente reformulada em parte pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996, que estabelece a competência da União em administrar os recursos minerais, os regimes de aproveitamento das substâncias, os sistemas de pesquisa mineral, da lavra, das servidões, sanções e nulidades, entre outros tópicos. Em 2 de julho de 1968, foi promulgado o Decreto nº 62.934, aprovando o Regulamento do Código de Mineração.

Criada pela Lei Nº. 13.575 de 26 de dezembro de 2017, a Agência Nacional de Mineração - ANM que substituiu o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, é uma autarquia federal sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, dotada de personalidade jurídica de direito público com autonomia patrimonial, administrativa e financeira, tem sede e foro em Brasília, Distrito Federal, e circunscrição em todo o território nacional.

A ANM tem por finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, na forma do que dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e a legislação que os complementa.

No que se refere à Mina Esperança, o regime de aproveitamento utilizado iniciou-se com a autorização de pesquisa, conforme estabelecido no artigo 18 do Regulamento do Código de Mineração: “Art. 18. Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico”.

Posteriormente, foi obtida a concessão de lavra, que se deu através de Portaria publicada pelo Ministro das Minas e Energia após análise do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE).

Pelas circunstâncias da autuação e suspensão das atividades da Mina Esperança, em 20 de março de 1995, tendo em vista a desobediência à legislação pertinente, é importante citar que o Decreto Lei 227 de 1967, em seu artigo 47, chama

a atenção para questões ligadas a evitar poluição em detrimento da atividade minerária.

7.1.3 Aspectos constitucionais relacionados

Em termos constitucionais, o regime estabelecido pela Constituição da República de 1988 para o aproveitamento de substâncias minerais está baseado no princípio do domínio da União sobre os recursos minerais, conforme dispõe o artigo 20, cabendo a União conferir aos empreendedores as autorizações e concessões para a sua devida pesquisa e exploração, disposto no artigo 176 (BRASIL, 1988).

Em termos ambientais, o artigo 225, da Constituição da República, estabelece o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 1988). Dessa forma, nota-se que o aproveitamento dos recursos minerais tem uma íntima ligação com a proteção do meio ambiente e conseqüentemente com a recuperação das áreas degradadas, situação esta que não se aplicou durante o ciclo de exploração do minério de ferro na Mina Esperança.

No seu artigo 23, a Constituição Federal, estabeleceu a competência do Estado em legislar e fiscalizar aspectos relacionados aos recursos ambientais (BRASIL, 1988).

7.1.4 Legislação ambiental em Minas Gerais

No âmbito estadual, segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (2007), o estado de Minas Gerais sempre foi pioneiro na implementação de políticas de gestão dos recursos naturais. Foi o primeiro estado a possuir legislação específica sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, com a entrada em vigor, em 1980, da Lei nº 7.772, antecedendo a lei que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, criada em 1981.

Em 1995, foi criada a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). Reunindo o Instituto Estadual de Florestas (IEF), criado em 1962, a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), criado em 1997, a Secretaria passou a coordenar a aplicação das Leis Ambientais em Minas. Naquele momento nascia o

Sistema Estadual de Meio Ambiente (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Em 2003, o Governo Estadual, com o intuito de modernizar a gestão ambiental e vislumbrando um melhor desenvolvimento econômico-social, iniciou o processo de descentralização e modificação da estrutura da SEMAD, por meio da Lei Delegada Estadual nº 62. Essa descentralização foi regulamentada pelo Decreto Estadual nº 43.278, de 2003, com a implantação de dez Unidades Regionais Colegiadas (URC's). Essas URC's eram apoiadas pelas Superintendências Regionais de Regularização Ambiental (SUPRAM's), em um total de nove, que passaram a reunir em um único local a FEAM, o IEF e o IGAM. Essas entidades deixaram de exercer uma função operacional, atribuída à SEMAD, por meio das superintendências, que também tinham competência técnica e jurídica (CARVALHO et al. 2009).

Sob a ótica da Legislação Estadual, à época do abandono da área onde está localizada a Mina Esperança, tanto a Constituição do Estado, promulgada em 1989, quanto a Lei Estadual nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, já mencionavam a necessidade de recuperação ambiental em casos onde houvesse áreas degradadas em função da atividade exercida, o que não eximia a Empresa de estar cumprindo todas as determinações, bem como dos órgãos públicos fazerem valer o cumprimento dos dispositivos legais.

7.1.4.1 Legislação ambiental estadual no âmbito do licenciamento

Licenciamento ambiental, segundo a Fundação Estadual de Meio Ambiente (2007), é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, desde que verificado, em cada caso concreto, que foram preenchidos pelo empreendedor os requisitos legais exigidos.

Na década de 80, quando a EMESA estava em plena atividade, as bases legais para o licenciamento e o controle das atividades efetiva ou potencialmente poluidoras em Minas Gerais foram estabelecidas na Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 39.424, de 5 de fevereiro de 1998. Por não atender à convocação do COPAM para o devido licenciamento ambiental, em 20

de março de 1995, a Empresa foi autuada e no ano seguinte teve suas atividades suspensas.

Independentemente se ocorresse no âmbito da União, Estados ou Municípios, o processo de licenciamento ambiental era dividido em três etapas:

- a) **Licença Prévia (LP):** concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento ou atividade aprovando, mediante fiscalização prévia obrigatória ao local, a localização e a concepção do empreendimento, bem como atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidas nas próximas fases de sua implementação. Tinha validade de até quatro anos.
- b) **Licença de Instalação (LI):** autorizava a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Tinha validade de até seis anos.
- c) **Licença de Operação (LO):** autorizava a operação da atividade ou empreendimento, após fiscalização prévia obrigatória para verificação do efetivo cumprimento do que constava nas licenças anteriores, tal como as medidas de controle ambiental e as condicionantes porventura determinadas para a operação. Era concedida com prazos de validade de quatro ou de seis anos estando, portanto, sujeita à revalidação periódica. A LO era passível de cancelamento, desde que configurada a situação prevista na norma legal.

A partir de 2004, a Regularização Ambiental no Estado de Minas Gerais considerava a classificação dos empreendimentos nos termos da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, conforme Tabela 11, a seguir. Estabelecia critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual e determinava normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental.

Tabela 11 – Classificação dos empreendimentos nos termos da DN COPAM 74/2004

CLASSE	DESCRIÇÃO
1	Pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor
2	Médio porte e pequeno potencial poluidor
3	Pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor
4	Grande porte e pequeno potencial poluidor
5	Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor
6	Grande porte e grande potencial poluidor

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Para os empreendimentos classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, é obrigatória a obtenção da Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF). Para as demais classes (3 a 6), o caminho para a regularização ambiental é o processo de Licenciamento Ambiental.

Em 25 de junho de 2008, foi publicado o Decreto nº 44.844 que revogava o Decreto nº 44.309/2006, estabelecia e detalhava normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipificando e classificando infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelecendo procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação de penalidades.

A Deliberação Normativa COPAM nº 137, de 21 de julho de 2009, que alterou o artigo 9º da Deliberação Normativa nº 74/2004, estendia para as Classes 5 e 6 as possibilidades, a critério do órgão ambiental, de obtenção da LP, concomitante à LI (MINAS GERAIS, 2009).

A regularização ambiental de um empreendimento não terminava, entretanto, com a obtenção da LO ou da AAF. O fato de ter obtido um ou outro desses certificados legais significava que o empreendimento atendeu a uma exigência legal, mas a manutenção da regularidade ambiental pressupunha o cumprimento permanente de diversas exigências legais e normativas, explícitas ou implícitas na Licença Ambiental ou na AAF.

Ressalta-se que, para a obtenção de AAF ou Licença Ambiental, empreendimentos que impliquem intervenções ambientais descritas no Artigo 1º da Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 1905, de 12 de agosto de 2013, deverão obter também Autorização para Intervenção Ambiental - AIA. (MINAS GERAIS, 2013).

Da mesma forma, para obtenção de AAF ou Licença Ambiental, empreendimentos que implicassem intervenções em recursos hídricos, descritos na Portaria IGAM nº 49, de 1º de julho de 2010, deveriam obter também a Outorga de direito de uso de recursos hídricos ou Certidão de Uso Insignificante, Certidão esta que podia ser obtida por meio do Sistema de Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos.

A Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, criou a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH-MG), que tem por objetivo assegurar o controle do uso da água, de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, no estado de Minas Gerais. No artigo 17, fica estabelecido o regime de outorga e, no artigo 18, os usos e intervenções sujeitos à outorga. (MINAS GERAIS, 1999).

Outra legislação ambiental de suma importância em Minas Gerais é a Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado, principalmente no que tange às intervenções em matas nativas, reserva legal, APP e alteração do uso do solo, descritos no seu artigo 75. (MINAS GERAIS, 2013).

Como forma de tentar desburocratizar e dar mais agilidade ao processo de licenciamento ambiental, em 6 de dezembro de 2017, foi promulgada a Deliberação Normativa COPAM nº 217, revogando a Deliberação Normativa nº 74/2004 e diversas outras Deliberações Normativas correlatas, estabelecendo critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluídos, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no estado de Minas Gerais.

Em obediência à Legislação Ambiental do Estado de Minas Gerais, atualmente, a EMESA é detentora de Licenças de Operação para Lavra a Céu Aberto, Beneficiamento a Úmido de Rom of Mine, Disposição em Pilha de Estéril/Rejeito, Posto de Abastecimento, Estradas para Transporte de Minério, Oficina Mecânica, Estação de Tratamento de Esgoto, Outorgas para captação superficial e subterrânea, Outorga de Dreno de Fundo e Canalização.

Atualmente, de acordo com a Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou

potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, podendo ser realizado em três modalidades: Licenciamento Ambiental Trifásico, Licenciamento Ambiental Concomitante e Licenciamento Ambiental Simplificado.

7.1.4.1.1 Licenciamento Ambiental Trifásico

No Licenciamento Ambiental Trifásico, as etapas de viabilidade ambiental, instalação e operação da atividade ou do empreendimento serão analisadas em fases sucessivas e, se aprovadas, serão expedidas as licenças conforme Tabela 12:

Tabela 12 – Fases do Licenciamento Ambiental Trifásico

FASE	DESCRIÇÃO	VALIDADE
Licença Prévia (LP)	Atesta a viabilidade ambiental da atividade ou do empreendimento quanto à sua concepção e localização, com o estabelecimento dos requisitos básicos e das condicionantes a serem atendidas nas próximas fases de sua implementação.	5 anos
Licença de Instalação (LI)	Autoriza a instalação da atividade ou do empreendimento, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.	6 anos
Licença de Operação (LO)	Autoriza a operação da atividade ou do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta da LP e da LI, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação e, quando necessário, para a desativação.	Máximo de 10 anos

Fonte: Elaborada pelo Autor.

