

FELIPE GIUSEPONE

**PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE
AMBIENTAL EM MINERAÇÕES DE AREIA,
COM ENFASE NA PRESERVAÇÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

**Trabalho de formatura apresentado a
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para a conclusão
do curso em Engenharia de Minas**

Orientador:

Prof. Dr. José Renato Baptista de Lima

**São Paulo
2002**

TF-2002
G 449 p
1425367

M2002 H

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005489

AGRADECIMENTOS

As empresas Viterbo Machado Luz Mineração Ltda. e a Mineração Jundu Ltda., principalmente aos eng.^{os} João Manoel e César de Castro e ao Geólogo Noedir Nava, pela colaboração e fornecimento de dados e materiais sem os quais esta pesquisa não poderia ter se concretizado.

A Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente da Estância Turística de Embu das Artes, pelos dados fornecidos que foram de grande importância para a finalização desta pesquisa.

Ao orientador Prof. Dr. José Renato Baptista de Lima, pelo apoio, orientação e incentivo, que foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Sandro Tonso, pela atenção e interesse dispensados.

Aos meus pais e familiares pelo apoio demonstrado, não apenas para a realização desta pesquisa, mas principalmente por tornarem possível minha formação acadêmica nesta faculdade.

Em especial a Engenheira Joana Nicolini Cunha pelo apoio demonstrado durante a execução desta pesquisa e durante estes últimos anos de faculdade, me dando força para continuar enquanto por muitas vezes pensei em desistir.

Ao Escritório Piloto de Engenharia de Minas, pelo apoio fornecido para a realização deste trabalho e por ter auxiliado minha formação nesta Faculdade.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS SOBRE O MERCADO DE AREIA	4
3.1. Uso	4
3.2. RESERVA.....	5
3.3. PRODUÇÃO E FATURAMENTO	7
3.4. IMPACTOS POSITIVOS.....	8
3.4.1. <i>Desenvolvimento regional.</i>	8
3.4.2. <i>Geração de Empregos</i>	9
4. PROCEDIMENTOS.....	10
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
5.1. PARÂMETROS E INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	13
5.1.1. <i>Indicadores Físicos</i>	14
5.1.2. <i>Indicadores Químicos</i>	17
5.1.3. <i>Indicadores Biológicos</i>	22
5.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	24
5.3. IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À ATIVIDADE EXTRATIVA DE AREIA	26
5.3.1. <i>Contaminação da Água</i>	26
5.3.2. <i>Alteração no Nível do Lençol Freático.</i>	32
5.4. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL	35
5.4.1. <i>Implantação de Sistema de Drenagem</i>	35
5.4.2. <i>Controle de Resíduos Sólidos.....</i>	36
5.4.3. <i>Controle dos Efluentes Líquidos.</i>	40
6. MINERAÇÃO E MEDIDAS MITIGADORAS DO IMPACTO	42
6.1. LOCALIZAÇÃO DAS MINERADORAS.....	42
6.2. LAVRA	42
6.3. BENEFICIAMENTO	45
6.4. MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO OBSERVADAS EM CAMPO	49
6.4.1. <i>Drenagem Local.</i>	49
6.4.2. <i>Bacias de Decantação</i>	51
6.4.3. <i>Regularização do pH</i>	55
6.4.4. <i>"Retaludamento"</i> e <i>Revegetação</i>	56
6.4.5. <i>Hidrografia</i>	57
6.4.6. <i>Caixas de Decantação de Óleos e Graxas</i>	60
6.4.7. <i>Tratamento de Resíduos Orgânicos</i>	61
6.4.8. <i>Medidas de Compensação</i>	61
6.5. ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS EM CAMPO	63
6.5.1. <i>Base para o Tratamento dos Dados Obtidos.</i>	63
6.5.2. <i>Monitoramento da Área dos Empreendimentos</i>	64
6.5.3. <i>Resultados das Análises de Água</i>	65
6.5.4. <i>Tratamento de Dados</i>	70
7. ÁREA DE MINERAÇÃO ABANDONADA – PASSIVO AMBIENTAL.....	73
7.1. LOCALIZAÇÃO	73
7.2. HISTÓRICO DA ÁREA	74
7.3. PRINCIPAIS IMPACTOS OBSERVADOS	76
7.3.1. <i>Erosão dos Taludes e Encostas</i>	76
7.3.2. <i>Assoreamento de córregos e lagos</i>	77
7.3.3. <i>Conflitos Sociais com Relação ao Passivo Ambiental</i>	79
7.3.4. <i>Recuperação Natural do Passivo Ambiental</i>	79
7.4. QUALIDADE DA ÁGUA ANTES DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO	81

8. PROJETO DE RECUPERAÇÃO DO PARQUE FRANCISCO RIZZO.....	85
8.1. PRINCIPAIS PREMISSAS DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO.....	86
8.2. PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA A INSTALAÇÃO DO PARQUE.....	87
8.3. SITUAÇÃO ATUAL DO PARQUE	89
8.3.1. <i>Comparação entre as Metas Implantadas e o Projeto de Recuperação</i>	90
8.3.2. <i>Principais Impactos Observados Atualmente.....</i>	93
8.3.3. <i>Qualidade da Água do Lago.....</i>	96
9. CONCLUSÃO	100
10. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	103

Sumário de Tabelas

Tabela 5.1 – Classificação das águas pela dureza	19
Tabela 5.2 – Alcalinidade em função do pH	19
Tabela 5.3 – efeito da acidez em função do pH.....	21
Tabela 5.4 – Categorias do IQA.....	26
Tabela 5.5 – Classificação dos resíduos sólidos.....	39
Tabela 6.1 – dados das análises obtidas nos pontos de amostragem – Mineração Viterbo Machado Luz.	66
Tabela 6.2 – dados das análises obtidas nos pontos de amostragem- Mineração Jundu.	67
Tabela 6.3 – resultado da análise realizado no poço tubular de abastecimento – Mineração Jundu.....	68
Tabela 6.4 – dados anuais da profundidade em metros no poço 0 – Mineração Jundu.....	68
Tabela 6.5 – dados anuais da profundidade em metros no poço 3 – Mineração Jundu.....	69
Tabela 6.6 – dados anuais da profundidade em metros no poço 4 – Mineração Jundu.....	69
Tabela 6.7 – dados anuais da profundidade em metros no poço 6 – Mineração Jundu.....	69
Tabela 6.8 – dados anuais da profundidade em metros no poço 7 – Mineração Jundu.....	69
Tabela 6.9 – dados do controle sobre o Ribeirão Bonito – Mineração Jundu.	70
Tabela 7.1 – resultado da análises da água coletados em 25/02/97 – Fonte W. Bertolo e Epal.....	81
Tabela 7.2 – resultado da análise sobre os sedimentos do lago coletados em 25/02/97 – W. Bertolo e Epal.....	82
Tabela 8.1 – análise de água do lago – Parque Francisco Rizzo – Embu SP	97

Sumário de Figuras

Figura 5.1- ciclo hidrológico da água fonte Embrapa, 1996	12
Figura 5.2: parâmetros para o cálculo do IQA.....	25
Figura 5.3 - Processo de autodepuração.....	29
Figura 6.1 - cava em bancada da Mineração Jundu Ltda.....	43
Figura 6.2 – desmonte hidráulico da Mineração Viterbo Machado Luz	44
Figura 6.3 – carreamento de sólidos para o fundo da área de lavra	44
Figura 6.4 – caixas de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz.....	46
Figura 6.5 – fluxo grama do beneficiamento – Mineração Viterbo Machado Luz.....	46
Figura 6.6 – vião geral da instalação do beneficiamento – Mineração Jundu.....	47
Figura 6.7 – visão geral das pilhas de estocagem – Mineração Jundu.....	47
Figura 6.8 – fluxograma do beneficiamento – Mineração Jundu.....	48
Figura 6.9 – reservatório de água – Mineração Jundu.....	50
Figura 6.10 – bacia de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz	52
Figura 6.11 – revegetação natural da bacia de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz	53
Figura 6.12 – revegetação posterior com plantio de espécies nativas – Mineração Viterbo Machado Luz.....	53
.....	53
Figura 6.13 – caixas de decantação – Mineração Jundu	54
Figura 6.14 – reservatório e dosador de ácido sulfúrico – Mineração Jundu	55
Figura 6.15 – processo de retaludamento concomitante com o desenvolvimento da lavra – Mineração Viterbo Machado Luz	56
Figura 6.16 – antiga cava recuperada com revegetação dos taludes – Mineração Viterbo Machado Luz ..	57
Figura 6.17 – área de preservação às margens do Córrego do Patos – Mineração Viterbo Machado Luz ..	58
Figura 6.18 – vista do Rio Ribeirão Bonito na divisa com a Mineração Jundu	59
Figura 6.19 – vista do Córrego dos Patos na divisa com a Mineração Viterbo Machado Luz	59
Figura 6.20 – caixa de decantação de óleos e graxas – Mineração Viterbo Machado Luz	60
Figura 6.21 – área de preservação para compensação – Mineração Jundu	62
Figura 7.1 – vista dos taludes em processo de erosão – área abandonada da Mineração Giosa – Embu SP	77
.....	77
Figura 7.2 – vista do rio Embu Mirim com processo de assoreamento – área abandonada da Mineração Giosa.....	78
Figura 8.1 – vista do Parque Francisco Rizzo – Embu SP	85
Figura 8.2 – Vista panorâmica do Parque Francisco Rizzo – Embu SP.....	89
Figura 8.3 – vista dos taludes em processo de erosão após incêndio desta área – Parque Francisco Rizzo Embu SP	94

1. Introdução

Nas últimas décadas cresceu a preocupação com relação a preservação do meio ambiente como forma de manter a qualidade dos recursos naturais e consequentemente garantir a qualidade de vida.

Os recursos naturais são essenciais a vida humana e dos demais seres vivos, mas a vida em sociedade requer uma série de necessidades que muitas vezes acabam por impactar negativamente sobre o meio ambiente.

Toda atividade econômica interfere no ambiente e pode causar impactos sobre a natureza, os recursos hídricos, o ar, entre outros. A conscientização da importância destes setores da economia e da preservação ambiental gerou o desenvolvimento de políticas auto-sustentáveis, onde se busca mitigar os impactos destas atividades sem correr no ônus de seu fechamento.

O setor areeiro, abordado nesta pesquisa, é um destes setores que nos últimos tem investido muito em medidas de controle e preservação ambiental. É óbvio que muitas destas medidas são fruto de uma legislação e fiscalização mais rígida, mas atualmente já é possível observar que muitos mineradores do setor adquiriram esta consciência de preservação e em alguns casos a adoção de tais medidas traz benefícios financeiros para estes mineradores.

Por outro lado, ainda é possível observar algumas mineradoras de areia que não aplicam este controle e que muitas vezes acabam gerando uma degradação desnecessária da área minerada, e o que é mais grave, não se comprometem com a recuperação do terreno, contrariando a legislação mineral e dando origem a passivos ambientais que acarretam diversos problemas tanto ao meio ambiente como as comunidades do entorno.

Estes passivos são responsáveis por denegrir a imagem do setor mineral, pois além de causar a degradação do ambiente, também geram conflitos sociais, pois em muitos casos estas áreas se caracterizam como terrenos de risco à população do entorno, com perigo de acidentes ou mesmo a morte destas pessoas.

Outro fator está relacionado com o abandono da área sem uma reutilização do terreno, o que está se transformando num problema cada vez mais sério, por causa do crescimento populacional e a carência de áreas livres para suprir as necessidades sociais, principalmente em regiões próximas a centros urbanos.

Nesta pesquisa será apresentado as principais medidas de controle adotadas pelos mineradores de areia e os benefícios e vantagens que tais medidas trazem com relação a preservação ambiental e com relação a amenização dos conflitos sociais sobre este setor.

Também foi possível comparar estas vantagens com áreas mineradas que não adotaram medidas de controle e ainda pode-se verificar as dificuldades e problemas apresentados por estes terrenos em futuros projetos de recuperação e reutilização.

2. Objetivo

Estudar medidas para a mitigação do impacto ambiental em minerações de extração de areia em método desmonte em cava, com ênfase na preservação dos recursos hídricos.

A pesquisa visa ainda discutir as medidas de controle do impacto já adotadas no desenvolvimento e na vida útil do empreendimento mineiro, colaborando assim para criar uma nova conscientização, onde se busca a preservação dos recursos naturais, facilitando os trabalhos de recuperação e reutilização da área minerada.

Considera-se ainda como intuito da pesquisa:

- levantamento das principais medidas adotadas pela atividade mineradora;
- análise da eficácia destas medidas; e
- comparação entre áreas mineradas em 3 fases distintas:

1º fase: mineração em atividade com a adoção de medidas mitigadoras do impacto;

2º fase: área minerada abandonada que não implantou medidas de controle ambiental acarretando em passivo ambiental; e

3º fase: área minerada que após o abandono pelo minerador, foi reutilizada com base no projeto de recuperação e criação do Parque Francisco Rizzo.

3. Considerações Econômicas Sobre o Mercado de Areia

3.1. Uso

A areia, pela sua grande utilidade, pelo seu preço relativamente baixo e pela sua abundância, é uma das matérias primas de maior consumo mundial, largamente utilizada como insumo na construção civil e, em menor quantidade também é utilizada como fonte de sílica por inúmeros outros setores da indústria. Estes caracterizam a sua comercialização como areia industrial.

A areia como insumo da construção civil é utilizada como agregado para concreto, para argamassa e também para pavimentação e, praticamente, insubstituível como material de enchimento.

Para a areia industrial, os principais usos são:

- Indústria de produtos de minerais não metálicos:
 - vidro (embalagens, vidros planos, vidros domésticos, fibra de vidro e vidros técnicos);
 - cerâmica e
 - abrasivos.
- Indústria Metalúrgica:
 - fundição e
 - siderurgia.
- Indústria Química:
 - tintas e vernizes;
 - silicato de sódio;
 - fertilizantes;
 - defensivos agrícolas;
 - produtos asfálticos;
 - explosivo; e
 - silicato de chumbo.

□ Alguns Outros usos industriais:

- meio filtrante;
- jateamento;
- pré-filtro para poços tubulares;
- desmonte hidráulico;
- meio denso;
- meio de troca térmica;
- areia padrão; e
- material de lastro.

Esta diversidade de uso mostra a importância deste bem mineral para o desenvolvimento do setor produtivo e também no abastecimento de inúmeras necessidades das pessoas.

3.2. Reserva

As reservas de areia são difíceis de se mensurar, pois a confiabilidade dos dados é prejudicada pelo fato de que o regime legal que assegura o aproveitamento destas reservas, no caso da areia para construção civil é o licenciamento (direito de lavra concedido pelos municípios).

Esta autorização não obriga o minerador a realizar pesquisas prévias, e nem exige que se conste nos relatórios anuais reservas remanescentes e nem outras características econômicas sobre o bem que é licenciado.

A existência também de alguns portos de areia funcionando sem autorização, ou seja, de forma clandestina, ajudam a mascarar os resultados econômicos mais precisos.

Na pesquisa em questão, utilizou-se de dados fornecidos pelo DNPM, que permitem uma análise qualitativa da importância deste bem mineral para o Estado de São Paulo. Estes dados foram divulgados em 2001 e tem como base o ano de 2000 e foram os mais recentes encontrados para a execução desta pesquisa.

Os gráficos 3.1 e 3.2, abaixo, mostram que o Estado de São Paulo detém quase que 59% das reservas brasileiras registradas para areia e cascalho, enquanto que para areia industrial 80% está no estado paulista.