7.1.4.1.2 Licenciamento Ambiental Concomitante

No Licenciamento Ambiental Concomitante serão analisadas as mesmas etapas definidas no Licenciamento Ambiental Trifásico, observados os procedimentos definidos pelo órgão ambiental competente, sendo as licenças expedidas concomitantemente, de acordo com a localização, a natureza, as características e a fase da atividade ou empreendimento, segundo as alternativas da Tabela 13:

Tabela 13 – Alternativas para o Licenciamento Ambiental Concomitante

FASES	POSSIBILIDADE DE CONCOMITÂNCIA
LP + LI + LO	Poderão ser solicitadas concomitantemente, em uma única fase, empreendimentos de classes 3 e 4.
LP + LI	Poderão ser solicitadas concomitantemente, em uma única fase, empreendimentos de classes 5 e 6.
LI + LO OU LIC + LO	Poderão ser solicitadas concomitantemente quando a instalação implicar a operação do empreendimento.
A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), quando o critério técnico assim o exigir, poderá determinar que o licenciamento seja procedido no modelo trifásico para empreendimentos enquadrados em qualquer classe.	

Fonte: Elaborada pelo Autor.

7.1.4.1.3 Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS)

Encontra-se ainda em fase de regulamentação. O LAS poderá ser realizado eletronicamente, em uma única fase, por meio de cadastro ou da apresentação do Relatório Ambiental Simplificado pelo empreendedor, segundo critérios e pré-condições que serão estabelecidos pelo órgão ambiental competente, resultando na concessão de uma Licença Ambiental Simplificada.

7.1.4.1.4 Licenciamento Preventivo e Corretivo

Se o requerimento de licença ambiental é apresentado quando o empreendimento ou atividade está na fase de planejamento, ou seja, antes que qualquer intervenção seja feita no local escolhido para sua implantação, diz-se que está ocorrendo o licenciamento preventivo.

Se o requerimento de licença ambiental é apresentado quando o empreendimento ou atividade está na fase de instalação ou de operação, diz-se que está ocorrendo o licenciamento corretivo. Nesse caso, dependendo da fase em que é apresentado o requerimento de licença, tem-se a Licença de Instalação de Natureza Corretiva (LIC) ou a Licença de Operação de Natureza Corretiva (LOC).

7.1.4.1.5 Renovação da Licença de Operação (REVLO)

O empreendedor deverá requerer a renovação da licença ambiental de operação com antecedência mínima de cento e vinte dias da expiração do seu prazo

de validade, fixado na respectiva licença, ficando este automaticamente prorrogado até a manifestação definitiva do órgão ambiental competente.

7.1.4.1.6 Prazos

Poderão ser estabelecidos prazos de análise diferenciados para cada modalidade de licenciamento ambiental, desde que observado o prazo máximo de seis meses a contar da formalização do respectivo requerimento, devidamente instruído, até seu deferimento ou indeferimento, ressalvados os casos em que houver EIA e RIMA – ou audiência pública, quando o prazo será de até 12 meses.

O Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 veio regulamentar a Lei nº 6.938/81, incluindo o Órgão Ambiental Estadual, integrante do SISNAMA, como ente licenciador também, conforme disposto em seu Artigo 17. (BRASIL, 1990).

Complementarmente, o Estado pode delegar aos Municípios o licenciamento ambiental através de instrumento legal ou convênio, conforme disposto no Artigo 6º da Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997. (BRASIL, 1997).

No caso do Município de Brumadinho, em 01 de outubro de 2012, foi celebrado o Convênio de Cooperação Administrativa e Técnica com a SEMAD, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, destacando-se a Cláusula Segunda e Terceira. (MINAS GERAIS, 2012).

8 TERMOS DE COMPROMISSO E AJUSTAMENTO DE CONDUTA FIRMADOS COM O MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

8.1 Termo de Compromisso firmado entre o Ministério Público do Estado de Minas Gerais e a Companhia Paraibuna de Metais S/A

No ano de 2003, a EMESA já figurava no mercado como massa falida, e pelas dificuldades de se encontrar os verdadeiros responsáveis legais pela Empresa em condições de executar a devida recuperação ambiental da área, o caminho a ser seguido foi identificar e responsabilizar antigos detentores de ações da Empresa, como corresponsáveis pelos danos gerados.

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho (BRUMADINHO, 2003), a partir de setembro de 1988, ocorreu a transferência do controle acionário da EMESA. Conforme as atas de diversas Assembleias Gerais Ordinárias (AGO's) e Assembleias Gerais Extraordinárias (AGE's) de acionistas, realizadas posteriormente, elegeram-se para a diretoria da EMESA vários nomes e empresas, com destaque para a AGO e AGE, de 1º de fevereiro de 1995, em que foi aprovada a composição do novo quadro acionário, em função da transferência das ações de propriedade da Companhia de Empreendimentos Industriais S/A (CEI) – controladora de parte da EMESA – para a Companhia Brasileira de Bauxita (Grupo Paraibuna de Metais).

O fato da Companhia Brasileira de Bauxita (Grupo Paraibuna de Metais) ter sido detentora de ações da EMESA, mesmo que por um período curto, foi suficiente para que o Ministério Público de Minas Gerais, através do Inquérito Civil nº 01/2002, firmasse um Termo de Compromisso com a Companhia Paraibuna de Metais S/A, em 30 de maio de 2003, data em que a EMESA já figurava como massa falida.

No presente Termo foram ajustados os seguintes compromissos, sendo que a Compromissária se obrigava a apresentar à Compromitente, no prazo de 60 (sessenta) dias, um projeto básico para mitigação do processo de degradação ambiental:

- 1) Recuperação e alteamento da barragem de rejeitos situada próxima à adutora da COPASA, objetivando a retenção dos sólidos provenientes das frentes de lavra e depósitos de rejeitos;

- 2) Recuperação das margens com vegetação rasteira e restauração da calha do Córrego Esperança, objeto de degradação ambiental da atividade minerária, reduzindo o processo de assoreamento do Córrego Esperança e do Rio Paraopeba;
- 3) Revitalização e/ou canalização (canal aberto), caso determinado pelo Projeto, da nascente do Córrego Esperança;
- 4) Canalização parcial (bueiro simples tubular de concreto – bstc) da nascente de água oriunda da mina na vertente do Córrego Esperança, objetivando o não carreamento de sólidos, de acordo com o Projeto;
- 5) Contenção do processo de sedimentação na foz do Córrego Esperança, através de abertura de um canal no delta.

O referido plano de recuperação ambiental foi submetido ao controle dos órgãos ambientais competentes, bem como ao corpo técnico indicado pelo Compromitente.

Em julho de 2003, foi apresentado pela DAM Projetos de Engenharia Ltda o Projeto Básico/Relatório Final intitulado “Recuperação Ambiental do Córrego Esperança”, marco do início das intervenções em campo dos compromissos firmados entre o Ministério Público do Estado de Minas Gerais e Companhia Paraibuna de Metais S/A.

O início da execução das atividades firmadas no Termo de Compromisso ocorreu em outubro de 2003, com a recuperação e alteamento da Barragem de Gabião, recuperação das margens e da calha do Córrego Esperança, canalização da nascente do Córrego Esperança, canalização da nascente da Mina e canalização do Córrego Esperança na foz e abertura de um canal junto ao Rio Paraopeba (DAM PROJETOS DE ENGENHARIA, 2003).

Segundo a DAM Projetos de Engenharia (2003), a recuperação e o alteamento da Barragem levaram em consideração o aproveitamento da Barragem remanescente, recuperando aqueles locais onde havia deformações, defeitos, vazios e etc. Essa obra permitiu suspender a calha do Córrego Esperança à montante, proporcionando um assoreamento estimado em 12.000 m³.

As Figuras 79 a 84 mostram as obras de recuperação e construção/alteamento da Barragem de Gabião:

Figura 79 – Início das obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 80 – Início das obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 81 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 82 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 83 – Obras de recuperação e alteamento da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 84 – Barragem de Gabião totalmente recuperada e reconstruída



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Ainda segundo a DAM (2003), para a recuperação das margens e da calha do Córrego Esperança, foi previsto um canal de 4,40 m de base ao longo do curso do Córrego com um metro de altura, suficiente para conduzir uma cheia cinquentenária. Nas margens, nas áreas que estavam desnudas, foram plantadas gramíneas da região.

Na foz do Córrego Esperança, no Rio Paraopeba, foi feita a retirada do delta formado pelo aporte de sedimentos oriundos desse Córrego, e ainda foram realizadas algumas obras de reconformação do leito e instalação de tubo “ARMCO” sob a linha férrea no Terminal Ferroviário, atualmente Terminal Serra Azul (TSA).

Nas Figuras 85 a 90, pode ser observada a reconformação da calha do Córrego Esperança, imediatamente à jusante da Barragem de Gabião e Adutora da COPASA até a sua foz no Rio Paraopeba. Os sedimentos retirados da margem esquerda do Rio Paraopeba foram depositados em sua margem direita, como forma de proteger o barranco da Rodovia MG-040 naquele trecho, tendo em vista os processos erosivos à margem dessa pista de rolagem, ocasionados pelo desvio do curso d’água no local do delta. Com isso, as águas voltaram ao curso natural, não mais ocasionando solapamento nesse barranco.

Figura 85 – Vista aérea parcial da calha do Córrego Esperança reconformada



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 86 – Vista parcial da calha do Córrego Esperança reconformada



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 87 – Reconformação da calha do Córrego Esperança antes de passar sob a linha férrea do Terminal Serra Azul (TSA)



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 88 – Reconformação da calha do Córrego Esperança e instalação do tubo ARMCO sob a linha férrea do Terminal Serra Azul (TSA)



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 89 – Reconformação da calha do Córrego Esperança com a colocação de pedras nos taludes das margens à jusante do TSA já bem próximo à foz no Rio Paraopeba



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 90 – Vista aérea do trecho reconformado da calha do Córrego Esperança, passando pelo TSA e sob a linha férrea até sua foz no Rio Paraopeba



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

No que diz respeito ao desassoreamento no Rio Paraopeba, a Figura 91, datada do ano de 2003, mostra como estava a situação àquela época.

Figura 91 – Vista aérea do trecho assoreado no Rio Paraopeba na foz do Córrego Esperança



Fonte: Brumadinho (2003).

Nas Figuras 92 a 95, podem ser observadas as obras de recuperação ambiental desse trecho do Rio:

Figura 92 – Retirada mecanizada dos sedimentos acumulados no leito do Rio Paraopeba e depositados em sua margem direita



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 93 – Margem direita do Rio Paraopeba onde os sedimentos estavam sendo depositados como forma de proteger o barranco à margem da Rodovia MG-404, direcionando as águas do Rio para o seu curso natural



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 94 – Sedimentos depositados na margem direita do Rio Paraopeba, sendo devidamente distribuídos e compactados



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 95 – Vista aérea da margem direita do Rio Paraopeba onde foi transferido todo o sedimento que formava um delta no lado oposto



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Todas as obras executadas pela Companhia Paraibuna de Metais S/A foram finalizadas em novembro/dezembro de 2003, período de início mais intenso das chuvas. Entretanto, as chuvas que caíram na região nessa época foram suficientes para causar danos em grande parte das obras executadas, principalmente na reconformação da calha do Córrego Esperança. A Barragem de Gabião suportou bem o acúmulo de sedimentos provenientes da antiga área de lavra, sem causar danos à sua nova estrutura.