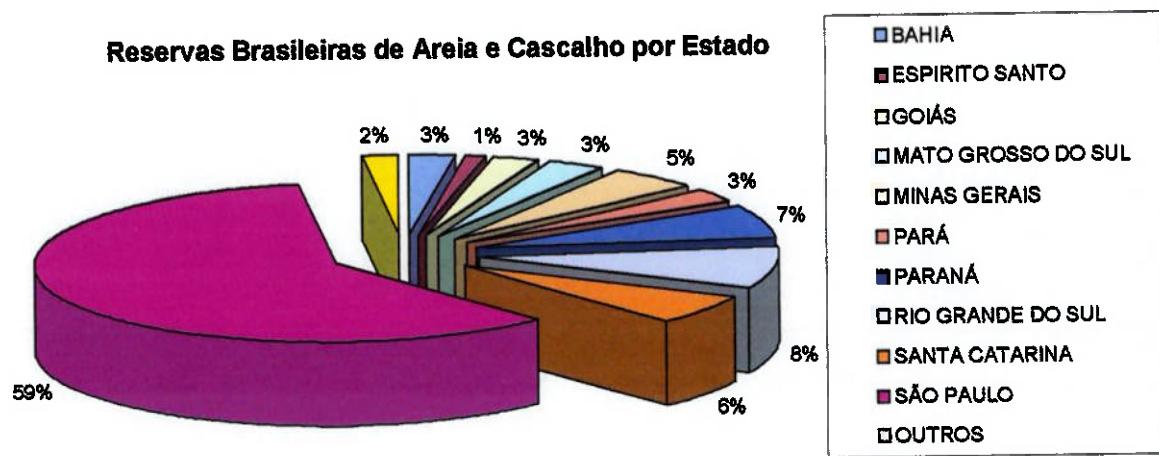


Gráfico 3.1 – Reservas Brasileiras Registradas de Areia e Cascalho por Estado – (Fonte: DNPM 2001)

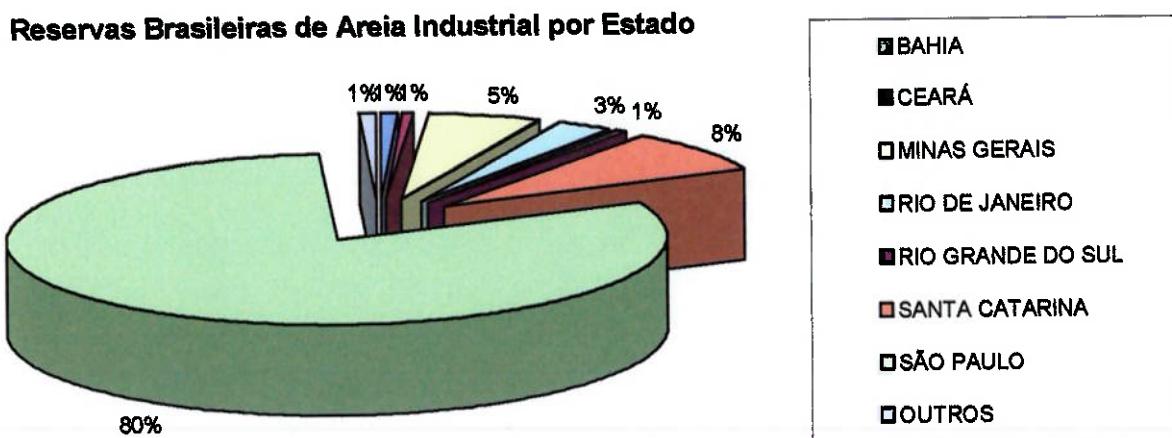


Gráfico 3.2 – Reservas Brasileiras Registradas de Areia Industrial por Estado – (Fonte: DNPM 2001)

3.3. Produção e Faturamento

Segundo HERMANN (1992), a produção de areia no Brasil está intimamente ligada com o nível de urbanização dos estados brasileiros, por exemplo, no Estado de São Paulo 91,3% de sua população vive em zonas urbanas, taxa que supera nações industrializadas, com taxa de 75% em média. São Paulo fica atrás da Bélgica e do Reino Unido. Esta urbanização vem causando uma diminuição da taxa de natalidade, que atualmente se encontra em 2,8%.

Esta queda da taxa de natalidade deveria conduzir a uma diminuição da demanda dos bens minerais, mas por outro lado, este intenso movimento de urbanização causou uma demanda reprimida de minerais utilizados para o atendimento das necessidades básicas da comunidade, tais como construção de moradias, construções comerciais, obras de rodovia, saneamento, iluminação, consumo de água, saúde, educação entre outros.

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	AREIA E CASCALHO			AREIA INDUSTRIAL			TOTAL	
	PROD. VENDAS m3	VALOR US\$	%	PROD. VENDAS M3	VALOR US\$	%	VALOR US\$	%
BA				82	244	0,72	244	0,05
MG	15.500	50.500	10,19	207	670	1,98	51.170	9,66
PE				81	260	0,77	260	0,05
PR	15.000	41.000	8,27			0,00	41.000	7,74
RJ	23.800	91.000	18,35			0,00	91.000	17,18
RS	9.400	21.000	4,24	74	390	1,15	21.390	4,04
SC	5.700	18.200	3,67	264	4.200	12,43	22.400	4,23
SÃO PAULO	41.000	184.000	37,11	3.400	28.000	82,84	212.000	40,03
OUTROS	36.000	90.100	18,17	93	36	0,11	90.136	17,02
TOTAL	146.400	495.800	100,00	4.200	33.800	100,00	529.600	100,00

Tabela 3.1 – Produção e Valor em US\$ por Estado – Fonte DNPM

A tabela 3.1 indica que o Estado de São Paulo é responsável por 37% do faturamento com areia e cascalho, com 83% no caso da areia industrial e somando, aproximadamente, 40% de toda areia comercializada no Brasil.

O faturamento do Estado de São Paulo da produção mineral em 2000 foi de aproximadamente US\$ 721 milhões, onde a areia de modo geral participou com quase 30% deste valor.

3.4. Impactos Positivos

Como toda a atividade econômica, a extração de areia acarreta benefícios para a região do entorno ao empreendimento.

A tabela 3.2 mostra os principais índices de desenvolvimento com relação a areia para o Estado de São Paulo.

SÃO PAULO	RECEITA		IMPOSTOS			EMPREGO DIRETO		
CLASSE / SUBSTÂNCIA	VALOR US\$	%	ICMS US\$	%	CFEM US\$	%	NÚMERO	%
AREIA	184.000	26,96	3.300	19,53	1.000	30,30	4.154	31,23
AREIA INDUSTRIAL	28.000	4,10	2.100	12,43	12	0,36	478	3,59
DEMAIS	470.600	68,94	11.500	68,05	2.288	69,33	8.669	65,18
TOTAL	682.600	100,00	16.900	100,00	3.300	100,00	13.301	100,00

Tabela 3.2 – Principais Índices de Desenvolvimento – Fonte DNPM

3.4.1. Desenvolvimento regional

Pela Tabela 3.2, observa-se que o setor areeiro é responsável por cerca de 40% do ICMS e 31% da CEFEM, arrecadado com a produção mineral arrecadado no Estado de São Paulo, contribuindo com a arrecadação anual aproximada de US\$ 6 milhões aos cofres públicos (dados de 2000).

Portanto, esta arrecadação ajuda a aumentar a capacidade de investimento, contribuindo assim para o desenvolvimento, aumentando as atividades produtivas e resgatando a cidadania de muitos moradores da região.

3.4.2. Geração de Empregos

Observa-se na tabela 3.2 que o número de empregos diretos é de aproximadamente 4.600 trabalhadores, cerca de 35% do total empregado no setor mineral no Estado de São Paulo.

Para HERMANN (1992), estima-se que, para cada emprego direto criado pela atividade de extração de areia, são gerados em média 20 novos empregos indiretos nos setores de serviço, alavancados pela instalação da mineração, mostrando o grande poder multiplicador da indústria mineral.

Esta relação eleva o total de geração de emprego para aproximadamente 92.000 novos postos de emprego. Isto é de significativa importância para ajudar a diminuir as disparidades sociais encontradas no Estado de São Paulo.

4. Procedimentos

Para alcançar os objetivos deste trabalho adotou-se a metodologia abaixo descrita:

- **Revisão Bibliográfica**

Análise das referências existentes e pertinentes ao objetivo do trabalho. Foram levantados, os principais conceitos que serviram de base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa.

Será apresentado o método utilizado para a avaliação dos potenciais impactos ambientais apresentados pela atividade extractiva de areia, com a descrição das principais causas e consequências destes.

Foram levantadas as principais medidas mitigadoras atualmente consagradas pelas teorias existentes para controlar ou amenizar os impactos observados.

Também adotaram-se alguns parâmetros da qualidade dos corpos hídricos e seus potenciais de contaminação, que serviram de base para a análise da eficácia das medidas apresentadas e adotadas pelos mineradores, bem como, para quantificar o grau de degradação provocado por áreas degradadas que não apresentaram um trabalho adequado de preservação, durante seu desenvolvimento.

- **Trabalhos de Campo**

Esta fase do trabalho foi dividida em três fases diferentes, com intuições distintas. As fases foram descritas resumidamente no objetivo da pesquisa e mostrados a seguir:

1. Visita as minerações da fase 1

Foram visitadas duas (2) minerações: a Mineração Jundu Ltda. em Descalvado – SP e a Viterbo Machado Luz Mineração Ltda. em Parelheiros – SP.

Nesta etapa serão apresentadas as principais medidas adotadas pelos mineradores, com uma análise da eficácia do planejamento ambiental adotado.

2. Visita as minerações da fase 2

Avaliação dos principais impactos observados e os conflitos decorrentes do abandono das áreas, ressaltando as possíveis causas e consequências decorrentes da atividade mineradora.

Nesta fase foram visitadas algumas mineradoras de areia na região de Embu das Artes e também de documentos que relatam a situação do parque Francisco Rizzo, antes do projeto de recuperação instalado.

3. Área recuperada fase 3

A área de estudo foi o Parque Francisco Rizzo, conhecido popularmente como Parque do Lago em Embu das Artes, São Paulo.

Diagnóstico da situação atual da área e o levantamento das principais dificuldades encontradas para a realização da recuperação da área minerada.

- Análise de dados e conclusão

O tratamento dos dados obtidos visa analisar a eficácia das medidas de mitigação adotadas e também tem o intuito de comparar o grau de degradação apresentado nas três fases de campo desta pesquisa.

5. Revisão Bibliográfica

Conforme SIQUEIRA (2000), a água natural constitui-se de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos, em solução e proporções diversas. Estes elementos são provenientes do ar, dos solos e das rochas sobre as quais ela circula ou é armazenada e finalmente, do contato com a atividade humana.

A água está presente na atmosfera na forma de vapor, líquida ou sólida compondo o chamado ciclo hidrológico, mostrado na figura 5.1, onde a circulação da água em cada fase do ciclo é feita de modo aleatório, variando no espaço e tempo.

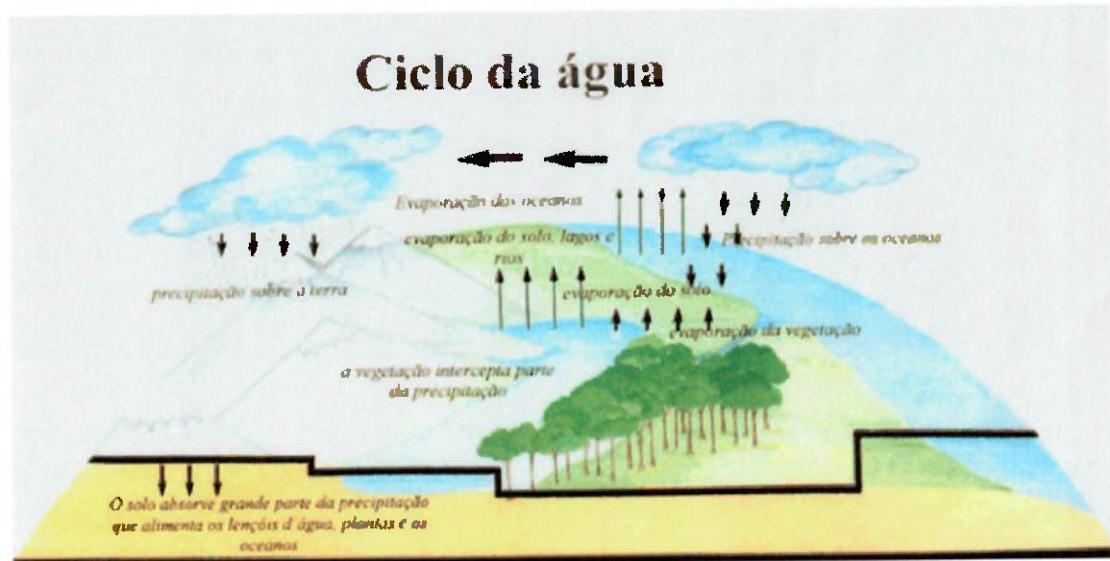


Figura 5.1- ciclo hidrológico da água fonte Embrapa, 1996.

Este ciclo pode ser descrito a partir da evaporação das águas dos oceanos, mares, lagos, rios e solo. Com a condensação do vapor, forma-se as nuvens, iniciando a etapa de precipitação, sob a forma de chuva.

Da água que precipita, uma parcela do volume não chega a atingir o solo, ou pela a evaporação ou pela interceptação com a vegetação.

No solo, parte da água infiltra-se até atingir os limites de infiltração, escoando superficialmente, preenchendo as depressões e canais naturais, que se concentram nos vales, formando os rios e lagos. Posteriormente esta drenagem natural é encaminhada a mares e oceanos.

A água infiltrada no solo, eventualmente pode atingir zonas saturadas, formando o lençol freático subterrâneo que, posteriormente, pode interceptar uma vertente, retomando a superfície.

O maior reservatório de água é os oceanos, onde está armazenada 97,3% da água do planeta, enquanto 2,10% correspondem aos estoques das calotas polares e apenas 0,62% às águas doces continentais, onde 0,58% encontra-se nos aquíferos subterrâneos e somente 0,02% nos rios e lagos.

A água que precipita nos continentes, dependendo das características climáticas e físicas do local (tipo de solo, topografia, uso do solo, etc) pode ser dividida em três fases:

- **evapotranspiração** – a precipitação ao atingir zonas impermeáveis sofre evaporação direta;
- **escoamento superficial** - a precipitação, ao atingir zonas permeáveis pouco espessas, assentadas sobre uma formação geológica impermeável, produz escoamento superficial; e
- **escoamento subterrâneo** – a precipitação atinge zonas permeáveis espessas, produzindo o escoamento subterrâneo.

O entendimento do ciclo hidrológico permite aos empreendimentos mineiros a consciência que, para preservar a qualidade da água, precisa-se de medidas para evitar que os possíveis contaminantes, tanto em cava, beneficiamento, disposição dos rejeitos entre outros, possam ser incorporados ao ciclo.

5.1. Parâmetros e Indicadores da Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser avaliada através de diversos parâmetros que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. A seguir serão apresentados os principais parâmetros usados para a análise de qualidade.

5.1.1. Indicadores Físicos

Os indicadores físicos principais são: a cor, a turbidez, o teor de sólidos, a temperatura, a condutividade elétrica, o sabor e o odor.

• Cor

A coloração das águas naturais é determinada pela concentração e presença dos sólidos dissolvidos, associadas ao grau de redução da luz ao atravessar o corpo d'água.

Portanto, sua coloração pode ser de origem mineral, vegetal ou animal, sendo causado por substâncias metálicas (ferro ou manganês), matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais ou esgoto doméstico.

A cor não se relaciona necessariamente com problemas de contaminação, entretanto é considerada como padrão de potabilidade para as águas destinadas ao consumo humano.

Quanto às dimensões das partículas é possível separar a cor em:

- cor aparente – ocorre como resultado de reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão; e
- cor real ou verdadeira é causada pela presença de material dissolvido e colóides, cujo tamanho de partícula é inferior a 1um.

• Turbidez

A turbidez da água é o grau de redução de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água. É provocada por partículas em suspensão, com tamanho variando desde suspensão grosseiras a colóides, que provocam a difusão e absorção da luz. Pode ser provocada por plânctons, algas, detritos orgânicos e de substâncias como zinco, ferro, composto de manganês, silte e argilas resultantes de processo de erosão ou de despejos domésticos ou industriais.

No caso de empreendimentos mineiros, a alteração da turbidez tem provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

- **Sólidos**

Os sólidos presentes em corpos d'água são classificados de acordo com suas características físicas: suspensões grosseiras, suspensões coloidais e soluções (sólidos dissolvidos) e suas características químicas: orgânicos e inorgânicos.

A divisão por tamanho considera que os sólidos dissolvidos são aquelas partículas passantes no filtro de 1,2 µm, incluindo nesta categoria os coloides e os efetivamente dissolvidos. Já as partículas retidas no filtro são consideradas como sólidos em suspensão podendo ou não sofrer processo de sedimentação.

A classificação química é obtida pelo ponto de volatização, onde a fração orgânica é volatizada a temperatura de 550° C, restando a fração inorgânica ou mineral.

Nos estudos da qualidade das águas naturais, as determinações das concentrações e das frações sólidas presentes num corpo d'água permitem analisar os principais agentes de contaminação, como o intemperismo, deposição de rejeito entre outros.

O controle de sólidos em suspensão está limitado pelos limites de turbidez, pois provocam diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz. Isto acarreta problemas ao desenvolvimento do ecossistema aquático, com o aumento da mortandade de fitoplânctons e peixes, por exemplo.

- **Temperatura**

O regime climático normal dos corpos d'água naturais apresenta variações de temperatura, influenciada principalmente pela latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

A temperatura tem grande importância e causa alterações nas características dos corpos d'água. Como, por exemplo, a medida que a temperatura aumenta, observa-se a alteração na viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, calor latente de vaporização e solubilidade de gases, em particular o oxigênio, que diminui de forma considerável.

O aumento da temperatura também provoca o aumento na velocidade das reações químicas o que facilita a atividade dos contaminantes. Assim, quanto maior for a temperatura, mais tóxicos são os contaminantes e maior é o efeito sobre os organismos aquáticos.

- ***Condutividade Elétrica***

A condutividade elétrica é a capacidade da água em transmitir a corrente elétrica e é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions.

As águas naturais não possuem uma relação direta entre a condutividade e a concentração de sólidos dissolvidos totais, pois não são soluções simples. O parâmetro de condutividade não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra, portanto não pode identificar os possíveis agentes de impacto ambiental. Podendo, no entanto fornecer uma noção se há grande quantidade de eletrólitos presentes, dando uma noção sobre a salinidade da água.

- ***Sabor e Odor***

A alteração do sabor e odor está associado a presença de poluentes industriais e outras substâncias indesejáveis, tais como matéria orgânica em decomposição, algas entre outros.

As águas, com sabor e odor acentuados, acabam sofrendo restrições de uso tanto para consumo humano como para algumas atividades econômicas.

5.1.2. Indicadores Químicos

As características químicas da água ocorrem em função da presença de substâncias dissolvidas, geralmente mensuráveis somente por meios analíticos.

As propriedades químicas da água são os fatores mais importantes para identificar a qualidade dos corpos d'água. Através da análise química pode se identificar:

- o conteúdo mineral, através da composição dos íons;
- caracterizar o grau de contaminação, a origem ou natureza dos principais poluentes e seus efeitos;
- quantificar picos de concentração de substâncias tóxicas e apontar as principais fontes; e
- avaliar o equilíbrio bioquímico necessário para a manutenção da vida aquática e as necessidades de nutrientes tais como compostos de nitrogênio, fósforo, silício e ferro.

• pH

O ph permite caracterizar as amostras de água em um grau de acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$), em águas destiladas a 25°C .

Alterações no pH do meio aquático podem provocar danos de grande impacto pois podem favorecer a precipitação de elementos químicos tóxicos tais como os metais pesados, o que ocorre em determinadas condições de pH.

A alteração no meio ambiente pode afetar a forma química de um contaminante, sua solubilidade e sua toxicidade, causando liberação de metais de sedimentos no meio aquático.

As águas naturais apresentam pH variando de 5 a 9, sendo influenciado pela presença de carbonatos e bicarbonatos e pela presença de ácidos húmicos.

De modo geral, águas de baixo pH, tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto, enquanto que águas de alto pH tendem a formar incrustações.

- **Oxigênio Dissolvido**

A concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro de controle de poluição, serão consideradas como “águas poluídas” aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio.

A manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido nos corpos d’água é essencial para a manutenção do equilíbrio do meio aquático, pois todos os organismos dependem de uma forma ou de outra do oxigênio para manter os processos metabólicos de produção de energia e de reprodução.

A determinação da concentração deste gás é de fundamental importância para avaliar as condições naturais das águas e para detectar impactos ambientais como a eutrofização e poluição orgânica.

A aeração das águas (introdução de oxigênio no interior das águas) é um meio eficiente de promover a diminuição de gases dissolvidos como dióxido de carbono e gás sulfídrico a níveis tratáveis.

- **Dureza**

É a característica conferida à água pela presença de sais de metais alcalino-terrosos (cálcio, magnésio) e alguns metais em menor quantidade.

A dureza da água é medida pela capacidade de precipitar sabão, ou seja, nas águas duras, os sabões se transformam em complexos insolúveis, não ocorrendo a formação de espuma até que o processo se esgote.

As águas duras surgem pela dissolução de rocha calcária pelo gás carbônico presente na água. Portanto é mais freqüente encontrar esta característica em lençóis subterrâneos do que em superfície. Em regiões de rochas calcáreas aflorantes, esta característica é bastante acentuada, principalmente em águas represadas como lagos ou diques.

As águas consideradas duras têm seu uso bastante limitado, pois são consideradas salobras, e podem incrustar nas tubulações de água quente, radiadores de automóveis, caldeiras e em alguns casos causar perigo de explosões.

As águas duras podem ser classificadas de acordo com a concentração de carbonato de cálcio conforme mostrado na tabela 5.1.

Grau de Dureza	mg/L de CaCO ₃
Branda	>= 75
Moderadamente dura	75 – 150
Dura	150 – 300
Muito Dura	<= 300

Tabela 5.1 – Classificação das águas pela dureza

• **Alcalinidade**

A alcalinidade ocorre devido a presença de bicarbonato, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos-terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio etc). Esta alcalinidade representa a capacidade do sistema aquoso tem de neutralizar ácidos a ele adicionados.

Segundo RICHTER & NETTO (1991), a tabela 5.2 apresenta os tipos de alcalinidade presentes em função do pH.

pH	Alcalinidade de:
11,0 – 9,4	hidróxidos e carbonatos
9,4 – 8,3	carbonatos e bicarbonatos
8,3 – 4,5	somente bicarbonatos
4,5 – 3,0	ácidos minerais

Tabela 5.2 – Alcalinidade em função do pH

O sistema químico predominante na água natural é o equilíbrio entre os íons de carbonato, bicarbonato e ácido carbônico. Este equilíbrio apresenta alcalinidade para a água natural em torno do pH igual a 4,5, a temperatura de 25 °C.

A acidez e a alcalinidade podem variar na faixa de pH de 4,5 e 8,3 devido ao equilíbrio destes gases, podendo neutralizar uma ação externa

através do deslocamento deste equilíbrio, sem que o pH varie em demasia, formando uma solução tampão.

Exceto quanto a presença de hidróxidos (geralmente adicionados, não naturais), a alcalinidade não constitui problema isolado, desde que a salinidade esteja dentro dos limites aceitáveis para o uso desejável da água.

A alcalinidade é muito importante para o controle de processos de tratamento de água, sendo até mesmo desejável que não existam grandes variações que possam interferir com a operação do sistema.

- **Demand Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A demanda bioquímica de oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para promover a oxidação da matéria orgânica através da ação de microorganismos. É normalmente considerada como sendo a quantidade de oxigênio consumido durante um período de tempo determinado a uma temperatura de incubação específica. Usualmente, utiliza-se um período de 5 dias a uma temperatura de 20°C.

A taxa de DBO é importante no tratamento dos corpos d'água, pois é utilizada para calcular a quantidade mínima de oxigênio necessário para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente. As maiores taxas de DBO são causadas por despejos de origem predominantemente orgânica.

- **Salinidade**

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água, formado pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos e em menor quantidade, pelos demais sais, pode conferir as águas o sabor salino e características incrustantes.

Para BOLETIM IG (1993), o mecanismo de salinidade é um dos mais importantes na geoquímica das águas. Este mecanismo se processa por dissolução e pelo ataque das substâncias contidas nas rochas que a água atravessa.

O teor de cloreto pode ser um indicativo de poluição por despejo de esgoto doméstico.

- **Solubilidade**

Os corpos d'água possuem quantidades de sais dissolvidos, em determinadas concentrações que variam de substância para substância. Assim qualquer substância despejada na água será dissolvida até atingir o seu máximo de solubilização, a partir deste ponto o material despejado ou se sedimenta ou fica em suspensão.

O grau de solubilidade entre os minerais mais freqüentes nas rochas, varia segundo o grupo a que pertence:

- compostos salinos solúveis: cloretos e sulfatos;
- compostos menos solúveis: carbonatos; e
- insolúveis: sílica.

A dissolução depende principalmente da temperatura, da pressão, do bicarbonato e da atividade ou pressão parcial de CO₂, que é o mais importante segundo BOLETIM IG. (1993).

- **Acidez**

A acidez das águas ocorre principalmente pela presença do gás carbônico livre e corresponde a capacidade em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases.

O parâmetro de acidez não se constitui como padrão de qualidade, seja de potabilidade, de classificação das águas naturais ou de emissão de esgoto.

Segundo SPERLING (1996), seu efeito é controlado pelo valor de pH, conforme a tabela 5.3:

PH	Efeito da acidez:
> 8,2	CO ₂ livre ausente
4,5 – 8,2	Acidez carbonática
< 4,5	Acidez por ácidos fortes (despejos industriais)

Tabela 5.3 – efeito da acidez em função do pH.

5.1.3. Indicadores Biológicos

Os indicadores biológicos são importantes para a determinação da qualidade dos corpos d'água, principalmente pela presença ou ausências de determinados grupos de organismos.

- ***Diversidade de Organismos***

Determinadas espécies de organismos aquáticos só sobrevivem em águas limpas, já algumas espécies são extremamente resistentes à contaminação, sobrevivendo em águas contaminadas ou poluídas.

Em condições de ausência de contaminação, ou seja, em águas limpas e naturais, encontra-se ao longo dos corpos d'água uma grande diversidade de espécies aquáticas e em reduzido número de indivíduos.

As formas de contaminação provocam nos organismos aquáticos uma seleção de espécies, ou seja, favorecem o desenvolvimento das resistentes à contaminação e a redução das sensíveis, ocasionando uma queda na diversidade presente nos corpos d'água e, consequentemente, o aumento do número de indivíduos destas espécies resistentes.

Portanto, a identificação de espécies sensíveis e com grande diversidade indicam que a qualidade da água é boa, quando ocorre pouca diversidade e predomínio de espécies resistentes, indicam a má qualidade dos corpos d'água.

- ***Algas***

As algas presentes nos corpos d'água apesar de terem grande importância no equilíbrio ecológico do meio aquático e de serem responsáveis por parte do oxigênio presente na água, podem acarretar alguns problemas.

Concentrações excessivas de algas pode provocar a formação de grandes quantidades de massa orgânica, levando a produção excessiva de lodo e a liberação de vários compostos orgânicos que podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradável.

O surgimento de camada de algas na superfície dos corpos d'água também pode causar turbidez e, assim reduzir a penetração de luz solar, com conseqüente redução do oxigênio da água, provocando a mortandade dos organismos aquáticos, por exemplo.

• ***Microorganismos Patogênicos***

São introduzidos nas águas junto com a matéria fecal proveniente de esgotos sanitários, como bactérias, vírus e protozoários. Estes organismos não são residentes naturais dos meios aquáticos tendo sua origem principalmente nos despejos de pessoas contaminadas.

Estes organismos têm sobrevivência limitada, porém podem alcançar os seres humanos por meio da ingestão ou através do contato com a água, transmitindo doenças.

Os coliformes fecais vivem normalmente no organismo humano e nos demais organismos de sangue quente, existindo em grandes quantidades nas fezes. Estes coliformes não são considerados patogênicos, mas sua presença indica que a água recebeu matéria fecal e, portanto pode apresentar microorganismos patogênicos.

Os coliformes fecais são escolhidos como indicadores da presença de organismos patogênicos pelas seguintes características:

- existem em grande número na matéria fecal e não existem em qualquer outra matéria orgânica;
- algumas bactérias do grupo não se reproduzem na água ou no solo (*Escherichia coli*, por exemplo), mas exclusivamente no interior do intestino;
- apresentam um grau de resistência ao meio, comparável ao que é apresentado pelos principais patogênicos intestinais que podem ser veiculados pelas águas; e
- sua caracterização e quantificação são feitas de forma simples.

Os coliformes fecais têm menor resistência ao meio aquático ou ao tratamento pelo cloro do que alguns vermes e vírus, portanto cuidados especiais devem ser tomados no tratamento e análise de águas que recebem esgotos de origem doméstica.

5.2. Índice de Qualidade das Águas

Segundo SANCHEZ (1995), como a diversidade dos contaminantes nos corpos d'água é muito grande, muitas vezes é útil a utilização de índices que refletem as condições gerais da qualidade destes corpos.

Dos indicadores existentes, destaca-se o desenvolvido no EUA e aplicado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), denominado Índice de Qualidade das Águas (IQA).

Este índice é formado pela composição dos seguintes parâmetros:

- coliformes fecais;
- nitrogênio total;
- fosfato total;
- temperatura;
- turbidez;
- resíduo total (sólidos);
- DBO;
- pH; e
- OD.

Os parâmetros do IQA foram apresentados no item 5.1.

Cada parâmetro tem um peso de 0 a 1 e um índice individual variando de 0 a 100. O IQA é calculado pelo produto dos índices individuais pelo peso de acordo com a formula.

$$IQA = \pi_i^n \times q_i^{w_i} \text{ onde,}$$

IQA: índice da qualidade das águas;

n: número de parâmetros;

π : produto dos índices (individual x peso)

q_i : qualidade da i-ésima variável (de 0 a 100)

w_i : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro (de 0 a 1)

Os índices individuais podem ser obtidos nos gráficos da figura 5.2.

Nota-se que os maiores valores correspondem a situação naturais dos corpos d'água.

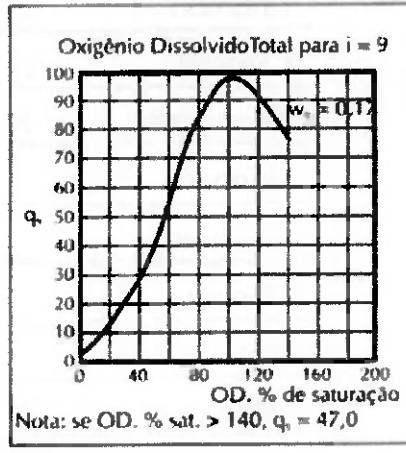
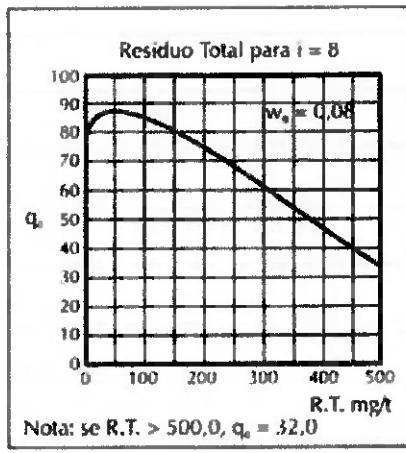
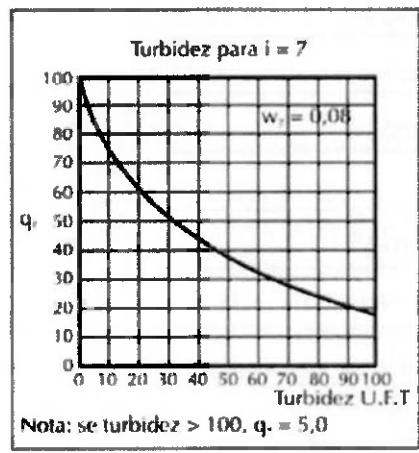
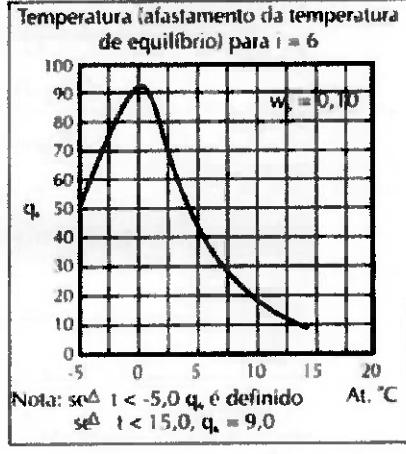
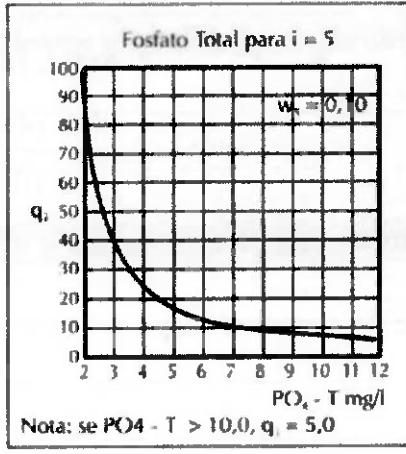
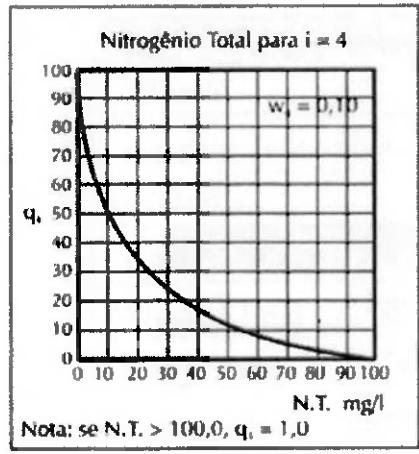
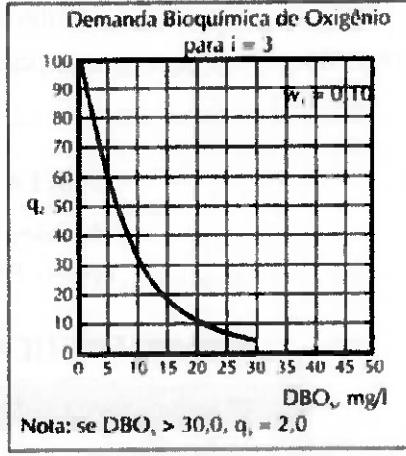
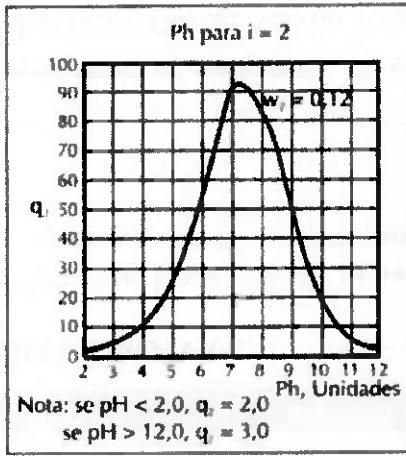
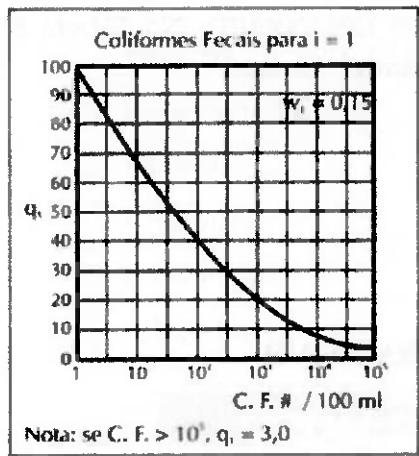


Figura 5.2: parâmetros para o cálculo do IQA.