Nas Figuras 96 a 99, podem ser observados os danos causados:

Figura 96 – – Calha do Córrego Esperança imediatamente à jusante da Adutora da COPASA danificada em função das chuvas de novembro e dezembro/2003. O plantio realizado às margens do curso d'água também ficou comprometido



Fonte: Acervo do autor (outubro/2003).

Figura 97 – Calha do Córrego Esperança próxima ao TSA. As obras realizadas de reconformação dessa calha e de rebatimento dos taludes foram danificadas em função das chuvas de novembro e dezembro de 2003



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2004).

Figura 98 – Calha do Córrego Esperança e suas margens com pedras de mão, danificadas pelas chuvas de novembro e dezembro de 2003. Esse trecho está localizado entre o TSA e a foz do Córrego no Rio Paraopeba



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2004).

Figura 99 – Barragem de Gabião suportando satisfatoriamente o acúmulo de sedimentos durante o período de chuvas de novembro e dezembro de 2003



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2004).

8.2 Termos de Ajuste de Conduta firmados entre o Ministério Público do Estado de Minas Gerais e a EMESA

Após a realização das obras em 2003 e com o diagnóstico negativo em parte das atividades executadas pela contratada da Companhia Paraibuna de Metais S/A, pós-período de chuvas, a região se viu mais uma vez sem perspectiva de recuperação ambiental do passivo herdado da atividade minerária. Porém, com a sinalização de

possível melhoria no comércio de minério de ferro, a partir de 2005, a Starwood Brasil Comercial Exportadora Ltda investiu na exploração desse recurso mineral na Mina Esperança, adquirindo a Empresa após negociação dos diversos passivos devidos aos fiscos federal, estadual e municipal. Havia também um enorme passivo ambiental a ser recuperado e que absorveria quantias vultosas, dado o estado de degradação da área. Esse fato resultou na transformação de EMESA de massa falida para processo de Concordata Suspensiva.

Em 5 de agosto de 2005, celebrou-se com o novo proprietário da EMESA e a FEAM um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta Ambiental. Tal Termo teve como finalidade a adoção pelo empreendedor de medidas emergenciais e mitigadoras para a contenção de carreamento de materiais e rejeitos depositados na área de lavra da Mina.

Como no empreendimento havia antigas pilhas de rejeitos contendo finos de minérios que representavam fonte de poluição, - mas que também possuíam valor comercial -, a EMESA foi autorizada pela FEAM a retirar e a comercializar essas pilhas. Tal comercialização gerou recursos financeiros para a empresa que tinha obrigatoriedade de aplicá-los conforme as descrições a seguir:

- a) desassorear e recuperar de forma definitiva o leito do Córrego Esperança à jusante da Barragem de Gabião;
- b) desassorear e fazer a manutenção definitiva da Barragem de Gabião, devendo realizar obras complementares, inclusive no vertedouro visando melhorar a sua eficiência;
- c) construir diques de contenção, dos rejeitos que saiam da antiga cava, para diminuir a pressão no interior da Barragem de Gabião;
- d) recuperar as áreas degradadas no local onde serão retiradas as pilhas de finos de minério.

No Termo, ficou definido que a EMESA deveria apresentar mensalmente relatórios fotográficos mostrando o andamento das obras e todas as despesas relacionadas com o acompanhamento e a fiscalização desse Termo. Em 17 de abril de 2006, foi assinado um novo Termo Preliminar de Ajustamento de Conduta, entre a EMESA e o Ministério Público Estadual, com a interveniência da FEAM, que tinha a premissa de medidas de recuperação, bem como de complementação das medidas

emergenciais para a mitigação de riscos de acidente ambiental, da área situada nos municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, área que foi explorada pela EMESA.

O Ministério Público Estadual considerou que a EMESA, antes de ser adquirida pela Starwood Brasil Comercial Exportadora Ltda, explorou minério de ferro na Serra das Farofas, nos municípios citados anteriormente, causando danos ambientais e, após paralisação de suas atividades econômicas, não promoveu a devida recuperação ambiental. E, mesmo com a retomada das atividades, a situação em que se encontrava a área continuava a causar danos ao meio ambiente, por vezes irreparáveis.

Um aspecto importante levado em consideração no Termo configurou-se no interesse da EMESA em recuperar a área degradada para obtenção de Licenças necessárias ao exercício regular de suas atividades. Para execução das atividades de aproveitamento de antigas pilhas e rejeitos, a EMESA teve concedida pela FEAM a AAF nº 0110/2006, que permitiu a instalação e funcionamento de uma planta de peneiramento e britagem a seco de minério de ferro.

Esse novo Termo obrigava a EMESA a recuperar a área degradada, com medidas consubstanciadas em PRAD e PCA, que foram apresentados à FEAM, com aprovação do COPAM, contemplando, além da reparação propriamente dita, obras emergenciais consistentes, que foram as seguintes:

- a) implantação de sistema de drenagem e dispositivos de contenção de sedimento, em toda a área da EMESA, como forma de se evitar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água (Córregos Esperança e do Elias);
- b) implantação de programa de monitoramento do assoreamento e da estabilidade estrutural dos dispositivos de contenção de sedimentos;
- c) implantação de diques periféricos de contenção das pilhas de minério que foram exploradas na área da Empresa, com monitoramento de suas estruturas, com o objetivo de se evitar o carreamento de sedimentos para o Córrego Esperança;
- d) implantação de sistema de aspersão com o objetivo de minimizar emissão de poeira proveniente das operações de transporte e carregamento de minério na área da Empresa.

No Termo, ainda estava previsto a obrigatoriedade de apresentação pela EMESA de relatório mensal ao órgão ambiental competente, das atividades ambientais realizadas. O comprometimento pela EMESA de destinação dos recursos financeiros gerados pela comercialização dos produtos obtidos com a retirada do minério que existia no local foi outra obrigatoriedade estabelecida no Termo. Dos valores arrecadados, foram destinados 15% do faturamento bimestral bruto para execução das obras previstas no PRAD e no PCA. Como forma de controle dessa obrigação, a EMESA apresentou relatório bimestral ao Ministério Público com os investimentos ambientais executados.

A obrigatoriedade de execução dos investimentos ambientais relativos ao percentual de 15% sobre o faturamento bimestral bruto era somente aplicado sobre as vendas de antigas pilhas de minério que estavam depositadas no empreendimento. Entendendo que os valores alocados não foram bastante o suficiente para a execução das diversas obras, a Empresa continuou investindo o percentual de 15% até o ano de 2015, quando formalizou oficialmente ao Ministério Público o cumprimento dessa obrigatoriedade do Termo Preliminar de Ajustamento de Conduta.

Em obediência ao novo Termo assinado com o Ministério Público Estadual, foram executadas diversas ações de proteção ambiental com o propósito de amenizar os problemas antes identificados. As estruturas de contenção, que objetivavam limitar os principais problemas ambientais aos domínios da mineração, foram reforçadas para melhor suportar as demandas decorrentes, principalmente nos períodos de chuva. Paralelamente, várias intervenções foram implementadas junto das fontes, no sentido de reduzir seu potencial de aporte de materiais a serem contidos nas estruturas posicionadas à jusante da área de antiga área de lavra, principal fonte contribuinte de sedimentos. Constatou-se que uma das principais modificações necessárias foi a construção/ampliação de mais bacias de contenção à montante da Barragem de Gabião em relação às anteriormente projetadas, devido ao grande aporte de sedimentos observado durante o período chuvoso 2005/2006, conforme Figuras 100 a 103:

Figura 100 – Duas bacias que foram construídas e ampliadas à montante da Barragem de Gabião para o aumento da capacidade de retenção de sedimentos



Fonte: Acervo do autor (novembro/2006).

Figura 101 – Vista das bacias construídas à montante da Barragem de Gabião, a número 1 nesta imagem



Fonte: Acervo do autor (novembro/2006).

Figura 102 – Bacia construída na saída da antiga cava da mina com objetivo de reter sedimentos e impedir que eles fossem carregados para o Córrego Esperança



Fonte: Acervo do autor (novembro/2006).

Figura 103 – Pequenas bacias (*sumps*) que foram escavadas à montante da antiga cava, com a função de amortecer a drenagem e reter sedimentos



Fonte: Acervo do autor (novembro/2006).

Como parte de um plano de drenagem que tinha como intuito preservar o sistema efetivo da drenagem pluvial, as bacias (*sumps*) e diques de contenção de sedimentos foram construídos ao longo da drenagem, proveniente da antiga área de lavra da cava da mina, e eram alvos constantes de limpeza e manutenção. Igualmente, fazia parte desse plano a construção e a manutenção de leiras e *sumps* nas estradas de acessos internos que foram reabertas. As leiras tinham a função de proteção, evitando o fluxo das águas pluviais tanto para a vertente do Córrego Esperança em Brumadinho como para a vertente do Córrego Elias (Cocho das Éguas) em São Joaquim de Bicas. Os *sumps* tinham o objetivo de controle da drenagem pluvial com

objetivo de reter o máximo de sólidos que eram carreados. As Figuras 104 a 107 corroboram os fatos citados:

Figura 104 – Limpeza de um dique localizado imediatamente após a encosta de uma antiga pilha de rejeitos, cuja drenagem desembocava no Córrego Esperança



Fonte: Acervo do autor (junho/2006).

Figura 105 – Leiras de proteção da drenagem pluvial construídas à montante das antigas voçorocas



Fonte: Acervo do autor (outubro/2006).

Figura 106– Leira de proteção na estrada da antiga cava, que foi construída para evitar o carreamento de sólidos para a drenagem do Córrego Elias



Fonte: Acervo do autor (novembro/2006).

Figura 107 – Serviços de limpeza realizados na bacia de drenagem do Córrego Esperança, à jusante da antiga entrada da cava da mina



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2007).

Como uma importante ação executada pode-se destacar a recuperação da estrada de acesso ao piso da grande cava de lavra, utilizada para o transporte de materiais e intervenções através de obras de contenção no eixo da cava em locais mais à montante, conforme mostra a Figura 108. Em uma dessas intervenções, limpou-se o fundo do canal que estava assoreado, melhorando a condição de uma nascente existente no local.

Figura 108 – Vista do acesso ao piso da cava da mina que havia sido recuperado



Fonte: Acervo do autor (abril/2007).

No que se referia ao sistema de drenagem, as principais ações foram voltadas para o máximo racionamento das drenagens superficiais, com destaque para a área da antiga cava da mina. Com este intuito, os princípios que foram seguidos eram os de divisão máxima das linhas de fluxo da drenagem pluvial, retenção máxima de sedimentos através de *sumps* que foram escavados, retenção das águas de chuva por meio de terraceamentos construídos em pequenas áreas, reduzindo os locais de contribuição para as drenagens principais e o disciplinamento dos fluxos de águas pluviais, evitando a passagem por trechos com queda brusca na topografia e com substratos frágeis, conforme pode ser observado nas Figuras 109 a 112. Essas ações visavam proteger a antiga área de lavra, que possuía taludes muito altos em suas bordas e em situação de grande instabilidade. O objetivo era evitar ao máximo que as águas fluíssem pelo fundo da cava, em virtude do grande volume de material friável que havia acumulado na área, decorrente principalmente de queda de barreiras laterais.