Este índice varia entre 0 a 100 e está associado às seguintes categorias de qualidade, como mostra a tabela 5.4:

IQA	Qualidade
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

Tabela 5.4 – Categorias do IQA

A utilização deste índice requer cautela, principalmente em casos onde as condições naturais se diferenciam das condições básicas assumidas pelos índices.

5.3. Impactos Ambientais associados à atividade extractiva de areia

O diagnóstico dos principais impactos ambientais sobre os recursos hídricos desta atividade está relacionado principalmente à contaminação dos corpos d'água, tanto em superfície, como em subterrâneo e com relação a alteração de volume e altura do lençol freático em torno do empreendimento mineiro.

5.3.1. Contaminação da Água

A definição sobre a palavra poluição está associada ao ato de manchar ou sujar, o que está relacionado, principalmente, a uma conotação estética, quando a poluição passa a ser perceptível.

Pode ser definida como qualquer alteração nas características dos corpos d'água, seja ela provocada naturalmente ou por interferência do homem.

O termo contaminação se difere do sentido da palavra poluição, pois contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos a saúde pelas águas. A ocorrência de contaminação não implica, necessariamente, num desequilíbrio ecológico.

A poluição da água, por outro lado, também não significa riscos à saúde de todos os organismos que utilizam deste recurso. Como por exemplo, a elevação da temperatura da água que podem provocar profundas alterações no equilíbrio ecológico do meio, mas isso não significa que a utilização da água para consumo humano se tornou inviável.

Deve-se tomar cuidado na utilização destes termos, que muitas vezes são usados como sinônimos de forma errônea pela literatura.

Toda a água apresenta concentrações de substâncias e partículas sólidas que podem estar presentes em suspensão ou dissolvidas. De modo geral, após as chuvas, esta quantidade aumenta, pois os corpos recebem as águas provenientes das drenagens naturais e superficiais.

Desta forma, pode-se considerar que o corpo d'água apresenta contaminação, ou mesmo poluição, quando apresentar concentrações anômalas de substâncias e sedimentos, ou seja, concentrações que diferem das encontradas naturalmente e que podem provocar alteração no habitat aquático e serem prejudiciais aos seres vivos e à saúde dos homens.

Neste capítulo será apresentado as principais fontes de contaminação das águas provenientes da atividade extrativa de areia.

Praticamente, toda a atividade mineira tem potencial de poluição e contaminação dos corpos d'água, pois apresentam grandes áreas expostas às chuvas propiciando o contato com os minerais, estéril e o solo, quando feitas em superfície.

Este contato acarreta uma série de processos no meio físico, como erosão, processos químicos, como oxidação de sulfetos provocando a drenagem ácida.

As formas de contaminação podem ser pontuais ou difusas, contínuas ou intermitentes, este último pode ser encarado como as chuvas, que lavam o solo e a atmosfera, arrastando sedimentos e grande quantidade de resíduos para os corpos d'água.

• Partículas Sólidas

As partículas sólidas podem ser consideradas a principal fonte de poluição encontradas nas minerações de extração de areia, provenientes da drenagem das áreas de operação da empresa, de focos de erosão e de efluentes do seu beneficiamento.

A sedimentação origina uma série de modificações no habitat aquático com consequências prejudiciais aos organismos que habitam rios, córregos e lagos.

A medida que ocorre a sedimentação, as partículas sólidas, estas arrastam para o fundo ficto e zooplânctons soterrando-os junto com as comunidades que habitam o fundo dos corpos d'água.

O processo de sedimentação também aumenta a porcentagem de partículas em suspensão, que provoca o aumento da turbidez e, consequentemente, a diminuição da penetração da luz na lâmina d'água.

A turbidez interfere nos processos de fotossíntese com a diminuição das taxas de OD, acarretando prejuízo aos demais organismos aquáticos. O teor de sólidos ou resíduos totais pode ser obtido através de ensaios padrões e é expressa pela quantidade de partículas sólidas presentes tanto dissolvidas como em suspensão.

• Óleos e Graxas

As principais fontes são provenientes dos combustíveis, lubrificantes e óleos usados nos equipamentos da mineração e em veículos de apoio. Ocorrem principalmente nas oficinas de manutenção, nos locais de lavagem dos equipamentos e veículos e nas áreas de derrame nos tanques de armazenamento de combustíveis e lubrificantes.

Óleos e graxas nos corpos d'água, além do efeito estético que são facilmente perceptíveis, provocam consequências graves aos organismos aquáticos, pois formam uma película de óleo ao redor dos organismos, interferindo, por exemplo, na respiração de peixes.

- **Contaminantes Orgânicos**

As principais fontes são provenientes das instalações Sanitárias, refeitórios, vilas residenciais detergentes dos talheres e represas e barreiras de despejos inundadas sem prévia remoção da vegetação.

Os produtos biodegradáveis são muitas vezes considerados não contaminantes o que não é correto, pois uma molécula ser biodegradável significa que estará sujeita a um processo de quebra por microrganismos e consumo de oxigênio da água.

Estes contaminantes são caracterizados por despejos pontuais em rios córregos e lagos, como mostra a figura 5.3. As águas acima do lançamento apresentam uma boa qualidade das águas, com taxas de OD maiores que as taxas de DBO.

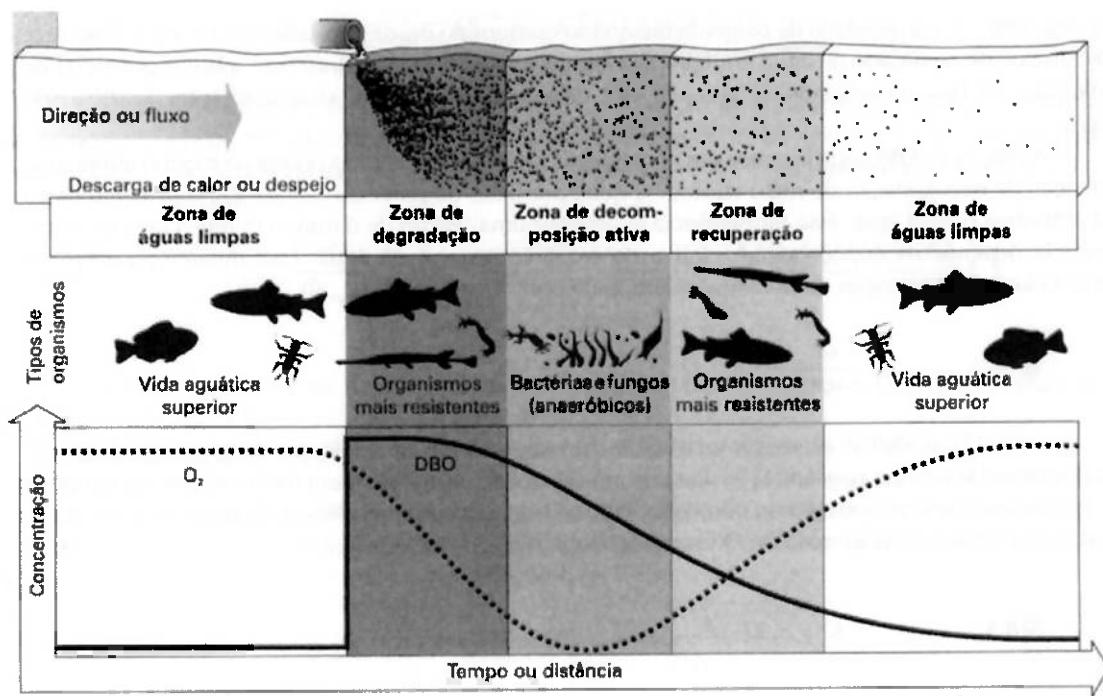


Figura 5.3 - Processo de autodepuração.

No local do despejo ocorre um aumento de matéria orgânica o que aumenta significativamente a DBO pela ação dos microrganismos e, conseqüentemente, superando às taxas de OD. Esta situação acaba por provocar a mortandade de peixes, por exemplo, acelerando ainda mais este processo de degradação.

A uma distância do lançamento, os corpos d'água acabam se recuperando com as taxas de OD e DBO, voltando as condições normais. Isto se deve à diluição destes contaminantes orgânicos através de grandes volumes de água.

Estes contaminantes podem provocar grande desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos. Águas limpas apresentam grandes quantidades de peixes e uma pequena quantidade de microrganismos resistentes à contaminação. Em águas poluídas esta situação se inverte, com aumento da concentração dos microrganismos resistentes e a extinção dos peixes sensíveis à contaminação.

Nesta categoria incluem-se os organismos patogênicos, provenientes principalmente de instalações sanitárias. Estes organismos podem causar doenças ao homem e são responsáveis por provocar incapacidade temporária, ou mesmo a morte e também por boa parte da ocupação de leitos hospitalares.

As principais doenças transmitidas e os organismos patogênicos mais comuns são:

- bactérias – responsáveis pela transmissão de doenças como a leptospirose, febre tifóide, febre paratifóide, cólera etc ;
- vírus – responsáveis pela transmissão de doenças como a hepatite infecciosa e a poliomielite;
- protozoários – responsáveis pela transmissão de doenças como a amebíase e a giardíase; e
- helmintos – responsáveis por doenças como a esquistossomose e a arcaridíase.

- **Alcalinidade**

As principais fontes são provenientes do próprio subsolo geológico, seja do mineral ou das rochas encaixantes, o que provoca aumento da alcalinidade na rede de drenagem.

Também pode provir como fonte no beneficiamento do minério, como é o caso da soda cáustica utilizada na lavagem da areia industrial. Este uso apresenta um rejeito altamente alcalino, bem como a drenagem das áreas de empilhamento dos produtos.

A alcalinidade influencia no tratamento da água para consumo doméstico.

- **Acidez**

As principais fontes são provenientes do beneficiamento do minério, do estéril ou das áreas de geração de drenagem, incluindo a cava, pilhas de produtos e as zonas de disposição de rejeito.

Também pode ser fonte de contaminação o transporte e a manipulação de ácidos empregados como reativos no beneficiamento. No caso da areia industrial é utilizado ácido sulfúrico para neutralizar a alcalinidade das águas do beneficiamento, tem também o papel de agir como coagulante para a sedimentação de sólidos, nas bacias de decantação.

O ácido sulfúrico pode acarretar grandes desequilíbrios ao ecossistemas aquáticos, pois pode ocasionar a inibição do crescimento da vegetação de cobertura, resultando em erosão e acidificação do solo e aquíferos adjacentes.

A água ácida também pode restringir ou eliminar a maioria dos seres vivos, reduzindo o nível de oxigênio nos corpos d'água e conferindo coloração avermelhada.

O baixo pH permite maior solubilidade de metais tóxicos que podem provocar a precipitação ou coagulação de outras substâncias, produzindo, desta maneira, maior turbidez ou sedimentação.

- **Salinidade**

As principais fontes são provenientes de diversos tipos de sais presentes nos efluentes líquidos das minas, com origem no próprio substrato geológico, principalmente em regiões de clima árido ou semi-árido.

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água são os bicarbonatos, cloretos e sulfatos. O aumento na concentração de sais pode conferir a água sabor salino e características incrustantes.

5.3.2. Alteração no Nível do Lençol Freático

Conforme ALBUQUERQUE (1995), as intervenções humanas podem provocar alterações nos aquíferos subterrâneos direta ou indiretamente, esta alteração pode estar associado a utilização desse manancial como fonte de abastecimento.

As alterações diretas são aquelas que ameaçam as condições físicas dos aquíferos, já as indiretas são alterações no meio ambiente que desencadeiam consequências nos aquíferos subterrâneos. Esta modificação é principalmente em relação ao rebaixamento ou elevação do lençol-freático da região do entorno das intervenções humanas.

O rebaixamento pode ser provocado pela utilização desta água subterrânea, seja para extração, para descarte, para a utilização por atividades produtivas ou ainda pela impermeabilidade do solo impedindo a entrada natural desta água no aquífero subterrâneo.

Este bloqueio pode ser provocado principalmente pela crescente urbanização, construção de vias e diminuição do tempo de permanência no solo ocasionado pela remoção da cobertura vegetal.

A elevação dos lençóis freáticos pode ser provocada por ações que favorecem a entrada adicional de água nos aquíferos. Esta elevação pode ser causada por projetos de reservatório, bacias de despejo, irrigação em agricultura e a interrupção dos fluxos subterrâneos.

As principais causas da alteração do nível dos lençóis freáticos pela atividade extractiva de areia são:

- ***Utilização de Água***

A mineração de extração de areia é grande consumidora de água, tanto na extração (desmonte hidráulico) como no beneficiamento do minério, (concentrado e separado em polpa).

Esta utilização pode ocasionar uma super exploração do aquífero, acarretando o rebaixamento do nível do lençol freático, a diminuição da espessura saturada dos terrenos, sedimentos em corpos de drenagem e subsidência acentuada do terreno e, como consequência, pode provocar o esgotamento dos mananciais e a eliminação de pontos de captação instalados no entorno.

- ***Implantação de Cavas***

As cavas em mineração atingem altas profundidades, em torno de 30 a 50 m, muitas vezes acaba por interceptar lençóis freáticos da região e, consequentemente acabam direcionando os fluxos de água subterrâneos para dentro da cava.

Quando se trabalha em cava a seco é necessário o bombeamento desta água para manter as condições de trabalho, ocasionando muitas vezes a super exploração do aquífero, acarretando a diminuição da espessura saturada e diminuição da umidade dos solos.

Esta alteração, com relação aos fluxos subterrâneos e ao lençol freático, pode acarretar num aumento na dificuldade de acesso as águas subterrâneas, eliminação de pontos de captação, diminuição do volume disponível para o abastecimento e eliminação de áreas destinadas à agricultura, por exemplo.

- ***Instalação de Reservatórios***

Como a atividade extractiva de areia requer grandes quantidades d'água, muitas vezes são construídos grandes reservatórios para o abastecimento e consumo d'água tanto para o desmonte como no tratamento do minério.

Estes reservatórios acabam por ocasionar, nas áreas próximas a elevação do lençol freático com aumento da espessura saturada, surgimento de águas em locais topograficamente achatados e a salinização de solos superficiais.

- ***Disposição de Rejeitos***

Os principais métodos adotados pelos mineradores de areia são a disposição do rejeito em bacias de decantação onde os finos (silte e argila) são despejados em polpa com aproximadamente 30% de sólidos.

Estes depósitos podem ocasionar a deterioração de aquíferos suspensos, elevação do nível do lençol freático, lixiviação de contaminantes dos despejos para as bacias do aquífero e aumento da vulnerabilidade de contaminação da água subterrânea.

Esta alteração provocada pela disposição de rejeito pode provocar restrições no uso das águas subterrâneas, eliminação de pontos de captação e aparecimento de enfermidades de transmissão hídrica causada por agentes biológicos e químicos.

- ***Obras civis***

As obras civis são as zonas destinadas as áreas administrativas, as instalações do beneficiamento e as zonas dedicadas a estocagem dos produtos.

Estas obras acabam por dificultar a penetração das águas naturais aos aquíferos, acarretando rebaixamento do lençol freático, diminuição da espessura saturada e redução da umidade dos solos.

Estas alterações podem aumentar a dificuldade de acesso as águas subterrâneas, eliminação de pontos de captação, diminuição dos volumes disponíveis para o abastecimento e diminuição da produtividade das áreas destinadas a agricultura.

Na mineração este fator é pouco representativo, pois as áreas destinadas a construção civil ocupam uma pequena porcentagem na área destinada ao empreendimento mineiro.

5.4. Medidas de Mitigação do Impacto Ambiental

Neste item, serão apresentadas as principais medidas para o controle dos potenciais de impacto ambiental e não serão abordadas as metodologias de dimensionamento, mas sim os objetivos de cada medida.

5.4.1. Implantação de Sistema de Drenagem

Segundo SANCHEZ (1995) o sistema de drenagem exerce um papel essencial para o controle da qualidade da água em minerações de um modo geral, pois é responsável pela captação da água que percola o empreendimento e por seu transporte.

Atualmente, por problemas econômicos, a drenagem também assume um papel de reutilização d'água nos processos de beneficiamento e extração do minério, dado ao aumento do custo pela utilização deste recurso hídrico.

No caso da atividade extractiva de areia esta preocupação é bem significativa, pois são grandes consumidores de água, principalmente no desmonte hidráulico.

Portanto os principais objetivos a serem alcançados pelos sistemas de drenagem são:

- minimizar a quantidade de água que circula nas áreas de operação;
- reaproveitar o máximo a água que é utilizada na extração e no tratamento do minério; e
- eliminação de águas com certas características que possam afetar negativamente a qualidade das corpos d'água.

O sistema de drenagem pode direcionar as águas com potencial de poluição ou contaminação para zonas de tratamento, como por exemplo, caixas de decantação para a redução de partículas sólidas ou ser destinada à neutralização em drenagem ácida, problema comum na maioria das minas.

Os principais componentes do sistema de drenagem são:

- canaletas ao longo do perímetro das cavas, pilhas de produtos e bacias de decantação, com o objetivo de reduzir a quantidade de água que escorre superficialmente para as zonas de operação;
- canaletas longitudinais, instalada em áreas mas suscetíveis a erosão, tem como objetivo evitar o carreamento de partículas sólidas;
- canaletas transversais instaladas conjuntamente às longitudinais, responsáveis por redirecionar as águas recolhidas pelo sistema para zonas de armazenamento em cotas inferiores;
- caixas de perda de energia, com a função de diminuir a energia cinética proveniente das águas que escorrem pelo sistema de drenagem; e
- caixa de decantação, responsável por promover a sedimentação das partículas sólidas antes do lançamento da água nos corpos receptores ou nos locais de armazenamento para reutilização nos processos industriais.

5.4.2. Controle de Resíduos Sólidos

O principal resíduo gerado nas minerações é o estéril e as poeiras provenientes das operações de lavra e os efluentes líquidos contendo elevadas concentrações de sólidos provenientes do tratamento de minério.

- ***Disposição do Estéril***

O material considerado estéril é todo material sem valor econômico que é necessário sua remoção para a liberação e obtenção do minério útil, incluindo o solo e a cobertura vegetal, embora estes últimos classicamente sejam chamados de material de cobertura e, especialmente o solo húmico deva ser preservado para futura recuperação do terreno.

O coeficiente entre a quantidade removida de estéril e a quantidade de minério extraída é dado pela REM (relação estéril – minério). Esta relação varia de mina para mina, dependendo das características geológicas locais, e é

importante por indicar a quantidade de estéril gerada nos empreendimentos mineiros, possibilitando o planejamento adequado de sua disposição no terreno.

No caso da extração de areia, a Mineração Viterbo, por exemplo, trabalha atualmente com REM igual a 20 e o estéril, presente é composto principalmente por rochas encaixantes, solo e em alguns casos argilas e siltos quando for possível sua diferenciação visual nas frentes de lavra.

Também é necessário a retirada da camada de solo e a cobertura vegetal para ter acesso ao bem mineral a ser lavrado. Esta remoção ocorre durante o desenvolvimento da mina, nas áreas da cava, nas vias de acesso interna e externa ao empreendimento, nas áreas destinadas a estocagem dos produtos, nas instalações para beneficiamento e nas zonas administrativas da empresa.

Atualmente a matéria orgânica removida é armazenada em locais apropriados para serem utilizados na fase de revegetação e recuperação da área minerada.

O estéril é geralmente disposto em pilhas ou são retornados e dispostos nas áreas inativas da cava. Este último caso é o melhor método de manejo, pois minimiza diversas consequências ambientais como erosão acentuada, impacto visual, além de facilitar a recuperação da área minerada, embora seja a opção mais onerosa.

Quando os métodos não permitem o retorno deste material, as empresas preferem dispor tais resíduos fora da cava, em pilhas, denominadas de bota-fora.

As pilhas são construídas seguindo normas de segurança, com faixas intercaladas de drenagem e taludes com inclinações adequadas para permitir a revegetação e de forma a reduzir os riscos de erosão e ruptura destas. Também são instalados sistemas de drenagem para recolher as águas da chuvas e a conduzirem para as cotas inferiores.

- ***Disposição do Rejeito do Beneficiamento***

São os materiais provenientes do tratamento do minério, geralmente são caracterizados como ganga ou minerais de ganga.

A recuperação do processo industrial é o coeficiente entre a quantidade de minério útil e a quantidade de minério total alimentado no circuito de tratamento. Da mesma forma que a REM, esta relação é muito importante por determinar a quantidade de material descartado no beneficiamento, possibilitando o planejamento prévio das áreas destinadas ao descarte.

Antigamente era muito comum observar que muitas minerações simplesmente descartavam tais rejeitos diretamente nos corpos d'água. Atualmente por restrições legais devidas aos impactos ambientais, esses despejos são depositados, em sua maioria, em bacias de decantação de forma adequada a seu tratamento ou armazenamento.

Os despejos podem ser dispostos em superfície, subterrâneo ou subaquático. Este último método vem sendo condenado, principalmente por motivos ambientais, devido aos impactos negativos que provocam nos ecossistemas aquáticos.

O subterrâneo ocorre em minas subterrâneas onde o material é disposto em polpa nos realces abertos em subsolo. O superficial é o principal método de disposição em minerações a céu aberto, podendo ser em bacias de decantação, em pilhas ou na própria cava.

A disposição na cava ocorre no método de lavra em tiras, onde o material é recolocado nas áreas lavradas enquanto que a mina se desenvolve na tira a frente. Este método é muito interessante no ponto de vista ambiental, pois recoloca o rejeito no local original, amenizando o impacto visual e facilitando a recuperação da área minerada. Outra característica é que a recuperação pode ocorrer concomitantemente ao desenvolvimento da lavra.

No caso da areia, os principais rejeitos observados em seu tratamento são os chamados popularmente de "finos", constituídos principalmente por argila, silte e frações de areia muito finas que não são comercializadas. Muitas empresas usam à deposição de rejeito como reserva estratégica, esperando condições de mercado adequadas à sua comercialização.

A argila, por exemplo, tem um grande potencial relacionado tanto a construção civil como para insumo nas indústrias de cerâmica, vidro, refratários etc.

Nas minerações de areia, o método mais comum é a disposição em bacias de decantação, responsáveis por decantar os sólidos e clarificar a água, reduzindo os teores de sólidos. Isto permite que a água possa retornar ao processo produtivo, evitando desperdícios.

No caso da presença de contaminantes neste rejeito, as bacias de decantação podem ser utilizadas para o tratamento adequado da água, antes de retornar ao processo, ou simplesmente ser despejada nos corpos receptores.

- ***Disposição dos Demais Resíduos***

Os demais resíduos podem ser classificados segundo a norma ABNT (1987, NBR 10004, de acordo com a tabela 5.5:

Classe I – resíduos perigosos	são os que apresentam periculosidade ou são inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos
Classe II – resíduos não inertes	São os que não se enquadram nas classes I e II
Classe III – resíduos inertes	São os materiais que não possuem nenhum de seus constituintes solubilizáveis em concentrações superiores aos padrões de potabilidade das águas

Tabela 5.5 – Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos inertes (classe III), podem ser dispostos praticamente sem problemas ambientais junto as pilhas de estéril, por exemplo. Os de classe II podem requerer tratamento especial e os de classe I intitulados como resíduos perigosos, devem ser manipulados com cuidados especiais e dispostos de

acordo com normas bem restritas, usualmente em terrenos impermeabilizados e monitorados especialmente construídos para este fim.

Este tratamento com os resíduos perigosos é operado por empresas especializadas que naturalmente cobram por estes serviços, entrando no custo para a produção do bem mineral.

5.4.3. Controle dos Efluentes Líquidos

Os principais métodos apresentados para o tratamento e controle dos efluentes líquidos são os seguintes:

- **Separação de Óleos e Graxas**

Utiliza-se dos métodos tradicionais de separação entre óleos e a água, baseado na diferença de densidade. O dispositivo de separação é composto por duas câmaras, onde o líquido efluente passa por um processo de decantação.

O óleo fica retido nas caixas, enquanto que a água é removida pela parte oposta. Esta água é encaminhada e reutilizada para o processo de beneficiamento. O material retido é removido da caixa e encaminhado para empresas especializadas na sua reciclagem.

- **Tratamento de Efluentes Domésticos**

A implantação do sistema de tratamento de efluente doméstico depende do porte da empresa e da infra-estrutura instalada no local.

Na maioria dos portos de areia é necessário somente a implantação de fossas sépticas com a presença de filtros anaeróbicos. Estas fossas devem ser construídas segundo norma técnicas específicas e em solos adequados, próximos as áreas administrativas, refeitórios e instalações sanitárias.

Em algumas empresas de grande porte, muitas vezes é necessário a implantação de estações de tratamento, principalmente no caso da existência de vilas residenciais.

- ***Neutralização do pH***

Método que permite a correção do pH das águas efluentes, através da adição de ácidos e bases. Este método é mais empregado para a neutralização da drenagem ácida, através da adição de substâncias alcalinas como: cal hidratada, cal virgem (CaO), soda cáustica (NaOH) e carbonato de cálcio (CaCO₃).

No caso do despejo ser de pH alto, ou seja, com características alcalinas, utiliza-se de concentrações de ácido sulfúrico como neutralizador.

Os sistemas de neutralização podem ser simples, sem a necessidade de implantar equipamentos caros e sofisticados. Sua implantação depende principalmente, de um dosador de reativos, tanques de neutralização e sistemas de monitoramento. O efluente com pH corrigido é então encaminhado às bacias de decantação, e reutilizado no processo ou devolvido aos corpos receptores.

6. Mineração e medidas mitigadoras do impacto

Os dois portos de areia descritos nesta fase do trabalho diferenciam-se, principalmente, no uso destinado à areia. A Mineração Viterbo Machado Luz extrai a areia para construção civil e a Mineração Jundu, produz areia industrial, para usos mais nobres.

Para o estudo em questão, analisou-se as medidas implantadas de forma geral, algumas são de uso específico e serão indicadas no decorrer deste item.

6.1. Localização das Mineradoras

A Mineração Jundu fica localizada no município de Descalvado - SP. O acesso a área é feito pela rodovia anhanguera 225 Km da cidade de São Paulo.

A mineração Viterbo Machado Luz, fica localizada no município de São Paulo - SP, no bairro de Parelheiros. O acesso é feito pela antiga estrada da Varginha.

Antes de apresentar as medidas de impacto é importante conhecer resumidamente as características de ambos os empreendimentos.

6.2. Lavra

Os métodos de lavra mais utilizados são o desmonte em cava a seco, empregado pela Mineração Jundu e o desmonte hidráulico com a utilização de dragas, empregado pela Viterbo Machado Luz Mineração.

O desmonte a seco é desenvolvido em cava, com a desagregação do material através de pá carregadeira (desmonte a frio), ou seja, sem a utilização de explosivos. figura 6.1



Figura 6.1 - cava em bancada da Mineração Jundu Ltda.

O transporte do material é feito por caminhões até os locais de beneficiamento e classificação dos produtos.

A cava se desenvolve abaixo do nível do lençol freático, o que provoca migração de água para a área de lavra. Esta água é bombeada e utilizada no beneficiamento da areia industrial.

Por ser tratar de cava em bancadas, observa-se uma preocupação em manter as bermas e taludes estáveis, evitando erosão e desmoronamentos indesejáveis.

Para o desmonte hidráulico, a desagregação do material é realizada por jatos d'água sobre pressão. A desagregação ocorre nos níveis superior da cava sendo direcionadas para o fundo por correntes de águas, formadas pelos jatos e a declividade acentuada do terreno, figura 6.2.

Este carreamento para o fundo da cava ajuda a desagregar a encosta acelerando o enchimento do fundo com areia e grande quantidade de água, formando lagoas, que serão posteriormente lavrados por dragas, figura 6.3



Figura 6.2 – desmonte hidráulico da Mineração Viterbo Machado Luz



Figura 6.3 – carreamento de sólidos para o fundo da área de lavra

Uma das características determinantes deste método é a grande concentração de água utilizada para o funcionamento dos jatos e das dragas. O material dragado é encaminhado em polpa para as operações de beneficiamento e classificação.

É importante observar que, durante o desenvolvimento da atividade extractiva, as áreas destinadas à lavra apresentam grande grau de degradação, por concentrarem o minério a ser lavrado.

6.3. Beneficiamento

Após a lavra o material é direcionado para as operações de beneficiamento e classificação dos produtos. Ambas as minerações, apresenta uma operação de beneficiamento simples, com praticamente a utilização de equipamentos de separação e classificação.

Para a areia de construção civil, utilizam-se de caixas de classificação, como apresentado na figura 6.4, classificando através do tamanho os produtos em areia fina, média e grossa, conforme vão se sedimentando no fundo destas.

Muitas vezes tais caixas não são suficientes para atender a demanda de estoque do porto de areia e, portanto, estas são esvaziadas em caminhões e encaminhados a pátios de estocagem e venda dos produtos.

Atualmente a Mineração Viterbo Machado Luz está alterando seu beneficiamento com a substituição das caixas por ciclones, direcionando os produtos diretamente para os pátios de estocagem.

Esta alteração tem objetivo de aumentar a qualidade do produto, diminuir o desperdício e também reduzir o trânsito de transporte interno à mina.

Na figura 6.5, será apresentado o novo fluxograma do beneficiamento, que deverá entrar em operação no final do mês de novembro de 2.002.



Figura 6.4 – caixas de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz.

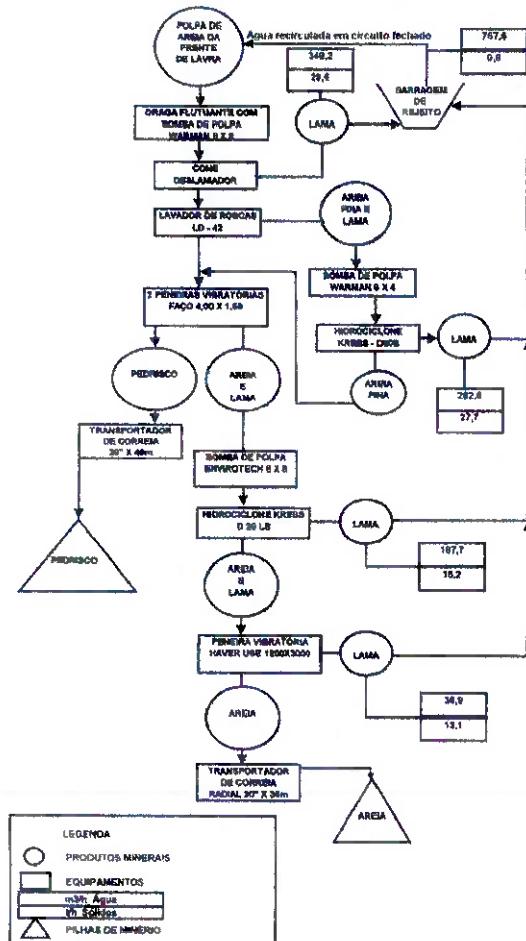


Figura 6.5 – fluxo grama do beneficiamento – Mineração Viterbo Machado Luz

Para a areia industrial, o tratamento se torna mais complexo, pois as determinações da qualidade dos produtos são mais rígidas, o que obriga a adoção de uma usina mais moderna e melhor equipada. Figura 6.6.



Figura 6.6 – visão geral da instalação do beneficiamento – Mineração Jundu.

Todo o processo de classificação da areia industrial é feito a úmido (polpa). Os produtos gerados são diretamente encaminhados para os pátios de estocagem e venda, onde são dispostos em pilhas, figura 6.7.



Figura 6.7 – visão geral das pilhas de estocagem – Mineração Jundu.

Também são utilizadas concentrações de soda cáustica para a limpeza da areia e eliminação de finos (argila e silt). O fluxograma do beneficiamento desta areia está apresentado na figura 6.8.

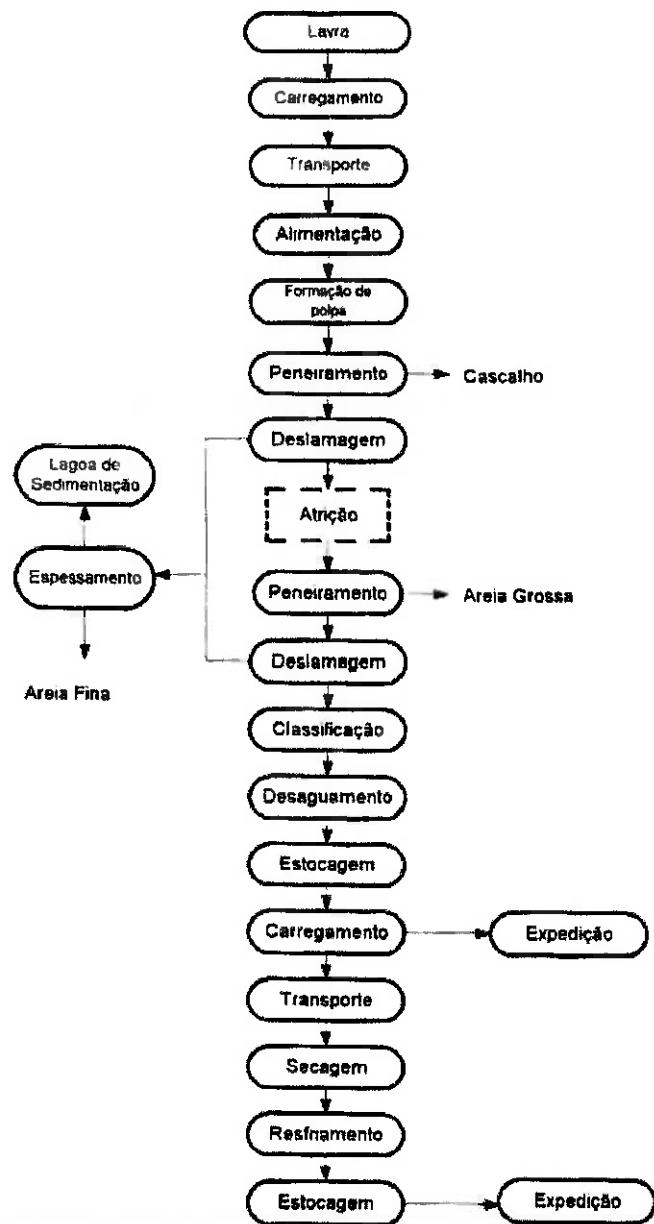


Figura 6.8 – fluxograma do beneficiamento – Mineração Jundu.