Figura 109 – Terraço construído na parte alta do morro, com várias células e materiais para a construção de leiras, com o objetivo de reduzir o fluxo de água pela encosta



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2007).

Figura 110 – Áreas de controle de drenagem pluvial, tipo terraceamentos, que foram construídos no topo da lavra para evitar fluxos nas faces desnudadas



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2007).

Figura 111 – Anteparos e bacias escavadas para proteger a lateral sul da cava



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2007).

Figura 112 – Leira de proteção da drenagem, construída para evitar o fluxo das águas pluviais para o interior da cava



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2007).

Concomitantemente às obras de desassoreamento das bacias, foram realizadas as obras de recuperação do leito do Córrego Esperança. Na base do vertedouro da Barragem de Gabião construiu-se um enrocamento, e imediatamente à jusante, a área foi reforçada com pedras que disciplinaram o encaminhamento das águas para o leito do Córrego Esperança. Criou-se a abertura do canal projetado com a escavação do material carregado obedecendo uma geometria adequada, direcionamento do fluxo para o centro do canal que evitou a formação de deltas, reforço da base do talude com enrocamento que evitou seu solapamento e o revestimento do leito com pedras, conforme pode ser observado nas Figuras 113 a 116:

Figura 113 – Enrocamento feito na base do vertedouro da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2006).

Figura 114 – Detalhe do primeiro trecho construído do novo canal do córrego esperança, à jusante da Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

Figura 115 – Segundo trecho aberto do novo canal protegido do Córrego Esperança



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

Figura 116 – Parte do canal do Córrego Esperança, mais à jusante da Adutora da COPASA, desembocando em bacia de amortecimento de fluxo



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

A mata ciliar do Córrego Esperança encontrava-se bastante degradada, com poucos remanescentes conservados. Como fatores que mais contribuíram para essa degradação apontam-se as ações antropogênicas das atividades minerárias pretéritas. Realizou-se o plantio de essências arbóreas normalmente encontradas nos remanescentes ciliares identificados na região, selecionadas conforme o grupo ecológico a que pertencem (pioneiras, secundárias ou climáticas). Na Figura 117 pode ser observado o desenvolvimento de vegetação no novo canal que foi aberto para abrigar o Córrego Esperança.

Figura 117 – Novo canal do Córrego Esperança, com a vegetação lateral prosperando



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

A execução dessas obras, dentre outras, teve o objetivo de assegurar a estabilidade das áreas mais baixas do empreendimento, aquelas situadas à jusante das bacias de contenção e da Barragem de Gabião, impedindo os impactos negativos que vinham acontecendo com o Rio Paraopeba. Nesse período, foram iniciadas também as obras de infraestrutura geral, com a construção de oficina, vestiário, sanitários, escritórios, instalação de um tanque de combustível, com as devidas obras de proteção ambiental. As obras de instalação da Usina de Tratamento de Minério (UTM) já vinham sendo executadas. Nas Figuras 118 a 121, podem ser observadas as referidas estruturas que estavam sendo construídas:

Figura 118 – Refeitório e vestiário que estavam sendo construídos



Fonte: Acervo do autor (outubro/2006).

Figura 119 – Escritório auxiliar que estava sendo construído



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

Figura 120 – Bases do posto de abastecimento de combustível que foram construídas para receber tanque aéreo



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

Figura 121 – Obras de instalação da Usina de Tratamento de Minério (UTM)



Fonte: Acervo do autor (junho/2007).

Também teve início o programa de monitoramento em três pontos do Córrego Esperança para acompanhamento da efetividade do processo de controle ambiental. A Figura 122 mostra um desses locais de monitoramento na Bacia 3:

Figura 122 – Ponto de monitoramento P1 que estava instalado na Bacia 3



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2006).

Com a aquisição da EMESA, em meados de 2007, pela Ferrous Resources do Brasil S/A, empresa formada por grupos de investidores nacionais e estrangeiros, com sede em Belo Horizonte/MG, era o que faltava em termos de aporte financeiro para a recuperação ambiental em paralelo à retomada da exploração minerária na Mina Esperança. Essa retomada se justificou pelas boas reservas remanescentes de minério de ferro, pela ótima posição geográfica por estar ao lado de um embarcadouro ferroviário e a necessidade de um trabalho pleno de lavra racional, para correção do *pit* mal desenvolvido no passado.

Com o emprego de maior efetivo de equipamentos, as atividades que envolviam severas intervenções na antiga área de lavra, fonte expressiva de aporte de sedimentos que causavam assoreamento nas partes mais baixas do empreendimento, principalmente no leito do Rio Paraopeba, puderam enfim ser realizadas.

A Empresa aproveitou também o excelente momento em que se encontrava o mercado de minério de ferro para implantar o empreendimento em bases sólidas, tanto do ponto de vista econômico quanto da infraestrutura produtiva. Nesse contexto, realizaram-se os estudos ambientais necessários para o licenciamento ambiental para reiniciar a atividade produtiva e o aproveitamento de antigos rejeitos, com toda a sua cadeia de repercussões socioeconômicas positivas, assim como a de efetivação de obras consistentes de recuperação ambiental que os benefícios da retomada da lavra proporcionaram.

Vale aqui ressaltar relevantes trabalhos executados e relacionados à geometrização da área de lavra, que permitiram a escavação de pequenas bacias para controle do fluxo da drenagem pluvial, e da criação de diversos dispositivos para amortecimento da velocidade das águas e contenção de sedimentos, com objetivo de reter ao máximo as águas pluviais que se dirigiam para o interior da grande cava. Essa geometrização permitiu também o acesso a locais anteriormente inacessíveis, o que possibilitou, dentre outros aspectos positivos, uma melhor visualização das alternativas para as obras de correção.

A recuperação topográfica da cava da mina com a retomada da lavra, fundamental para a correção do passivo ambiental de EMESA, movimentou um quantitativo enorme de material estéril, material este aproveitado na sua totalidade para recuperação de áreas degradadas, especificamente no envelopamento em formato de pilha ascendente, das enormes voçorocas existentes no empreendimento.

Nas Figuras 123 a 126 podem ser visualizadas algumas intervenções iniciais relativas à geometrização de parte da cava e a construção de bacias escavadas no final do ano de 2007:

Figura 123 – Geometrização da parte oeste da cava da mina, cujas bermas foram construídas direcionando as drenagens, de forma parcelada, para as estruturas de contenção de sedimentos



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2007).

Figura 124 – Canal de drenagem que foi escavado em um dos patamares formados com a geometrização da encosta na área da cava, o que permitiu a diminuição do fluxo das águas pluviais para a cava



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2007).

Figura 125 – Bacia escavada em outro patamar onde estava sendo realizada a geometrização da cava da mina, retendo a água incidente nessa área e aliviando as encostas



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2007).

Figura 126 – Bacia (*sump*) construída no patamar logo abaixo da área geometrizada para proteger a cava à jusante



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2007).

A partir do incremento das atividades em 2008, a área da cava começou a ganhar contornos de uma exploração minerária bem planejada, na parte norte, oeste e sudoeste do *pit* de lavra. O prosseguimento da geometrização de maneira a contornar o *pit* de lavra reduziu a área da cava central com taludes altos, fator que contribuiu sobremaneira para redução dos impactos decorrentes da drenagem das águas de chuva. Os volumes e velocidades de escoamento ficaram reduzidos, aliviando o canal de descida e as áreas de jusante.

Nas Figuras 127 a 130, pode ser observada a geometrização realizada na extensão norte:

Figura 127 – Início das atividades de geometrização na encosta norte do *pit* de lavra



Fonte: Acervo do autor (maio/2008).

Figura 128 – Geometrização em estágio mais avançado na encosta norte do *pit* de lavra



Fonte: Acervo do autor (agosto/2008).

Figura 129 – Geometrização da encosta norte do *pit* de lavra



Fonte: Acervo do autor (maio/2011).

Figura 130 – Geometrização da encosta norte do *pit* de lavra



Fonte: Acervo do autor (março/2013).

Na porção oeste e sudoeste do *pit* de lavra, houve recortes de antigos taludes altos em bancadas regulares, conforme pode ser observado nas Figuras 131 a 136:

Figura 131 – Parte da geometrização da extensão sudoeste da lavra



Fonte: Acervo do autor (agosto/2008).

Figura 132 – Parte da geometrização da extensão oeste da lavra



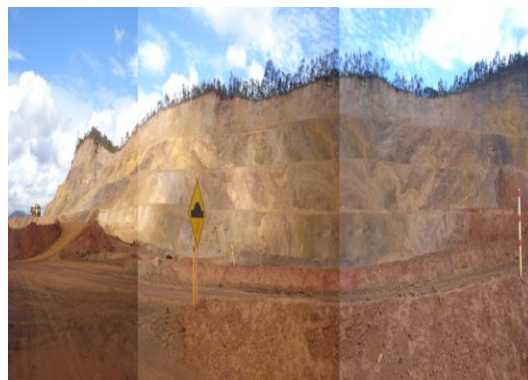
Fonte: Acervo do autor (outubro/2009).

Figura 133 – Encosta sudoeste cortada em bancadas regulares descendentes, com a geometria recomendada



Fonte: Acervo do autor (outubro/2009).

Figura 134 – Outra vista geral da geometrização nas encostas sudoeste e oeste da lavra



Fonte: Acervo do autor (novembro/2013).

Figura 135 – Vista geral da geometrização na cava da mina



Fonte: Acervo do autor (junho/2014).

Figura 136 – Vista geral da geometrização na cava da mina onde estava sendo realizada lavra de minério de ferro



Fonte: Acervo do autor (junho/2014).

Outras duas degradações no empreendimento, que juntamente com a antiga área de lavra eram consideradas os maiores passivos ambientais e mereceram toda a atenção, eram uma enorme voçoroca situada entre as antigas pilhas 1 e 2 e outra voçoroca de grande porte formada na antiga pilha 3, provavelmente feita em ponta de aterro. A solução apresentada à época para a recuperação ambiental desses passivos combinava a disposição de material estéril oriundo das atividades de lavra que estavam se reiniciando, concomitante ao aproveitamento dos antigos rejeitos da pilha 3. Essa disposição foi através do envelopamento das voçorocas por meio da formação de uma pilha ascendente com uma geometria mais suave do ponto de vista da estabilidade, o que permitiu uma drenagem superficial adequada, e a vegetação dos taludes, à medida que iam sendo liberados, impedia o surgimento de processos

erosivos em suas faces. Foi utilizado coquetel de sementes com espécies herbáceo-arbustivas (gramíneas e leguminosas) que possibilitou um rápido recobrimento superficial da área. Na ombreira direita da pilha foi construído um canal de descida de água, sendo parte manilhada e outra construída em degraus para conter a velocidade das águas direcionadas para bacias de contenção à jusante. Antes do início da construção da pilha, instalou-se um dreno de fundo em sua base, que é o local por onde as águas pluviais incidentes na estrutura são direcionadas.