6.4. Medidas de Preservação Observadas em Campo

6.4.1. Drenagem Local

Para caracterizar o sistema de drenagem implantado pelos mineradores, serão descritas 3 etapas: reservatório de água, área de extração e do beneficiamento e zonas de estocagem dos produtos. Em cada etapa serão apresentadas as principais interferências deste sistema com o desenvolvimento da mineração.

• Reservatório de Água

Como já foi mencionado, a atividade extractiva de areia é grande consumidora de água e, portanto, é necessário garantir reservas para a manutenção do processos de lavra e tratamento dos minérios.

A implantação de sistemas de drenagem eficiente reduz consideravelmente a entrada de água nova ao sistema, que hoje está ao redor de 20 a 30%.

Nas minerações visitadas, ambas utilizam-se do abastecimento através do lençol freático. A Mineração Jundu com o bombeamento da água queverte na área de extração e seu encaminhamento para reservatório localizado junto ao beneficiamento, como é apresentado na figura 6.9.

Para este reservatório também é encaminhada toda a água proveniente do beneficiamento, após tratamento adequado. Portanto, ocorre a recirculação de água no processo em circuito fechado, com as perdas localizadas principalmente pela evaporação e na umidade dos produtos.

A Mineração Viterbo já utiliza uma antiga cava inundada pela interceptação com o lençol freático, que é responsável por manter o nível de água praticamente constante. Este reservatório também recebe, assim como no caso da mineração Jundu a água proveniente do beneficiamento.



Figura 6.9 – reservatório de água – Mineração Jundu.

- **Área de extração**

Como a extração da areia industrial é efetuada em cava a seco, com trânsito de equipamentos nas áreas da lavra, utiliza-se de variações do nível do fundo da cava, direcionando água queverte para locais mais fundos, formando mini-bacias e mantendo quase que totalmente seca a área de trabalho. Nestas bacias são instaladas as bombas para o bombeamento do excesso d'água para o reservatório.

No caso da Viterbo, que utiliza o desmonte hidráulico, é necessário inundar a área de trabalho, através do sistema de drenagem com a água do reservatório. Neste caso não existem medidas de controle para a entrada de água na cava.

- **Área do Beneficiamento e Estocagem de Produtos**

Essas áreas são os principais pontos de controle do sistema de drenagem, pois os principais contaminantes dos corpos d'água são provenientes do tratamento de minério.

Como o beneficiamento é realizado em polpa, os rejeitos apresentam grande porcentagem de sólidos e em alguns casos a água proveniente do processo apresenta contaminantes e alterações em suas características que podem ser prejudiciais ao ecossistema aquático.

As áreas de estocagem também são controladas por apresentarem as mesmas características e potências de contaminação, apresentados nos rejeitos da mineração.

O sistema de drenagem circunda essas áreas, captando o excesso de água e encaminhando para as caixas de decantação e tratamento desses efluentes.

Para melhor controle, é necessário um estudo na época de chuvas, pois ocorre a lavagem destas áreas e o arraste de contaminantes para o sistema de drenagem que tem que ser capazes de absorver esta demanda.

Após o tratamento da água nestas caixas, ela é direcionada ao reservatório para ser reutilizada no circuito industrial.

6.4.2. Bacias de Decantação

As bacias de decantação são responsáveis pelo armazenamento dos resíduos sólidos e também pelo tratamento da água proveniente do beneficiamento da areia.

A Viterbo utiliza-se de barragem construída pelo despejo do próprio material descartado pelo método denominado “lançamento em cima do despejo”. Já a mineração Jundú utiliza-se de caixa de terra, sendo construídas e posteriormente preenchidas pelo rejeito.

No primeiro caso ocorre o desenvolvimento concomitante com a geração do rejeito, como demonstrado na figura 6.10.



Figura 6.10 – bacia de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz.

Neste caso ocorre a revegetação das encostas destas bacias para evitar problemas de erosão e consequentemente, o rompimento destes diques.

Estas bacias ou caixas devem ser construídas sobre um fundo impermeável, geralmente em rocha sã, para evitar contaminação do lençol freático através da infiltração no solo.

Após o preenchimento completo destas bacias, fica retido uma grande concentração de material fino e seco, composto principalmente por argilas e siltes. Como pode ser observado na figura 6.10, toda a água é removida para o reservatório, evitando-se ao máximo o desperdício.

Quando a bacia está finalizada com o máximo de sua capacidade, esta entra no processo de revegetação e recuperação da área. A primeira etapa desta fase é a revegetação natural, com o aparecimento de algumas espécies pioneiras de mato e vegetação rasteira, como apresentado na figura 6.11.

Segundo informações verbais de funcionários da mineração esta etapa chega a durar aproximadamente de 1 a 2 anos e é muito importante para o sucesso da etapa posterior, pois permite condições favoráveis à entrada de terra e o plantio de espécies nativas da região.



Figura 6.11 – revegetação natural da bacia de decantação – Mineração Viterbo Machado Luz.



Figura 6.12 – revegetação posterior com plantio de espécies nativas – Mineração Viterbo Machado Luz.

A revegetação sobre essas áreas alcança resultados interessantes, com o desenvolvimento de uma vegetação que se aproxima da floresta nativa da região, como é apresentado na figura 6.12.

A Mineração Jundu utiliza-se de caixas de decantação, como apresentado na figura 6.13. Nestas caixas ocorre também a decantação do material fino, argilas e siltos e a clarificação da água, através da utilização de floculantes e vertedores de água.



Figura 6.13 – caixas de decantação – Mineração Jundu.

A utilização destas caixas de decantação pode permitir a reutilização do material descartado posteriormente. A Mineração Jundu estuda a possibilidade de comercializar a argila armazenada nestas caixas para o abastecimento do mercado local.

Esta comercialização depende de condições de mercado favoráveis à entrada deste produto, mas, como reserva estratégica, a mineração optou por armazenar nestas caixas.

6.4.3. Regularização do pH

Como a produção de areia industrial utiliza-se de soda cáustica para a limpeza em seu processo de beneficiamento, é necessária a regularização do pH antes da água retornar ao reservatório para ser reutilizada no circuito industrial.

Para efetuar a neutralização, a Mineração Jundu implantou um sistema relativamente simples, com a adoção de dosador (tanque com ácido sulfúrico) e um reservatório, como apresentado na figura 6.14



Figura 6.14 – reservatório e dosador de ácido sulfúrico – Mineração Jundu.

Após a adição de ácido, a água é encaminhada para as caixas de decantação, já com o pH regularizado. O ácido sulfúrico também age como coagulante, facilitando a decantação dos sólidos nestas caixas.

6.4.4. “Retaludamento” e Revegetação

O retardamento e revegetação são medidas importantes para conter processos de erosão e evitar deslizamentos indesejáveis nas áreas de trabalho e administrativas da empresa.

Esta medida além de evitar a geração e o carreamento de partículas sólidas a corpos receptores e lençóis freáticos, proporciona a estabilidade geotécnica da área, facilitando os projetos e a recuperação da área degradada.

O “retaludamento” das frentes de trabalho ocorre com o processo de esgotamento da cava, quando as encostas se aproximam da posição final. Este processo pode ser observado na figura 6.15, que retrata o a revegetação dos taludes concomitante com o desenvolvimento da lavra em outra direção.



Figura 6.15 – processo de “retaludamento” concomitante com o desenvolvimento da lavra – Mineração Viterbo Machado Luz.

Esta medida, além de amenizar os custos com a recuperação durante a fase produtiva do empreendimento, gera uma recuperação da área minerada quase que imediata ao esgotamento da cava, evitando impacto ambiental, e principalmente, o visual.

Na figura 6.16, pode-se observar uma área que teve sua atividade de extração esgotada e que foi recuperada pelo empreendimento.



Figura 6.16 – antiga cava recuperada com revegetação dos taludes – Mineração Viterbo Machado Luz.

6.4.5. Hidrografia

A hidrografia dos locais dos empreendimentos é cortada pelos rios Ribeirão Bonito no caso da Mineração Jundu e córrego dos patos para a Viterbo Machado Luz.

A principal medida adotada para a preservação destes corpos d'água é manter uma área de preservação nas margens destes rios, evitando processos de erosão e carreamento direto de partículas para o leito d'água. Atualmente o rio não recebe mais nenhuma forma de despejo de resíduos das minerações visitadas, ocorrendo apenas em períodos de seca a utilização da água do rio Ribeirão Bonito no processo de beneficiamento da areia industrial.

Hoje observa-se uma situação de equilíbrio ambiental entre os empreendimentos e os corpos d'água, como demonstrado nas figuras 6.17, 6.18 e 6.19, embora funcionários das minerações declarem que, no passado, por desconhecimento ambiental ou falta de fiscalização e legislação adequada, eram constantes os despejos de resíduos diretamente nos corpos receptores.



Figura 6.17 – área de preservação às margens do Córrego do Patos – Mineração Viterbo Machado Luz.



Figura 6.18 – vista do Rio Ribeirão Bonito na divisa com a Mineração Jundu.



Figura 6.19 – vista do Córrego dos Patos na divisa com a Mineração Viterbo Machado Luz.

6.4.6. Caixas de Decantação de Óleos e Graxas

Ambos os empreendimentos mineiros utilizam-se de caixas de decantação para a separação de óleos e graxas da água, instaladas principalmente nas áreas destinadas a coleta de efluentes vindos das áreas de oficina, lavagem de equipamentos e veículos e nos locais de armazenamento em tanques de combustíveis e lubrificantes.

Após a separação efetuada por densidade, os óleos ficam retidos na caixa de decantação, enquanto que a água separada no sistema volta ao circuito de beneficiamento.

A Mineração Viterbo Machado Luz, vende este material retido para empresas especializadas em sua utilização e reciclagem, ajudando a reduzir os custos com o empreendimento.

Na figura 6.20 é apresentado o sistema básico para a implantação destas caixas de separação entre o óleo e a água.



Figura 6.20 – caixa de decantação de óleos e graxas – Mineração Viterbo Machado Luz.

6.4.7. Tratamento de Resíduos Orgânicos

A mineração Viterbo utiliza-se de fossas sépticas, perfeitamente compatíveis com o tamanho do empreendimento mineiro. A limpeza de fossas ocorre por empresas especializadas e que se encarregam de destinarem este material em lugar adequado com as normais ambientais.

A Mineração Jundu optou por utilizar bacias de aeração, com a desagregação (quebra dos nutrientes) realizada por algas, o que também está se mostrando eficiente para o tratamento destes resíduos.

6.4.8. Medidas de Compensação

Atualmente a legislação ambiental obriga que os empreendimentos mineiros implantem medidas de compensação no decorrer da atividade extractiva. É uma medida de reparação à degradação ambiental gerada pela mineração.

A maioria das empresas do setor opta por preservar áreas de florestas nativas como área de preservação do empreendimento, assim como a Mineração Viterbo Machado Luz, como indicado na planta de situação do porto da empresa em anexo.

Outras empresas utilizam medidas para se aproximar da sociedade, amenizando os conflitos sociais, presentes com o setor mineral. Tais medidas podem ser doação de ambulâncias, construção de hospitais e escolas para as comunidades do entorno.

A Mineração Jundu Ltda. adota as duas metodologias acima, com a preservação de um lago artificial que serve de habitat para espécies de jacarés e capivaras, como apresentado na figura 6.21.

Neste empreendimento também observou-se a realização e implantação do projeto de recuperação da antiga cava de extração de areia.

Este projeto de recuperação teve como objetivo a reutilização da área minerada, onde as bacias de decantação foram reutilizadas para a montagem do atual prédio administrativo da empresa, e também, para a nova área de estocagem das pilhas de produtos.

A antiga cava do empreendimento foi reutilizada como pólo esportivo, com a construção de quadras, ginásio, piscina e pista de atletismo.

Segundo informações verbais de funcionários da empresa, este projeto foi implantado por vontade do proprietário da empresa para servir de lazer aos próprios empregados da empresa, que na época alcançava aproximadamente 900 funcionários.

Hoje a situação é bem diferente, com um número de trabalhadores bem reduzido pelo aumento da mecanização e tecnologia. Este pólo não é mais absorvido pela empresa que se utiliza dessa área em pró das comunidades do entorno e da prefeitura de Descalvado.



Figura 6.21 – área de preservação para compensação – Mineração Jundu.

A empresa mantém parceria com a prefeitura local, para a utilização da praça de esportes, onde desenvolve o trabalho denominado “Projeto Criança”, de iniciação esportiva para crianças da faixa etária de 7 a 14 anos da cidade de Descalvado.

A empresa também estabeleceu comodato com a prefeitura local, que por sua vez cedeu as instalações da praça esportes da empresa à Unicastelo, onde funciona o seu curso de educação física.

A exaustão das reservas, formará um grande lago formado por águas do Arquifero Guarani, de excelente qualidade e grande volume, que poderá vir a abastecer não só a cidade de Descalvado, como outras cidades da região.

Estas medidas tem a grande vantagem de aproximar a sociedade ao setor mineral, colaborando com o convívio harmonioso e sendo responsável por desmistificar o setor mineral como o vilão do meio ambiente.

A aproximação também é importante para definir os destinos e objetivos do futuro projeto de recuperação e reutilização da área, afim de transformar a área para uma utilização que traga o maior retorno social possível e que atenda às necessidades das comunidades do entorno.

6.5. Análise da eficácia das Medidas em Campo

6.5.1. Base para o Tratamento dos Dados Obtidos

Nesta pesquisa utilizou-se como base para o tratamento dos dados o Índice de Qualidade das Águas (IQA), NTA-60 e a Resolução CONAMA n. 20 de 18 de junho de 1984.

O índice IQA, como apresentado no item 5, dá uma análise da qualidade da água variando de muito boa a péssima, já a norma NTA-60 rege sobre a potabilidade de poços para o abastecimento humano.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece através desta resolução, a classificação, segundo o uso preponderante para às águas doces, salobras e salinas do território nacional, em nove diferentes classes.

Também será focalizado o artigo 20 desta resolução que trata do uso de águas doces, salobras e salinas destinadas a balneários (recreação ao contato primário). Serão analisadas e enquadradas e terão sua condição classificada nas categorias excelente, muito boa, satisfatória e imprópria.

Para o entendimento desta resolução é necessário o entendimento das seguintes definições:

1. classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classificação de qualidade);
2. enquadramento: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.
3. condição: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
4. efetivação do enquadramento: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento do corpo d'água em correspondência com a sua classe.
5. águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
6. águas salobras: águas com salinidade variando entre 0,5 a 30 ‰;
7. águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

6.5.2. Monitoramento da Área dos Empreendimentos

O monitoramento visa monitorar os principais pontos de coleta d'água para a realização de análises e investigação sobre o grau de contaminação acarretado pelo empreendimento mineiro.

Este controle é muito importante para a realização do planejamento ambiental adequado, pois permite uma análise da eficácia das medidas mitigadoras do impacto implantadas e, quando for o caso, mostra a necessidade de reformulação ou a implantação de novas e mais adequadas medidas.

O planejamento ambiental de monitoramento atualmente redigido pelas empresas acompanhadas foi apresentado pelos próprios mineradores, bem como o resultado das análises obtidas.

A mineração Viterbo apresentou um monitoramento baseado em quatro pontos de coleta. Os pontos de coleta são:

- P1 – Nascente do Córrego dos Patos;
- P2 – Lagoa das Pragas;
- P3 – Lagoa dos Patos; e
- P4 – Represa do Galpão.

Estes pontos visam avaliar as condições destas lagoas e represas, bem como a nascente do Córrego dos Patos.

A mineração Jundu, conta com 7 pontos de monitoramento e ainda um no poço tubular utilizado para consumo e abastecimento de água.

Os pontos de 1 a 7 estão espalhados pelo empreendimento e assim como o poço tubular, tem como principal função o controle para detectar contaminação do lençol freático da região. Estes pontos são poços de monitoramento profundos sobre o lençol freático.

Os ponto 0 está localizado fora da área de influência do empreendimento e a montante do mesmo. O ponto denominado cava está localizado dentro da cava com a coleta sendo realizado na nascente de água sobre o piso.

Ainda são realizados um controle, com pontos localizados a montante e jusante do Rio Ribeirão Bonito para verificar alterações de pH e turbidez influenciadas pelo empreendimento.

6.5.3. Resultados das Análises de Água

As análises de água foram realizadas em laboratório e cedidas pelos mineradores para esta pesquisa em questão. Os ensaios foram realizados pelos laboratórios da Universidade de São Carlos no caso da Mineração Jundu e pelo laboratório Puriquima Ltda. no caso da Viterbo Machado Luz. Os dados obtidos são mostrados nas tabelas de 6.1 a 6.10:

• **Viterbo Machado Luz Mineração Ltda.**

Todas as análises foram realizadas com amostras coletadas em 28/01/2002, e determinaram os diversos parâmetros, cujo resultado são mostrados na tabela 6.1:

Parâmetros	Unidades	Resultados			
		P1	P2	P3	P4
pH		6,38	5,89	7,07	7,21
Temperatura	°C	20	28	29	29
Turbidez	NTU	2	0	1	0
Cor	Pt (hazem)	6	1	1	1
Sólidos Sedimentados	ml/l	0,3	<0,10	<0,10	<0,10
Sólidos Dissolvidos	mg/l	28	15,85	29,5	13,8
Óleos Graxas	mg/l	<10	<10	<10	<10
Alumínio (Al)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ferro (Fe)	mg/l	2,1	<0,1	1,1	<0,1
Fosfato Total (PO4)	mg/l	<0,03	<0,02	0,67	0,09
D.Q.O	mg/l	<2	<2	<2	<2
D.B.O	mg/l	<2	<2	<2	<2
O.D.	mg/l	19	7,4	8,1	7,7
Cont. Padrão de Bactérias	UFC/ml	950	280	3700	4000
Coliformes Totais	NMP/100ml	460	23	240	460
Coliformes Fecais	NMP/100ml	15	4	15	23
Feofitina	mg/3	6,97	negativo	negativo	negativo

Tabela 6.1 – dados das análises obtidas nos pontos de amostragem – Mineração Viterbo Machado Luz.

• **Mineração Jundu Ltda.**

Todas as análises foram realizadas com amostras coletadas em 01/03/2002, e determinaram os diversos parâmetros, cujo resultado são mostrados na tabela 6.2:

Parâmetros	Unid.	Resultados								
		CAVA	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
pH		5	6,3	5,5	5,8	5,9	5,6	5,5	5,8	5,6
Cor	Uc	1	1.075	1135	1.760	2.400	330	660	1.300	2105
Turbidez	UT	0,46	126	171	240	411	34,2	103	160	321
Cianeto	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fluoretos	mg/l	<0,01	0,16	0,01	0,2	0,02	0,1	0,06	0,11	0,02
Nitrogênio-Nitrato	mg/l	0,21	0,54	0,16	0,24	0,74	0,24	0,89	0,37	0,42
Cloreto	mg/l	<1	4,2	0,9	0,4	2,6	1,5	0,3	1,6	2,1
Dureza total	mg/l	<2	132	8	10	47	6	10	14	10
Sulfatos	mg/l	<1	1	<1	<1	<1	45	1	<1	<1
Zinco	mg/l	0,01	0,02	0,07	0,08	0,06	0,01	<0,002	0,07	0,01
Cádmio	mg/l	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Chumbo	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ferro total	mg/l	0,005	13,2	17,2	28,4	52,7	1,52	12	38,5	42
Manganês	mg/l	0,01	0,39	0,27	0,35	0,49	0,13	0,07	0,33	0,29
Cobre	mg/l	0,003	0,02	0,07	0,07	0,14	0,05	<0,003	0,25	0,06
Cromo total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sólidos totais	mg/l	31	289	177	377	589	146	90	238	162
Sólidos suspensos	mg/l	5	72	72	101	99	13	21	126	83
Sólidos dissolvidos	mg/l	26	217	105	276	490	133	69	112	79

Tabela 6.2 – dados das análises obtidas nos pontos de amostragem- Mineração Jundu.

Para o poço tubular, utilizado para o abastecimento de água do empreendimento, foram determinados vários parâmetros e os resultados estão na tabela 6.3:

Parâmetros	Unidades	Resultado do poço tubular
pH		4,8
Cor Aparente	uC	<1
Turbidez	uT	0,73
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /l	n.d.
Alcalinidade Hidróxidos	mg CaCO ₃ /l	0
Alcalinidade Carbonatos	mg CaCO ₃ /l	0
Alcalinidade Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /l	3
Cloreto	mg Cl-/l	0,1
Condutividade Elétrica	uS/cm	10,7
Dureza Total	mg CaCO ₃ /l	8
Fluoretos	mg F-/l	0,06
Ferro Total	mg Fe/l	n.d.
Manganês Total	mg Mn/l	n.d.
Nitrogênio Ammoniacal	mg N/l	<0,001
Nitrogênio Nitrato	mg N/l	0,31
Nitrogênio Nitrito	mg N/l	<0,001
Nitrogênio albuminóide	mg N/L	<0,10
Oxigênio Consumido	mg O ₂ /l	0,2
Sólidos Totais	mg/l	n.d.
Sólidos Totais Fixos	mg/l	n.d.
Sólidos Totais Voláteis	mg/l	n.d.
NMP Coliformes Totais	NMP/100 ml	0
NMP Coliformes Fecais	NMP/100 ml	0

n.d. não determinado

Tabela 6.3 – resultado da análise realizado no poço tubular de abastecimento – Mineração Jundu.

O plano de monitoramento também verifica a alteração do nível do lençol freático nos poços, como indicado nas tabelas abaixo:

ANO	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Med	Max	Min	Ampl
98 a 99	1,11	1,03	1,11	n.d.	n.d.	0,60	0,75	0,85	1,00	0,94	1,03	1,16	0,96	1,16	0,60	0,56
99 a 00	1,10	1,05	1,19	0,91	0,76	0,73	0,51	0,94	n.d.	1,06	0,98	0,95	0,93	1,19	0,51	0,68
00 a 01	0,94	1,08	0,87	0,75	0,52	0,80	0,77	n.d.	1,02	1,10	n.d.	1,03	0,89	1,10	0,52	0,58
01 a 02	0,97	1,07	0,98	0,96	0,78	0,69	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,91	1,07	0,69	0,38

n.d. – não determinado

Tabela 6.4 – dados anuais da profundidade em metros no poço 0 – Mineração Jundu.

ANO	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Med	Max	Min	Ampl
98 a 99	0,81	0,73	0,77	n.d.	n.d.	0,79	0,77	0,83	0,81	0,81	0,91	0,84	0,81	0,91	0,73	0,18
99 a 00	0,92	0,83	0,81	0,82	0,76	0,81	0,55	0,87	n.d.	0,87	0,79	0,73	0,80	0,92	0,55	0,37
00 a 01	0,71	0,95	0,67	0,79	0,54	0,85	0,71	n.d.	0,81	0,81	n.d.	0,73	0,76	0,95	0,54	0,41
01 a 02	0,74	0,92	0,81	0,75	0,86	0,80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,81	0,92	0,74	0,18	

n.d – não determinado

Tabela 6.5 – dados anuais da profundidade em metros no poço 3 – Mineração Jundu.

ANO	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Med	Max	Min	Ampl
98 a 99	3,70	4,13	5,00	n.d.	n.d.	4,62	4,35	4,15	4,60	4,51	4,78	4,16	4,40	5,00	3,70	1,30
99 a 00	4,55	4,77	5,09	4,60	5,00	4,76	4,70	4,57	n.d.	4,71	5,21	4,82	4,80	5,21	4,55	0,66
00 a 01	4,93	4,78	4,45	3,78	4,06	4,54	4,42	n.d.	5,10	4,85	n.d.	4,75	4,57	5,10	3,78	1,32
01 a 02	4,61	4,90	5,76	5,80	5,75	4,58	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,23	5,80	4,58	1,22	

n.d – não determinado

Tabela 6.6 – dados anuais da profundidade em metros no poço 4 – Mineração Jundu.

ANO	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Med	Max	Min	Ampl
98 a 99	2,09	1,88	2,16	n.d.	n.d.	1,67	2,15	2,30	2,27	2,23	2,29	2,49	2,15	2,49	1,67	0,82
99 a 00	2,44	2,52	2,74	2,15	1,71	1,93	1,58	2,12	n.d.	2,28	2,11	2,21	2,16	2,74	1,58	1,16
00 a 01	1,97	2,32	1,77	1,79	1,38	1,86	1,70	n.d.	1,82	2,14	n.d.	2,18	1,89	2,32	1,38	0,94
01 a 02	2,37	2,12	3,09	1,86	1,75	1,65	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,14	3,09	1,65	1,44	

n.d – não determinado

Tabela 6.7 – dados anuais da profundidade em metros no poço 6 – Mineração Jundu.

ANO	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Med	Max	Min	Ampl
98 a 99	2,00	2,04	1,90	n.d.	n.d.	1,58	1,94	2,09	2,08	2,03	2,17	2,24	2,01	2,24	1,58	0,66
99 a 00	2,21	2,28	2,26	2,00	1,89	1,90	1,43	1,90	n.d.	2,08	1,91	2,05	1,99	2,28	1,43	0,85
00 a 01	1,93	2,22	2,09	1,89	1,90	1,90	1,93	n.d.	2,00	2,01	n.d.	1,80	1,97	2,22	1,80	0,42
01 a 02	1,74	1,95	2,98	2,95	2,95	2,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,45	2,98	1,74	1,24	

n.d – não determinado

Tabela 6.8 – dados anuais da profundidade em metros no poço 7 – Mineração Jundu.

A tabela 69.10 apresenta os dados referentes ao controle sobre o Ribeirão Bonito, com o ponto 1 localizado a montante e o ponto 2 a jusante.

Mês/Ano	pH - P1	pH - P2	Turb.- P1	Turb. - P2
jan/02	6,5	6,7	26,7	43,7
abr/02	6,2	6,2	18,1	45,7

Tabela 6.9 – dados do controle sobre o Ribeirão Bonito – Mineração Jundu.

6.5.4. Tratamento de Dados

- **Mineração Viterbo Machado Luz**

Os 4 pontos de coleta apresentaram uma boa qualidade da água, com o IQA variando de 56 a 63. Neste cálculo foi considerado o valor nulo para o parâmetro Nitrogênio Total, por não constar na análise fornecida pela empresa, embora sua determinação não é capaz de alterar o índice de qualidade.

Com base no CONAMA 20, temos que de modo geral os parâmetros apresentaram uma boa qualidade para estas águas. A maioria destes parâmetros enquadra estes corpos d'água como classe I, isto ocorre no ponto de coleta 2 (Lagoa das Pragas).

Esta classe viabiliza a utilização da água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; a proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção da película e à criação natural ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

Com relação ao ponto 1 (Nascente do córrego dos Patos), temos uma concentração um pouco maior de Fe responsável por enquadrar este ponto de coleta na classe II do CONAMA.

Esta classe viabiliza a utilização da água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas e à criação natural ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

Os pontos 3 (Lagoa dos Patos) e 4 (Represa do Galpão), apresentam uma concentração elevada de fosfato total, o que prejudica sua classificação na norma, seria conveniente a adoção de medidas para diminuir esta concentração, os demais parâmetros apresentam uma boa qualidade para estes pontos.

- **Mineração Jundu Ltda.**

Não foi possível a determinação da qualidade dos corpos d'água, através do índice IQA, pois a análise fornecida pela mineradora não determinou a concentração de alguns parâmetros importantes para o cálculo.

O tratamento dos dados obtidos tem como intuito, neste caso, avaliar a influência do empreendimento sobre os corpos d'água presente no entorno do mesmo.

Comparando os pontos de monitoramento com relação ao ponto base (ponto 0), tabela 6.2, temos que de modo geral o empreendimento não influenciou negativamente sobre a qualidade das águas, com algumas alterações significativas de pH diminuindo de 6,3 para 5,6 em média e nos ponto P3 e P4, observa-se uma elevação considerável nos valores de turbidez e sólidos total.

Os resultados obtidos na tabela 6.3, sobre o poço tubular, permite avaliar que os parâmetros determinados estão dentro dos limites estabelecidos pela norma NTA-60. Alguns parâmetros estabelecidos pela norma não foram determinados, como a concentração de ferro, por exemplo. Seria conveniente a determinação destes parâmetros para a determinação da potabilidade deste poço.

Sobre a potabilidade do poço ainda é importante observar que o pH da água está próximo do limite aceito pela norma que regulamenta pH entre 5 e 10. Portanto qualquer diminuição deste valor pode acarretar na impossibilidade da utilização desta água para o consumo humano.

Com referência as tabelas de 6.4 a 6.9, com valores referentes à profundidade dos poços de monitoramento, (distância da boca do poço até o nível de água) temos que o empreendimento não contribui para alterações significativas do nível do lençol freático da região, com os valores permanecendo praticamente constantes durante os últimos anos.

Isto demonstra que a utilização da água que mina na cava para o abastecimento das instalações de beneficiamento não está causando uma super exploração no lençol freático da região do entorno.

Sobre o controle feito sobre a interferência no Rio Ribeirão Bonito, tabela 6.10 observa-se que o corpo hídrico ao passar pelo empreendimento mantém praticamente constante o pH da água, e eleva a turbidez de 20 para 44 em média. É conveniente que o empreendimento adote um planejamento para avaliar os motivos deste aumento, para poder adequar suas medidas de controle a fim de se evitar este aumento.

7. Área de Mineração abandonada – Passivo Ambiental.

Esta fase da pesquisa teve o intuito de caracterizar a degradação apresentada por áreas mineradas que foram abandonadas pelos mineradores após o esgotamento da jazida mineral.

Para a caracterização utilizou-se de documentos que relatam a situação de abandono da área onde se localiza atualmente o Parque Francisco Rizzo, antes da implantação do projeto de recuperação. Também foram visitadas algumas áreas da região do entorno de Embu no intuito de contribuir para a descrição do passivo ambiental gerado por estas mineradoras.

Todas as zonas visitadas eram antigas produtoras de areia que tiveram suas atividades interrompidas quer pelo esgotamento da jazida, ou por problemas ambientais que acarretaram o fechamento do empreendimento. Em nenhuma destas áreas foram observadas a implantação de medidas de mitigação durante o desenvolvimento da extração.

7.1. Localização

Todas as áreas visitadas ficam no município de Embu das Artes no Estado de São Paulo, o acesso à cidade é feito pela rodovia Régis Bittencourt (BR – 116) no sentido São Paulo – Curitiba, na altura do km 282.

Com exceção do Parque, as demais áreas visitadas não conseguiu-se determinar quem eram os proprietários das áreas, já que se encontravam em situação de abandono e, portanto, terão seus endereços preservado por esta pesquisa.

O acesso ao Parque é feito pela BR-116, a aproximadamente 18 km de São Paulo, tomando-se a entrada para a Cidade de Embu, distando cerca de 500 a 600 metros da rodovia. Os taludes da encosta oeste já podem ser vistos desta rodovia.

7.2. Histórico da Área

Como as áreas visitadas apresentam características semelhantes será apresentado neste item o histórico sobre o Parque Francisco Rizzo, como exemplo para as demais áreas.

O Parque, também conhecido como parque do Lago, é uma antiga área extrativa da Mineração Giosa, um antigo porto de Areia da Empresa Alberto Giosa e Cia Ltda. localizada num trecho ao longo do rio Embu-Mirim. Segundo informações verbais de um dos herdeiros da área, a extração teve suas atividades encerradas em 1984.

Durante o desenvolvimento da mineração, formou-se um lago na antiga cava inundada, taludes decorrentes de desmonte hidráulico do solo arenoso e zonas planas, resultantes da disposição e decantação dos rejeitos da usina de beneficiamento. O lago, formado pelo afloramento do próprio lençol freático, também mantém contato superficial com o rio Embu-Mirim.

O material aluvionar da várzea do rio Embu-Mirim, ainda segundo informações verbais, foi explorado em pequenas proporções, apenas para a configuração da bacia de rejeito oriundo da extração de areia.

No alto do morro era explorado material coluvionar para a obtenção de argila para confecção de tijolos. A mineração também efetuou desvios no rio Embu-Mirim, deslocando seu eixo em direção à BR-116. Posteriormente, as indústrias que se instalaram vizinhas às áreas da extinta mineração deslocaram a calha no sentido do lago.

Após o abandono da área pela mineração, o local encontrava-se totalmente alterado em seus aspectos naturais, tanto no que diz respeito à topografia como ao recobrimento vegetal da região.

Durante muitos anos essa área teve uso informal de recreação para moradores da vizinhança que a utilizavam para lazer. Esta utilização gerou conflitos sócios para região pois, sem infraestrutura apropriada, o local se tornou em área de risco, com perigo de desmoronamento das encostas e, principalmente, de afogamento no lago, que em alguns pontos chega a profundidade de 30m.

Este perigo acabou levando a morte alguns moradores da região, o que aumentou a pressão para a recuperação e reutilização do local. Outro agravante é o fato da área estar dentro do limite de preservação de mananciais.

Desde 1980 a mineração foi objeto de fiscalização e, principalmente, após o encerramento das atividades de extração. Em janeiro de 1985, por determinação da Câmara Municipal da Estância Turística de Embu, foi efetuada uma visita técnica por parte do IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo) que considerou os taludes deixados pela mineração como o principal problema existente e apontaram, na época, algumas medidas emergenciais, como:

- vistoria nas residências localizadas na Estrada dos Orquidófilos, acima dos taludes, a oeste da área;
- regularização superficial, através de terraplanagem, da plataforma da cabeceira dos taludes;
- implantação de cerca, impedindo o acesso aos locais instáveis;
- implantação de drenagem superficial adequada; e
- implantação de proteção vegetal nas zonas de risco.