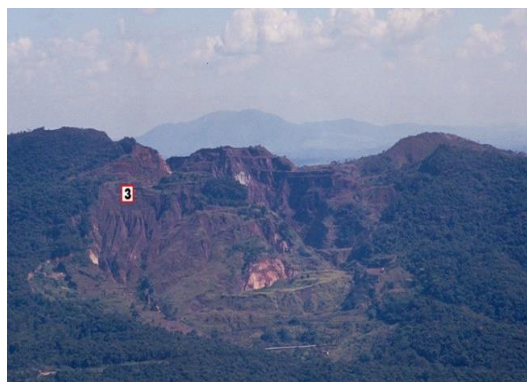
Nas Figuras 137 e 138, pode-se observar o estado de degradação dos locais onde se localizavam as Pilhas 1, 2 e 3:

Figura 137 – Posição das antigas pilhas de rejeito (1 e 2) cortadas ao centro por uma voçoroca de grandes dimensões



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2003).

Figura 138 – Vista de frente da Pilha de Rejeitos 3, com os processos erosivos à mostra



Fonte: Acervo do autor (maio/2005).

As Figuras 139 a 144 mostram a evolução dos trabalhos realizados na recuperação ambiental do preenchimento através de pilha, dos processos de voçorocamento:

Figura 139 – Início da construção da pilha em bancadas regulares e ascendentes para preenchimento das voçorocas



Fonte: Acervo do autor (maio/2008).

Figura 140 – Construção da pilha de forma ascendente para ocupar as feições erosivas



Fonte: Acervo do autor (junho/2008).

Figura 141 – Construção do canal de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito



Fonte: Acervo do autor (agosto/2008).

Figura 142 – Taludes que haviam sido liberados para receber o recobrimento vegetal após o rebatimento executado por retroscavadeira



Fonte: Acervo do autor (novembro/2008).

Figura 143 – Taludes revegetados da pilha de preenchimento das voçorocas em bom estado de desenvolvimento



Fonte: Acervo do autor (abril/2010).

Figura 144 – Vista geral da pilha de estéril/rejeito, resultado do preenchimento das voçorocas



Fonte: Google Earth (2018).

Outra intervenção importante realizada no empreendimento foi o controle da drenagem pluvial oriunda da área da cava da mina com a construção de um canal concretado para descida de água pluvial, retornando a antiga drenagem ao seu eixo de origem. As águas provenientes da cava deixaram de passar pelo interior das antigas voçorocas, em cujas laterais instáveis localizavam-se as antigas pilhas de estéril/rejeito. Essa situação constituía em enorme aporte de sedimentos para as áreas baixas à jusante, onde está localizado o Rio Paraopeba. O canal foi construído em concreto armado formando escadas dissipadoras de energia nos trechos de maior inclinação do terreno. Nos pontos de transposição, num total de três, foram construídas galerias de concreto. No início do canal de descida, construíram-se bacias de amortecimento de fluxos da drenagem pluvial da cava, com objetivo de reter sedimentos e conter a velocidade das águas. A drenagem desse canal termina em bacia construída para este fim, bem próxima a Barragem de Gabião.

As Figuras 145 a 148 mostram a construção dessa importante estrutura:

Figura 145 – Parte inicial do canal de descida d'água construído na saída da cava com a primeira galeria de transposição



Fonte: Acervo do autor (outubro/2008).

Figura 146 – Construção da escada de descida d'água na saída da primeira galeria de transposição com a bacia de amortecimento do fluxo, imediatamente à jusante



Fonte: Acervo do autor (outubro/2008).

Figura 147 – Parte do canal de descida d'água construído (escada dissipadora de energia), logo abaixo das bacias de amortecimento de fluxo



Fonte: Acervo do autor (outubro/2008).

Figura 148 – Detalhe do canal de descida d'água que vai desembocar em uma bacia de contenção próxima à Barragem de Gabião



Fonte: Acervo do autor (outubro/2008).

O Córrego Esperança também recebeu atenção com a continuidade da recuperação do passivo ambiental da Mina Esperança, e as áreas de intervenção foram direcionadas às suas margens, após finalização da conformação dos taludes e leito, principalmente no tocante à revegetação da mata ciliar. Não muito diferente do quadro de degradação ambiental da área, as matas ciliares do Córrego Esperança encontravam-se bastante danificadas, com poucos remanescentes pobremente conservados.

A finalidade da formação da reserva ciliar foi garantir a preservação de uma zona de proteção lindeira ao Córrego Esperança, o que possibilitaria o refúgio e/ou a manutenção dos grupos faunísticos dependentes de ambientes florestais ciliares. As

espécies arbóreas destinadas ao replantio foram aquelas que normalmente são encontradas nos remanescentes ciliares identificados na região.

Nas Figuras 149 a 152, podem ser observados os trabalhos de recuperação das margens do Córrego, com o plantio de espécies arbóreas e de vegetação rasteira:

Figura 149 – Margem esquerda do Córrego Esperança à montante do TSA que foi preparada para receber o plantio de espécies arbóreas e hidrossemeadura



Fonte: Acervo do autor (agosto/2008).

Figura 150 – Plantio de espécies arbóreas realizado à margem esquerda do Córrego Esperança próximo à divisa com o TSA



Fonte: Acervo do autor (outubro/2008).

Figura 151 – Revegetação em bom estado de desenvolvimento às margens do Córrego Esperança próximo à divisa com o TSA



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2010).

Figura 152 – Parte de mata ciliar do Córrego Esperança, à jusante da Adutora da COPASA, que foi revegetada, em bom estado de desenvolvimento



Fonte: Acervo do autor (março/2010).

No Termo Preliminar de Ajustamento de Conduta, firmado entre o Ministério Público Estadual e a EMESA, estavam contempladas também obras de recuperação do Córrego Elias (equivocadamente, à época consideraram esse Córrego como sendo Elias, porém se refere ao Córrego Cocho das Éguas), localizado na vertente do município de São Joaquim de Bicas. Com o passar dos anos e devido ao abandono

da Mina Esperança, uma antiga pilha de rejeito e estéril formada em ponta de aterro e depositada em área próxima à lavra foi responsável pelo aporte de sedimentos para o leito do Córrego Elias durante os períodos de chuva, pois não havia nenhum sistema de controle da drenagem pluvial que pudesse conter os materiais que seguiam diretamente para o curso d'água.

Na Figura 153, pode ser observada a localização da antiga pilha formada em ponta de aterro, e o Vale do Elias, onde se encontra o Córrego de mesmo nome:

Figura 153 – Vista da antiga pilha e do Córrego Elias



Fonte: Google Earth (2018).

A partir do segundo semestre de 2007, foram iniciadas as obras de recuperação do Córrego Elias com a construção de diques para contenção de sedimentos, desassoreamento e reconformação de parte do leito do Córrego, geometrização da antiga pilha, com a construção de bancadas regulares e bermas devidamente inclinadas para dentro como forma de conferir boas condições de drenagem.

A Figura 154 mostra uma vista geral das três bacias de contenção de sedimentos (*sumps*) que foram construídas à jusante da antiga pilha de rejeito/estéril.

Figura 154 – Vista das bacias de contenção de sedimentos – Sumps 1, 2 e 3



Fonte: Google Earth (2018).

Nas Figuras 155 a 160, pode-se observar a antiga pilha de rejeito/estéril, as bacias construídas, o desassoreamento e a reconformação de parte do leito do Córrego Elias:

Figura 155 – Antiga pilha de rejeito/estéril localizada na vertente do Município de São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (dezembro/2008).

Figura 156 – Bacia de contenção de sedimentos (Sump 1), construída ao pé da antiga pilha de rejeito/estéril



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2008).

Figura 157 – Bacia de contenção de sedimentos (Sump 3)



Fonte: Acervo do autor (fevereiro/2009).

Figura 158 – Parte do leito do Córrego Elias (Cocho das Éguas), onde foi realizado um desassoreamento



Fonte: Acervo do autor (junho/2009).

Figura 159 – Parte do leito do Córrego Elias (cocho das éguas), onde foi realizada a reconformação do leito



Fonte: Acervo do autor (julho/2009).

Figura 160 – Geometrização realizada na antiga pilha de rejeito/estéril na cabeceira do Córrego Elias (cocho das éguas)



Fonte: Acervo do autor (outubro/2010).

9 RESULTADOS

Devido à forte redução na demanda por minério de ferro no mercado mundial, à drástica diminuição nos valores pagos pela *commodity*, principalmente no âmbito internacional a partir do segundo quadrimestre de 2014, e, ainda pelo cenário econômico que o País vem atravessando, desde então, a EMESA reduziu suas operações na Mina Esperança, exercendo até o início do ano de 2017 apenas atividades rotineiras de manutenção das estruturas de drenagem pluvial, manutenção dos acessos internos e outras atividades de menor porte. As atividades de manutenção das estruturas existentes no empreendimento, principalmente àquelas relativas ao sistema de drenagem pluvial, incluindo as áreas de lavra e cumprimento das obrigações decorrentes, dentre outros, de atos autorizativos, a exemplo das licenças ambientais e outorgas de direito de uso de recursos hídricos, vêm sendo realizadas e acompanhadas regularmente pela Empresa.

A partir de março de 2017, as atividades de beneficiamento de minério de ferro foram retomadas paulatinamente, tendo em vista a melhora no mercado e nos preços do minério de ferro. O material que vem sendo utilizado na UTM de EMESA é proveniente da lavra de outra unidade minerária da FERROUS, localizada no município de Itatiaiuçu.

Na área da cava, onde as operações de lavra estão paralisadas desde 2014, vem sendo realizada periodicamente a manutenção dos acessos e de todas as estruturas responsáveis pela contenção de sedimentos, o que impede o seu carreamento para as áreas à jusante.

A partir do ano de 2016, visando minimizar os possíveis impactos nos períodos de chuva e organizar as ações a serem adotadas em campo para a recuperação/manutenção das estruturas danificadas nesses períodos, foi criado o Plano Drenado da Mina Esperança, baseado na elaboração de um mapa georreferenciado, conforme **Anexo I**, apontando as estruturas que foram criadas para contenção de finos e redução de carga hidráulica provenientes das precipitações pluviométricas na região da Mina e em outros locais do empreendimento.

Para a elaboração desses mapas, fez-se necessário o direcionamento dos fluxos das águas superficiais decorrentes das estruturas da cava da mina e da pilha de estéril/rejeito de forma controlada, até a porção mais à jusante do empreendimento e antes da foz do Córrego Esperança no Rio Paraopeba.

A elaboração do Plano drenado foi realizada após avaliação do fluxo hidráulico por meio de análise através do *software* “AutoCAD Civil 3D 2014”, bem como das observações de campo. Nesse *software* consta uma ferramenta de direcionamento de drenagens na medida em que há uma atualização topográfica adequada. No biênio 2016/2017, esse Plano Drenado possuía 128 (cento e vinte e oito) pontos relacionados ao sistema de drenagem pluvial do empreendimento e que receberam mais atenção na manutenção, reparos e limpeza. Desses, 13 (treze) são locais de drenagem pluvial, 105 (cento e cinco) bacias de contenção de sedimentos (*sumps*) e 10 (dez) locais onde haviam sido constatadas trincas/rupturas em taludes da pilha de estéril e cava da mina.

Nos locais da drenagem pluvial, o direcionamento do fluxo das águas pluviais foi refeito com a abertura de novas estruturas para diminuir a velocidade das águas, bem como reter o máximo possível de sedimentos para as áreas mais baixas. As bacias de contenção tiveram suas capacidades volumétricas aumentadas e através de planilha com a identificação de cada uma delas, pôde-se organizar de forma eficiente os períodos para as devidas limpezas e manutenções. Os locais que apresentavam algum tipo de trinca/ruptura, foram aquelas localizadas principalmente na área da cava da mina (algumas em taludes) e na pilha de estéril, cujas correções foram efetivadas, pois caso não fossem reparadas, poderiam progredir e trazer sérias consequências às estruturas da cava da mina e pilha de estéril/rejeito. Essas intervenções foram favoráveis ao perfeito funcionamento do sistema de drenagem pluvial do empreendimento, eliminando em quase sua totalidade o aporte de sedimentos para o Córrego Esperança e conseqüentemente para o Rio Paraopeba.

Como premissa básica do sistema de drenagem aplicou-se a devida inclinação ao longo das bermas da cava da mina e pilha de estéril. Este acompanhamento, feito por equipe de topografia, garante o controle sobre o fluxo hidráulico das águas pluviais nas estruturas de forma geral. As drenagens das bermas são direcionadas para rampas de acesso, as quais possuem *sumps* para contenção de finos e amortização do fluxo hidráulico. No caso da Pilha de Estéril, as drenagens são direcionadas para canaletas de concreto com estruturas de contenção de maior porte à jusante, denominadas Barragem de Gabião (porção sul) e Dique de Pé de Pilha (porção norte).

Os materiais carregados pela chuva e retidos em *sumps* recebem manutenção periódica de forma a garantir a integridade das estruturas e evitar carreamento de

finos para áreas externas ao empreendimento. Para atendimento a essa ação, definiu-se um cronograma com a periodicidade de execução das melhorias.

Nas Figuras 161 a 166, pode-se observar o estado atual da área de lavra e dos sistemas de drenagem pluvial:

Figura 161 – Manutenção (limpeza) em bacia de contenção de sedimentos escavada em área da cava da mina à montante do local onde estava sendo realizada a lavra, antes da paralisação das atividades operacionais



Fonte: Acervo do autor (julho/2017).

Figura 162 – Bacia de controle na saída da cava principal, logo abaixo da nascente do córrego esperança e imediatamente à montante da parte inicial da escada de descida d'água



Fonte: Acervo do autor (julho/2017).

Figura 163 – Área da encosta norte do pit de lavra onde foi realizada uma geometrização, com a drenagem pluvial direcionada para o interior da cava



Fonte: Acervo do autor (setembro/2017).

Figura 164 – Taludes em área da cava da mina com boa geometrização, e bermas direcionando o fluxo das águas pluviais para as estruturas de contenção de sedimentos no interior da cava



Fonte: Acervo do autor (setembro/2017).

Figura 165 – Bacias de amortecimento de fluxo imediatamente à jusante da escada de descida d'água, cujo fluxo segue pelo canal de concreto (escada dissipadora de energia)



Fonte: Acervo do autor (setembro/2017).

Figura 166 – Área onde era realizada a lavra antes da paralisação, com as estruturas de contenção de sedimentos e amortecimento do fluxo da drenagem pluvial funcionando de forma satisfatória

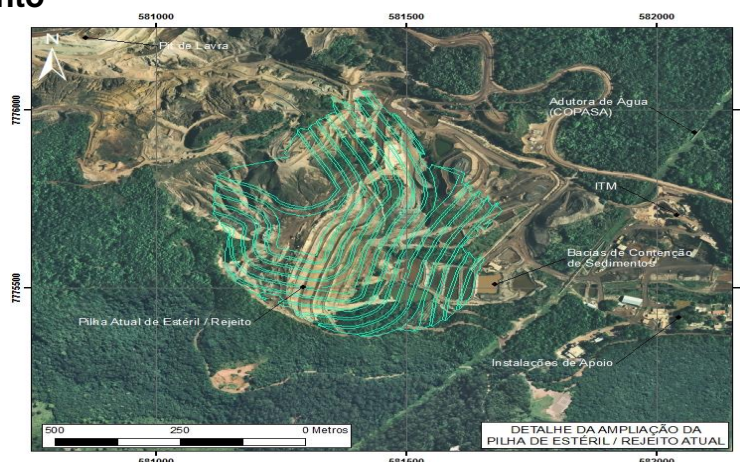


Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Com a paralisação das atividades de lavra e beneficiamento de minério de ferro, nenhuma disposição de estéril/rejeito na pilha foi realizada. Em 2013, foi concedida pelo COPAM a LOC para a ampliação/modificação dessa Pilha de estéril/rejeito. O projeto apresentado para concessão da referida licença foi a de um contrapilhamento que, por motivos de paralisação das atividades, muito pouco foi executado. Foram realizadas as obras de controle de drenagem com a construção do dreno de fundo e de uma escada lateral de descida d'água na ombreira direita da pilha, intervenções necessárias em virtude do projeto de modificação/ampliação da estrutura.

A Figura 167 mostra o arranjo da nova estrutura de contrapilhamento e as Figuras 168 e 169, o início da construção do dreno de fundo:

Figura 167 – Arranjo da nova pilha de estéril/rejeito da Mina Esperança, com o contrapilhamento



Fonte: GEOMIL (2012).

Figura 168 – No detalhe, local da instalação do dreno de fundo do contrapilhamento



Fonte: Acervo do autor (agosto/2014).

Figura 169 – Instalação das linhas da espinha de peixe do dreno de fundo do contrapilhamento



Fonte: Acervo do autor (agosto/2014).

O local destinado à ampliação/modificação da pilha foi projetado à jusante da atual estrutura. Uma das características para tal decisão foi o fato de poder também proceder com o envelopamento dessa mesma estrutura, denominada contrapilhamento. A vantagem da construção da nova pilha nessa posição é a ocupação de uma área já densamente impactada, em área próxima à cava da mina, combinando o menor impacto ambiental com redução nos custos de transporte. Com a retomada em pequena escala do beneficiamento de minério de ferro, a partir de 2017, o rejeito seco gerado está sendo destinado para construção do primeiro banco do contrapilhamento. Na Figura 170 pode ser observada a construção do primeiro banco com rejeito seco oriundo da planta de beneficiamento.

Figura 170 – Construção do primeiro banco do contrapilhamento com a utilização de rejeito seco oriundo do processo de beneficiamento



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Para melhorar a eficiência da drenagem pluvial na pilha de estéril/rejeito, levando-se em consideração o contrapilhamento, em 2015, construiu-se uma nova escada lateral de descida d'água na ombreira direita, em substituição ao canal de descida d'água construído em 2008. Foi feita em concreto para permitir que todos os fluxos incidentes sobre a pilha se direcionem, de maneira controlada, para jusante sem a geração de novas feições erosivas. Há duas bacias de decantação ao final da escada para receber o seu fluxo, sendo a segunda a Barragem de Gabião, onde a água decantada segue pelo Córrego Esperança.

Nas Figuras 171 a 174, podem ser observadas a construção da escada de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito e as condições atuais dessa estrutura:

Figura 171 – Retoques manuais no canal aberto para construção da escada concretada de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2015).

Figura 172 – Construção da escada de descida d'água na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito, com uma das bacias de decantação ao final do canal



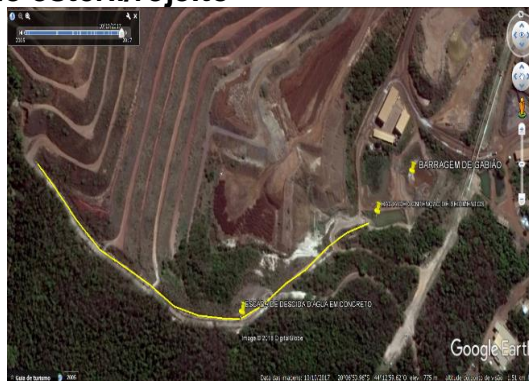
Fonte: Acervo do autor (janeiro/2015).

Figura 173 – Escada de descida d'água instalada na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito



Fonte: Acervo do autor (outubro/2017).

Figura 174 – Vista geral do traçado da escada de concreto de descida d'água instalada na ombreira direita da pilha de estéril/rejeito



Fonte: Google Earth (2018).

Na pilha de estéril/rejeito, as ações rotineiras realizadas são aquelas relacionadas aos monitoramentos de campo para verificação visual das condições físicas, principalmente nos acessos (bermas), taludes e no sistema de drenagem pluvial.

As Figuras 175 e 176 mostram as boas condições visuais da pilha, com os taludes revegetados:

Figura 175 – Bancos e taludes da pilha de estéril/rejeito em boas condições visuais em sua ombreira direita



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Figura 176 – Bancos e taludes da pilha de estéril/rejeito em boas condições visuais em sua ombreira esquerda



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

As margens do Córrego Esperança, especificamente sua mata ciliar, estão bem preservadas em boa parte do trecho no interior do empreendimento, conforme pode ser visualizado nas Figuras 177 e 178:

Figura 177 – Vegetação ciliar às margens do córrego esperança em boas condições de preservação



Fonte: Acervo do autor (outubro/2016).

Figura 178 – Vegetação ciliar às margens do córrego esperança em boas condições de preservação



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Na vertente de São Joaquim de Bicas, as estruturas de contenção de sedimentos localizadas à montante do Córrego Elias vêm funcionando de maneira satisfatória, impedindo o carreamento de sedimentos para o seu leito. A antiga pilha de rejeitos, localizada nessa vertente e que no passado era responsável pelo aporte de sedimentos para o Córrego Elias, foi alvo no último ano de medidas corretivas, com o propósito de impedir que processos erosivos pudessem contribuir com maior carga de sedimentos para as estruturas de contenção à jusante.

Nas Figuras 179 a 181, pode ser observada a situação atual da área:

Figura 179 – Antiga pilha de estéril/rejeito na vertente revegetada do município de São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Figura 180 – Sump de contenção de sedimentos ao pé da antiga pilha de estéril/rejeito na vertente de São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

Figura 181 – Sump de contenção de sedimentos à jusante do sump localizado ao pé da antiga pilha de estéril/rejeito na vertente de São Joaquim de Bicas



Fonte: Acervo do autor (janeiro/2018).

A recuperação do mercado de minério de ferro, a partir do segundo semestre de 2017, possibilitou que a Mina Esperança, mesmo que em pequena escala, retomasse as atividades de lavra de minério de ferro. Com a retomada da lavra, foram reiniciados os trabalhos de geometrização, incluindo áreas que ainda não sofreram

intervenção desde a aquisição pela FERROUS. Tal ação, além de contribuir para melhorar ainda mais o sistema de drenagem pluvial da cava, terá um impacto altamente positivo na paisagem estética da área.

Outro fator importante nessa retomada a ser salientado refere-se à questão socioeconômica, pois com a retomada da lavra, conseqüentemente são abertas novas oportunidades para preenchimento do quadro de funcionários, bem como o aumento na receita dos municípios com a arrecadação através da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

10 CONCLUSÕES

A questão do passivo ambiental não é nova no Brasil, mas, sem sombra de dúvida, ganhou muita importância nos últimos 20 anos. No final dos anos 90 e começo dos anos 2000, foram divulgados na mídia alguns casos sobre passivo ambiental que tiveram repercussão nacional e colocaram a questão definitivamente na pauta de empresários, ambientalistas, autoridades e comunidades de uma maneira geral. Prevenir o passivo ambiental significava incorporar, na prática, a questão ambiental no dia a dia da empresa.

A implementação de qualquer atividade mineradora provoca, com maior ou menor intensidade, transformações à dinâmica espacial e alterações na paisagem. A mineração, e todas as atividades a ela relacionadas, envolvem fatores que causam impactos ambientais e esses impactos, aliados ao abandono, se tornam muitas vezes irreversíveis.

O passivo ambiental tratado na presente dissertação englobou a degradação de áreas onde antes eram realizadas atividades de lavra/extração de minério de ferro. O abandono das atividades de lavra dessas áreas aliado à disposição inadequada de grandes volumes de estéril/rejeito, sem um controle efetivo e eficaz da drenagem pluvial, foi o responsável, por anos, pelo aporte de imensos volumes de material para cursos d'água, causando assoreamentos.

No presente estudo, pode-se entender passivo ambiental como uma dívida ecológica, uma obrigação da empresa relativa ao campo ambiental, neste caso, decorrente das atividades minerárias pretéritas executadas de forma predatória, sem nenhum controle de cunho ambiental para impedir ou mesmo minimizar os danos causados pela atividade. Sabedora que ao adquirir o empreendimento, estaria incluído na negociação toda uma questão ambiental a ser resolvida, a Empresa não mediu esforços para a recuperação da área, como pode ser demonstrado ao longo dos relatos nas páginas anteriores.

A Mina Esperança constitui-se um sólido exemplo no sentido de recuperação de áreas degradadas, principalmente levando-se em conta o crítico estado de degradação que se encontrava o empreendimento, revelando a falta de ações urgentes para conter o assoreamento de cursos d'água, em especial o Rio Paraopeba e para a recuperação das áreas degradadas, principal fonte de aporte de sedimentos.

As medidas executadas durante a recuperação ambiental do empreendimento foram fundamentais para que fosse alcançado êxito na retenção do aporte de sedimentos para o córrego Esperança, e, conseqüentemente para a calha do rio Paraopeba. O assoreamento desses cursos d'água foi o principal impacto ambiental, advindo do abandono da área.

Além da geometrização da cava da mina, que possibilitou direcionar o fluxo das águas pluviais, as estruturas construídas para retenção de sedimentos e diminuição da velocidade do fluxo dessas águas para as partes mais baixas vem funcionando de maneira eficiente.

Importante ação para que essa eficiência atingisse maior êxito, foi a criação do Plano Drenado, que engloba 128 (cento e vinte e oito) pontos relacionados ao sistema de drenagem pluvial do empreendimento e que receberam mais atenção na manutenção, reparos e limpeza. Desses, 13 (treze) são locais de drenagem pluvial, 105 (cento e cinco) bacias de contenção de sedimentos (*sumps*) e 10 (dez) locais onde haviam sido constatadas trincas/rupturas em taludes da pilha de estéril e cava da mina.

Estrategicamente instaladas em vários pontos do empreendimento, as estruturas de contenção de sedimentos do Plano Drenado foram georreferenciadas em imagem (Anexo I) e organizadas em uma planilha para controle da área operacional.

A viabilidade de recuperação ambiental da área se deve, também, à possibilidade do Ativo Minerário ainda existente na Mina Esperança subsidiar os gastos necessários para essa empreitada. E é o que vem acontecendo até os dias atuais com a retomada das atividades de exploração minerária, gerando recursos suficientes para manter a saúde financeira do empreendimento aliado aos recursos alocados na recuperação ambiental.

Indubitavelmente, só se foi possível iniciar e prosseguir com a recuperação ambiental da área a partir da geração de recursos financeiros advindos da exploração minerária. A paisagem estética, outrora demasiadamente degradada, ganhou contornos bem mais suaves com a geometrização da cava da mina e com envelopamento das antigas voçorocas através de empilhamento de forma ascendente, o que possibilitou a revegetação dessa estrutura, incorporando-a à paisagem local.

Desde a intervenção na área para o controle da drenagem pluvial no empreendimento, foi possível conter o aporte de sedimentos para os cursos d'água, em especial para o leito do Rio Paraopeba, melhorando, desse modo, as condições vegetacionais das áreas de preservação permanente.

Portanto, esta dissertação demonstrou a viabilidade de reativação de uma antiga mina de extração de minério de ferro, outrora considerada exaurida e abandonada, transformando-a em um exemplo de recuperação ambiental. Tal êxito se deve pelo entendimento de que a atividade mineral exige cuidadoso planejamento a partir do conhecimento efetivo da situação, a adoção de tecnologia evoluída e aplicável ao caso específico por uma equipe qualificada, e o reestabelecimento das condições anteriormente encontradas ou recomendadas.

O relevante trabalho de recuperação ambiental detalhadamente descrito no presente estudo demonstra que as atividades exploratórias podem e devem caminhar paralelamente com as atividades de recuperação das áreas degradadas por empresas engajadas e comprometidas com a responsabilidade ambiental.

Sugere-se que futuras pesquisas sejam feitas sobre a aplicabilidade dos métodos aqui descritos em outros passivos ambientais para comparar resultados.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F.; AMORIM, L. Q.; SOUZA, K.; CAVALCANTI, J. A. D.; LANFRANCHI, R. A.; SANTOS, J. H.; FREITAS, C. A.; OLIVEIRA, F. M.; BARBOSA, V. C. (1996). **A Junção entre o Sinclinal da Moeda e o Homoclinal da Serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG**. 39º Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, 337-340. Salvador: SBG.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. **The Transamazonian orogeny in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**: Paleoproterozoic Collision and Collapse in the Southern São Francisco Craton region. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 90, p. 29-58, 1998.

ALVES, B. P. (1961). **Sumário sobre estratigrafia e estrutura das quadrículas de Caeté e Serra da Piedade**. Publicação da Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos, 1, 257-260. Ouro Preto: SICEG.

AZEVEDO, U.R.; MACHADO, M.M.M.; CASTRO, P.T.A.; RENGER, F.E.; TREVISOL, A.; BEATO, D.A.C. 2012. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero**. Proposta. In: Schobbenhaus C. & Silva C.R. da. orgs. **Geoparques do Brasil**: Propostas. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. ed.5ª, Rio de Janeiro: Bertrand, 1998.

BEJU, Mircea; SANTOS, Lídia Maria. **Remanejamento de uma Antiga Mina de Ferro no Brasil**. Alpes-França: École des Mines d'Alès e École des Mines de Paris, 1996.

BIOMA CONSULTORIA AMBIENTAL. **Lauda técnico ambiental da massa falida da Mineração Esperança**. Brumadinho, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Institucional. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil** de 1988. Capítulo VI – Do Meio Ambiente. Art. 225. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRASIL. **Decreto Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em 20 out. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>>. Acesso em 20 out. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRASIL. **Decreto Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227.htm>. Acesso em: 08 ago. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9314.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em 23 out. 2018.

BRUMADINHO (MG). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **A Mineração Esperança**. Brumadinho, 2003.

CARVALHO, J. C.; LOTT, V; GREGO, T. A. C. Integração: **A Concepção do Sistema Estadual de Meio Ambiente em Minas Gerais**. In: II CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, 2009. Brasília. Disponível em <http://consad.org.br/evento/ii-congresso/>>. Acesso em 08 ago. 2017.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; KOUSKY, V.E., 1982. **Análise de um caso de atividade convectiva associada a linhas de instabilidade na Região Sul e Sudeste do Brasil**. INPE-2574-PRE/222.

CHEMALE Jr. F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. (1994). **The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Precambrian Research, 65, 25-54.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **15 anos do CBHSF**. 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia**. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/a-bacia/>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAOPEBA. **SF3 – CBH do Rio Paraopeba**. Disponível em: <<http://www.comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg/sf3-cbh-do-rio-paraopeba>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

COPPE/UFRJ. **Eco-92 e Rio + 20: qualquer semelhança não é mera coincidência**. Disponível em: <<http://meioambiente.coppe.ufrj.br/eco-92-e-rio20/>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

CPRM, 2006. **Mapa Geodiversidade do Brasil: influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos**. Brasília: CPRM.

DAM PROJETOS DE ENGENHARIA. **Recuperação Ambiental do Córrego Esperança**. Projeto Básico e Relatório Final, Brumadinho, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2015. **Mapa Rodoviário do Estado de Minas Gerais**.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Institucional**. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br/aceso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

DORR, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero**. Minas Gerais, Brazil. United States Government Printing Office, Washington, 1969.

EMBRAPA, 2004. **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 95 p.

EMBRAPA, 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. 2007. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 11, 1633-1644. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>>. Acesso em 19 set. 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Conselhos mantem Minas na vanguarda**. 2007. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/243>>. Acesso em: 14 set. 2017.

GAIR, J. E. The Sabará Formation. In: **Symposium on Stratigraphy of Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero**, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, v. 7, p. 68-69, 1958.

GEOMIL. Estudo de Impacto Ambiental (EIA). **Ampliação das atividades de Lavra da Empresa de Mineração Esperança S/A**. Brumadinho, 2012.

GODOY, Pimentel de. **Expressão Econômica do Vale do Paraopeba**. Belo Horizonte, MG: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais, 1957.

GOOGLE EARTH. **Brumadinho/MG**, 2018. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@20.11233972,44.21194508,753.20715947a,4723.19980323d,35y,0h,0t,0r/data=ChQaEgoKL20vMGg3bTA0MhgBIAEoAg>>. Acesso em 24 fev. 2018.

HERZ, N. (1978). **Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero**, Minas Gerais, Brazil. USGS Professional Paper, 641-C, 1-81.

IBGE, 1985. **Carta Topográfica da Folha Igarapé SF23X-A-II-1** escala 1:50.000.

IBGE, 1986. **Carta Topográfica da Folha Brumadinho SF23X-A-II-2** escala 1:50.000.

IKONOS (2000), **Scene esp-sat-ikonos-60cm-29-07-2012**, Imagem, aquisição em 29/07/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Gestão para a Sustentabilidade na Mineração**. Brasília, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **II Inventários de Gases Efeito Estufa do Setor Mineral**. Brasília, 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas/154>> Acesso em: 3 jun. 2017.

INMET, 2008. **Normais Climatológicas (1961 – 1990)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em 12 set. 2008.

LADEIRA, E. A. **Metallogenesis of Gold at the Morro Velho Mine, and in Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. 272 f. Tese (Doutorado) – University of Western Ontário, 1980.

LOBATO, L.M.; RIBEIRO-RODRIGUES, L.C.; ZUCCHETTI, M.; NOCE, C.M.; BALTASAR, O.; da Silva, L.C. & Pinto, C.P. 2001. **Brazil's premier gold province**. Part I: The tectonic, Magmatic, and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, 36: 228 – 248.

MACHADO, M.M.M., 2009. **Construindo a imagem geológica do Quadrilátero Ferrífero** [manuscrito]: conceitos e representações. IGC – UFMG, 256 p.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E.; SAADI, A. Geomorfologia. In: **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico**: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005.v.6.

MINAS GERAIS. **Convênio de cooperação administrativa e técnica**. Disponível em:

<<http://sisema.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>>.

Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 18.466, de 29 de abril de 1977**. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=18466&comp=&ano=1977>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 7.772, de 08 de setembro de 1980**. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?num=7772&ano=1980&tipo=LEI>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 10.561, de 27 dezembro de 1991**. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=10561&ano=1991>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº. 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 43.278, de 22 de abril de 2003**. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=43278&ano=2003>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei Delegada nº 62, de 29 de janeiro de 2003**. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LDL&num=62&ano=2003>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004**.

Disponível em:

<<http://sisema.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>>.

Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 137, de 21 de julho de 2009**.

Disponível em:

<<http://sisema.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>>.

Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 44.844, de 25 de junho de 2008**. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7966>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Portaria IGAM nº 49, de 1º de julho de 2010**. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=13970>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 1.905, de 12 de agosto de 2013.** Disponível em:

<<http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/servicos/2014/rc-semad-ief-no-1.905-12-08-2013.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016.** Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=21972&ano=2016>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **Constituição Estadual de 1989.** Disponível em:

<<https://bd.tjmg.jus.br/jspui/bitstream/tjmg/706/8/CONSTITUICAO.MG-11.07.17.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2017.

MOURA, Adriana M. M. (Org.). **Governança ambiental no Brasil: instituição, atores e políticas públicas.** Brasília: Ipea, 2016. Disponível em <<http://www.reformaagrariaemdados.org.br/sites/default/files/GovernancaambientalnOBrasillPEA.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

NASCIMENTO, Luiz Felipe. **Gestão ambiental e sustentabilidade.** Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC. Brasília: CAPES/UAB, 2012.

OLIVEIRA, N. V. 2005. **Modelagem e Inversão 2D de dados magnetométricos aplicados na caracterização geométrica do sinclinal Gandarela e Homoclinal Curral, Quadrilátero Ferrífero,** MG. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia/Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 124 p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada.** 3ª ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 546p.

PEIXES E PESCA NO RIO SÃO FRANCISCO. 2019. Disponível em: <<http://www.sfrancisco.bio.br/html/mapbacia.htm>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

PIRES, F. R. M. (1979). **Structural geology and stratigraphy at the junction of the Curral Anticline and Moeda Syncline.** Tese (Doutorado). Michigan: Michigan Technological University.

POMERENE, J. B. **The Cercadinho Formation.** Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, n. 7, p. 64-68, 1958.

POMERENE, J.B. 1964. **Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos quadrangles,** Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper, 341- D, 84 p.

RENGER, F.E.; NOCE, C.M.; ROMANO, A.W.; MACHADO, N. 1994. **Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero,** Minas Gerais, Brasil. Geonomos, 2(1):1-11.

RESENDE, M.; CURI, N. & LANI, J.L. 1999. **Tropical soils: implications on sustainable development.** In: SCIENCE for Sustainable Development in Latin America and Caribbean. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. **O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados.** Geonomos, v. 18, p. 34-37, 2010.

ROMANO, A.W.; BERTRAND, J.M.; MICHARD, A.; ZIMMERMANN, J.L. 1991. **Tectonique tangentielle et décrochements d'âge Proterozoïque inférieur (orogénèse transamazonienne, environ 2000 Ma) au Nord du "Quadrilatère ferrifère"** (Minas Gerais Brésil). C. R. Acad. Sci. Paris (France) 313 (Série II), 1195–1200.

SCHOBENHAUS, C. & Silva C.R.da. 2012. **Geoparques do Brasil: Propostas.** Serviço Geológico do Brasil. CPRM. Rio de Janeiro/Brasil. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/GEOPARQUESdoBRASIL_propostas.pdf>. Acesso em 21 dez. 2018.

SILVA, F. R. **A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia.** 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SIMMONS G. C. **Geology and ore deposits of the Western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil.** United States Government Printing Office, Washington: 1968.

SIMMONS, G. C. 1958 – **The Fecho do Funil Formation.** Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim v. 7(2) 65-66.

ANEXO I

NOTAS

NOTAS CARTOGRAFICAS
 Sistema de Coordenadas: SAD 1989 (UTM, Zona 23S)
 Datum: South American 1989
 Escala: 1:50000
 False Northing: 10.000.000,0000
 Central Meridian: -46,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 UTM Zone: 23S

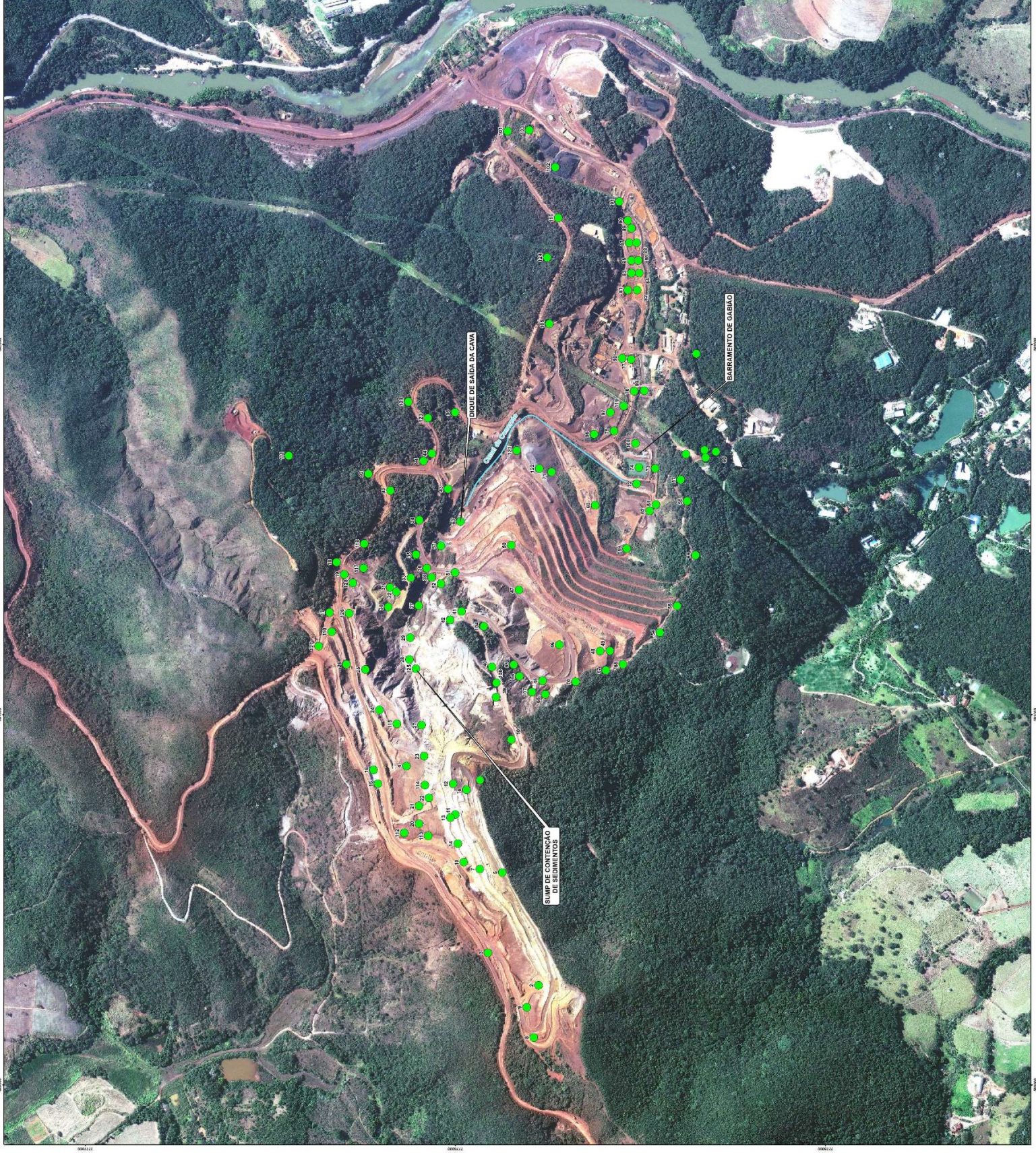
MAPA DE LOCALIZAÇÃO GERAL



Uso: FBR 000372
 Nome: ESP_ITEM_3_PLANO DRENADO
 Data: 08/02/2017 13:37:43

SIMBOLOGIA

- Estruturas de Contenção de Sedimentos
- Canal de Concreto



ORÇ.	ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
01	01				
02	02				
03	03				
04	04				
05	05				
06	06				
07	07				
08	08				
09	09				
10	10				
11	11				
12	12				
13	13				
14	14				
15	15				
16	16				
17	17				
18	18				
19	19				
20	20				
21	21				
22	22				
23	23				
24	24				
25	25				
26	26				
27	27				
28	28				
29	29				
30	30				
31	31				
32	32				
33	33				
34	34				
35	35				
36	36				
37	37				
38	38				
39	39				
40	40				
41	41				
42	42				
43	43				
44	44				
45	45				
46	46				
47	47				
48	48				
49	49				
50	50				
51	51				
52	52				
53	53				
54	54				
55	55				
56	56				
57	57				
58	58				
59	59				
60	60				
61	61				
62	62				
63	63				
64	64				
65	65				
66	66				
67	67				
68	68				
69	69				
70	70				
71	71				
72	72				
73	73				
74	74				
75	75				
76	76				
77	77				
78	78				
79	79				
80	80				
81	81				
82	82				
83	83				
84	84				
85	85				
86	86				
87	87				
88	88				
89	89				
90	90				
91	91				
92	92				
93	93				
94	94				
95	95				
96	96				
97	97				
98	98				
99	99				
100	100				
101	101				
102	102				
103	103				
104	104				
105	105				
106	106				
107	107				
108	108				
109	109				
110	110				
111	111				
112	112				
113	113				
114	114				
115	115				
116	116				
117	117				
118	118				
119	119				
120	120				
121	121				
122	122				
123	123				
124	124				
125	125				
126	126				
127	127				
128	128				
129	129				
130	130				
131	131				
132	132				
133	133				
134	134				
135	135				
136	136				
137	137				
138	138				
139	139				
140	140				
141	141				
142	142				
143	143				
144	144				
145	145				
146	146				
147	147				
148	148				
149	149				
150	150				
151	151				
152	152				
153	153				
154	154				
155	155				
156	156				
157	157				
158	158				
159	159				
160	160				
161	161				
162	162				
163	163				
164	164				
165	165				
166	166				
167	167				
168	168				
169	169				
170	170				
171	171				
172	172				
173	173				
174	174				
175	175				
176	176				
177	177				
178	178				
179	179				
180	180				
181	181				
182	182				
183	183				
184	184				
185	185				
186	186				
187	187				
188	188				
189	189				
190	190				
191	191				
192	192				
193	193				
194	194				
195	195				
196	196				
197	197				
198	198				
199	199				
200	200				

FERROUS

MINA ESPERANÇA

MINA ESPERANÇA

MEIO AMBIENTE

ITEM 3
PLANO DRENADO

ESP_ITEM_3_PLANO_DRENADO