Em 1994 foi solicitada uma análise de orientação de área em APM (Área de Proteção dos Mananciais), do total da gleba compreendida pela empresa Alberto Giosa.

No mesmo ano foi realizada uma nova vistoria pelos técnicos do IPT, que continuavam a apontar os taludes como principal problema e propuseram, como alternativa de uso para a recuperação, a implantação de um parque municipal para a cidade.

Em 1995 foi doada a prefeitura uma área de 22,3 ha para a instalação do Parque Municipal Francisco Rizzo. Esta recuperação foi possível graças inserção da área no subprograma 4 – Proteção Ambiental, do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Guarapiranga, com verbas obtidas do Banco Mundial.

O projeto de recuperação está apresentado no item 7 desta pesquisa, bem como a situação atual da área em questão.

7.3. Principais Impactos Observados

O principal problema apontado decorrente do passivo ambiental é principalmente, a reutilização da área, que muitas vezes acaba por gerar uma ocupação irregular, acarretando conflitos com as comunidades do entorno.

Os demais impactos são os observados no item 5 desta pesquisa, com especial destaque para a extração de areia, com o processo de erosão das encostas e assoreamento dos corpos hídricos.

Estas áreas, objetos da pesquisa em questão, se encontram abandonadas há alguns anos, suas características podem ser diferentes das apresentadas no instante do encerramento da atividade extractiva, pois o próprio meio ambiente colabora com a recuperação da área degradada.

Neste caso alguns impactos são facilmente visualizados ou perceptíveis, outros só são identificados após análise em laboratórios.

Os principais impactos observados nas áreas visitadas foram:

7.3.1. Erosão dos Taludes e Encostas

Problema comum observado em passivos ambientais gerados pela atividade extractiva de areia quando sua exploração se desenvolve em cava. Geralmente estas empresas acabam abandonando a área, seja por problemas ambientais ou por esgotamento da jazidas, sem implantarem medidas para a estabilidade do local minerado.

Após o abandono tais áreas se tornam locais de risco à populações que invadem o terreno, com perigo de deslizamento e desmoronamento de terras, ocasionando risco à vida humana.

A figura 7.1, mostra a área abandonada pela Mineração Giosa, com a caracterização dos taludes a oeste da área em intenso processo erosivo e bastante instáveis.



Figura 7.1 – vista dos taludes em processo de erosão – área abandonada da Mineração Giosa – Embu SP

7.3.2. Assoreamento de córregos e lagos

Problema também caracterizado por problemas de erosão e carreamento de partículas sólidas para os corpos hídricos, ou lagos formados artificialmente pela interceptação da cava com o lençol freático.

Este processo, quando muito intenso, ocasionam problemas ao desenvolvimento da vida aquática e a qualidade das águas destes corpos receptores.

Muitas vezes provocam a formação de bancos de areias, ocasionando desvios e diminuição da profundidade de seus leitos, ocasionando problemas como desvio de cursos, inundação e alargamentos do leito destes córregos.

Em lagos, como observado na figura 7.1, além de causarem a inibição da vida aquática, também pode levar à contaminação dos lençóis freáticos da região, podendo levar a problemas de abastecimento do local ao redor do empreendimento.

A figura 7.2 mostra o processo de assoreamento enfrentado pelo rio Embu Mirim, decorrente do abandono da área, antes do projeto de recuperação.



Figura 7.2 – vista do rio Embu Mirim com processo de assoreamento – área abandonada da Mineração Giosa.

A figura 7.2 permite observar o início do projeto de recuperação da área minerada, com o começo do “retaludamento” e revegetação dos taludes a oeste do terreno.

A cor amarronzada ou avermalhada é característica da presença de partículas sólidas e pode ser observada na foto tanto no rio como no lago. Em alguns casos esta coloração pode indicar a presença excessiva de ferro dissolvido.

7.3.3. Conflitos Sociais com Relação ao Passivo Ambiental

O passivo ambiental gerado com o abandono da área minerada é uma das principais causas dos conflitos sociais relacionados com o setor mineral. Este conflito ocorre pelo impacto visual da degradação e por utilizações informais da área.

Com relação ao aspecto visual, este abandono acaba por gerar um falso consenso para a sociedade que rotula o setor mineral como o grande vilão do meio ambiente, colocando-o como atividade puramente exploradora e de desrespeito ambiental.

Para o uso informal da área os conflitos acarretados estão relacionados às áreas de risco geradas pelo empreendimento mineiro, principalmente com relação à instabilidade das encostas e à utilização do lago (antiga cava inundada) para a prática de lazer aquático.

Infelizmente é constante ocorrer acidentes graves e mesmo com mortes nestas áreas, principalmente relacionados a afogamento de crianças e adolescentes.

Por outro lado, é difícil evitar esta invasão pois, em muitos lugares, estes passivos ambientais se apresentam como a única opção de lazer para as comunidades do entorno ao empreendimento.

O controle destas áreas é essencial para a amenização dos conflitos e, portanto, é necessário que o setor mineral tenha consciência desta realidade e que evite a geração destes passivos e, também, colabore com projetos de recuperação e reutilização de áreas que se encontram em situação de risco ou de abandono, geradas pela atividade extractiva.

7.3.4. Recuperação Natural do Passivo Ambiental

A própria natureza age como agente de recuperação da área, ocorrendo de forma natural a estabilização dos taludes através de desmoronamentos, a revegetação da área inicialmente pelas plantas pioneiras e um provável equilíbrio aquático no lago gerado pela da antiga cava

inundada. No entanto a recuperação natural é muito lenta, demorando anos para seu efeito ser perceptível.

Para esta pesquisa foi visitada uma área em Embu que apresenta estas características aparentes, pois não foi possível a realização de ensaios ou estudos mais específicos para comprovar a condição real da área em questão.

Mesmo sem estes estudos, não seria leviano afirmar que um futuro projeto de recuperação realizado sobre este passivo ambiental poderia encontrar maiores facilidades de execução do que em áreas caracterizadas com instáveis ou de risco eminentes. A figura 7.3 mostra uma visão geral deste terreno.



Figura 7.3 – vista geral da recuperação natural da área degradada em Embu / SP.

7.4. Qualidade da Água antes do Projeto de Recuperação

Os dados utilizados foram fornecidos pelo relatório do projeto executivo do Parque Francisco Rizzo realizado pelo consórcio entre as empresas W. Bertolo e Epal, obtido antes da implantação do mesmo.

Para avaliar a qualidade dos corpos hídricos foi realizado pontos de amostragem no lago e a montante e jusante do Rio Embú Mirim. Os resultados estão na tabela 7.1

Parâmetros	Unidades	Lago			Rio Embu-Mirim	
		Superf.	Meio	Fundo	Montante	Jusante
Profundidade	m	0,3	6	12	n.d.	n.d.
Temperatura	°C	27,5	22,1	18	n.d.	n.d.
pH	um. de pH	7,76	7,3	7,02	n.d.	n.d.
OD	mg/l	7,9	0,4	0,3	n.d.	n.d.
Arsênio	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fe	mg/l	0,103	0,114	6,22	0,427	0,497
Mn	mg/l	0,027	0,796	2,27	n.d.	0,339
Zn	mg/l	0,001	0,011	n.d.	n.d.	0,055
Hg	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fenóis	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cor	Pt (hazem)	n.d.	20	35	n.d.	15
Turbidez	NTU	7,8	6,05	46	19,5	41,5
Alcalinidade pH	mg/l	0	0	0	0	0
Alcalinidade CO3	mg/l	0	0	0	0	0
Alcalinidade HCO3	mg/l	30	30	18	30	40
Condutividade Elétrica	uS/cm	90	90	120	70	90
Cloreto	mg/l	23	10	16	10	21
D.Q.O	mg/l	40	12	52	33	30
D.B.O	mg/l	4	2	6	2	12
Sólidos Totais	mg/l	58	70	158	60	72
Sólidos Sedimentados	mg/l	4	10	66	11	46
Sólidos Dissolvidos	mg/l	54	60	92	49	26
Nitrato	mg/l	n.d.	0,12	n.d.	n.d.	n.d.
Nitrito	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nitrôgeno Total	mg/l	0,14	0,41	1,09	0,25	1,86
Nitrôgeno Ammoniacal	mg/l	n.d.	0,12	0,33	n.d.	0,46
Nitrôgeno Orgânico	mg/l	0,14	0,29	0,76	0,25	1,4
Ortofosfato	mg/l	0,018	0,019	0,039	n.d.	0,174
Fósforo	mg/l	0,02	0,022	0,042	n.d.	0,174
Sulfato	mg/l	4	4	3	4	3
Coliformes Totais	NMP/100ml	10	20	50	300	50
Coliformes Fecais	NMP/100ml	ausente	2	2	2	300
Feofitina	ug/l	0,21	0,12	0,96	n.d.	n.d.
Clorofila	ug/l	5,34	4,27	5,34	n.d.	n.d.

n.d. – não determinado

Tabela 7.1 – resultado da análises da água coletados em 25/02/97 –

Fonte W. Bertolo e Epal.

Também foi realizado análise sobre o sedimento do lago, com os dados apresentados na tabela 7.2.

Parâmetros	Unidades	Lago
Profundidade	m	12
pH	un de pH	6,1
Cd	mg/kg	n.d.
Pb	mg/kg	16,4
Fe	mg/kg	29700
Mn	mg/kg	615
Zn	mg/kg	58,3
Hg	mg/kg	n.d.
Sólidos Totais (105 °C)	%	25
Sólidos Fixos (550 °C)	%	21,8
Sólidos Volatéis (550 °C)	%	3,2
Nitrogênio Total	mg N/kg	230
Ortofosfato	mg P/kg	65,2
Fósforo	mg P/kg	24
Potencial Redox	mV	110

Tabela 7.2 – resultado da análise sobre o sedimentos do lago coletados em 25/02/97 – W. Bertolo e Epal.

Através do cálculo do IQA verificou-se que o lago apresentava boa qualidade da água, com IQA variando aproximadamente de 65 a 75. No caso do Rio Embu Mirim a análise foi prejudicada por falta de alguns dados, como pH, OD e temperatura que foram considerados com o valor nulo.

Mesmo assim o rio Embu-Mirim apresentava a montante uma boa qualidade caindo para qualidade aceita a jusante, com IQA de 55 e 39 respectivamente. Isto demonstra como um todo que o empreendimento interferiu negativamente sobre este rio.

Pelos os resultados obtidos no relatório fornecido pelo consórcio chegou-se na época nas seguintes conclusões:

- a lagoa apresentava estratificação bem definida, com uma lâmina nitidamente aeróbica, com cerca de 2 metros, uma área de transição onde a profundidade é de 13 metros e uma estratificação de temperatura em todo o corpo da lagoa;
- a transparência variava de 1,0 a 1,5 metros e a condutividade em torno de 20% com pH de 7,0 a 8,2; e

- Pelos os resultados das análises apresentados na tabela 7.1, temos que a água do lago se enquadrava na classe 2 do Conama 20, que habilitava a utilização à recreação de contato primário, esqui aquático, natação e mergulho. A água a montante do Rio Embu-Mirim da mesma forma que o lago também se enquadra nesta classe.
- A jusante apresentava um aumento significativo na taxa, da densidade de coliformes fecais e na concentração de fósforo e nitrogênio, demonstrando na época uma provável contaminação por esgoto doméstico;
- Pela avaliação sobre os sedimentos, dados apresentados na tabela 7.2, pode concluir na época que o lago apresentava sedimento rico em nutrientes, e eram presentes em baixas concentrações chumbo e zinco. O teor de matéria orgânica era relativamente baixo;
- Foi levantada a hipótese de que alterações na temperatura ambiente poderiam provocar recirculação desses nutrientes para a coluna d'água, disponibilizando alimento para as algas e consequentemente acarretando problemas de turbidez e aumento nas taxas de DBO;

Também foram realizadas pelo consórcio análises para a determinação qualitativa e quantitativa do Fitoplâncton que apresentou uma baixa diversidade de organismos com a presença de quase 80% representada pela alga *Cylindrospermopsis*.

Este organismo é uma espécie cosmopolita que ocorre em lagoas em regiões de clima tropical e temperado. O Brasil apresentou, ocorrência na Represa Billings em São Paulo e no lago Paranoá em Brasília (97.000.000 tricomas/l), onde esta alga é dominante a mais de 20 anos.

No lago Francisco Rizzo, apresentava na época do consórcio uma densidade de 8.000.000 tricomas/l, indicando que provavelmente, não tinha atingido um nível de floração.

Os fatores limitantes para o desenvolvimento desta alga eram provavelmente a temperatura que não apresentou valores extremamente elevados, o aporte de nutrientes que não foi suficiente principalmente com baixas concentrações de fósforo disponível, e o pH e a alcalinidade do lago são baixos o que não favorece seu desenvolvimento.

A presença desta alga levantou a suspeita pelo consórcio sobre a utilização da água da lagoa, principalmente por causa da toxina liberada pela *Cylindrospermopsis Raciborskii*. Esta alga produz endotoxinas detectáveis do tipo lipo-polissacarídeos que podem ter implicações para a saúde pública especialmente em crianças.

Pouco se conhece sobre os efeitos gerados por esta toxina, mas a literatura aponta caso de ocorrência de hepatenterite em mais de 140 pessoas, que utilizaram uma água com a presença desta toxina na Austrália, sendo que os casos de infusão mais severos foram em crianças e os casos clínicos iniciaram-se poucos dias após ter sido utilizado sulfato de cobre para controlar a população desta alga.

Através dos estudos feitos pelo consórcio pode-se observar que a qualidade do lago foi prejudicada pela presença desta alga, demonstrando que o lago apresentava um desequilíbrio aquático, com baixa diversidade de organismos e uma grande quantidade de organismos da mesma espécie.

A determinação da qualidade da água apresentada no lago antes da instalação do projeto de recuperação fica prejudicada pois, mesmo com o IQA, indicando boa qualidade, foram apresentadas algumas considerações que colocam em cheque esta qualidade, principalmente a toxicidade presente pela alga e a baixa diversidade de organismo.

8. Projeto de Recuperação do Parque Francisco Rizzo.

O projeto de recuperação e reutilização da área minerada foi realizado pelo consórcio entre as construtoras W Bertolo e EPAL e tinha como meta a criação do Parque Municipal Francisco Rizzo. Este parque recebeu o nome do dono da área e minerador, como condição para a doação do terreno para a prefeitura. Na figura 8.1 tem-se uma vista com a localização do Parque.



Figura 8.1 – vista do Parque Francisco Rizzo – Embu SP

A determinação para a reutilização desta área para um parque teve como principais objetivos suprir as carências de lazer da cidade e preservação do meio ambiente.

A necessidade de instrumentos de lazer para a população do Embu é evidente pois a cidade não possuía nenhum parque público com as opções de lazer se concentrando em poucas praças e campos de futebol de várzea.

Como o Parque está localizado dentro de área de manancial e é cortado pelo rio Embu-Mirim, com vegetação de várzea característica surgiu a idéia na época, de transformar o parque em área de preservação ambiental, servindo de campo de trabalho para a implantação de políticas de educação ambiental para a cidade do Embu.

O projeto do parque foi realizado pelo consórcio citado, mas sua implantação ocorreu de forma incompleta com algumas metas estabelecidas que não chegaram a sair do papel. Segundo informações verbais há suspeita de desvio de verbas que acabaram por interromper a implantação completa deste projeto.

Portanto, mesmo com o projeto de recuperação, a área ainda apresenta atualmente problemas, tanto com relação ao uso e ocupação, como também relacionados à estabilidade e preservação do meio ambiente.

Nesta fase da pesquisa apresenta-se uma visão geral do projeto realizado pelo consórcio e uma análise da situação atual do parque.

8.1. Principais Premissas do Projeto de Recuperação

O Projeto do Parque seguiu algumas premissas conceituais e programáticas, principalmente por ser um parque público e com o caráter de educação ambiental. Estas premissas, abordadas pelo projeto original, estão apresentadas neste tópico.

Entende-se por Parque Público, segundo o consórcio, como espaço livre de dimensões significativas e predominância do elemento natural, da paisagem e enquanto campo educativo. A importância deste conceito é realçada pela localização na Bacia hidrográfica do Guarapiranga, manancial da Cidade de São Paulo.

As premissas do projeto previram a adequação da área para uso recreativo, acrescentando-lhe outros significados, como a educação ambiental e a restauração das condições físicas, tendo em vista a resolução do problema de estabilidade dos taludes, quanto à reconstituição da vegetação.

Atendendo a estes objetivos, o projeto enfatizou:

- recreação voltada ao atendimento da população local e extra-local;
- o resgate dos aspectos naturais através da proposta paisagística e de planos de manejo, que visaram a recomposição da área como um todo; e
- a educação ambiental, através de equipamentos que permitem programas e ações a serem implantados com o início da operação do parque e rebatida no território do paisagismo, da arquitetura e “design” das edificações e equipamentos.

As particularidades da topografia do local fazem com que o projeto constitua-se de áreas equipadas para atividades lúdicas, desfrute da paisagem, trilhas para caminhadas e atividades esportivas, bosques, áreas de estar, para atendimento local e extra-local, áreas de estar sombreadas, “playground”, pequeno campo de jogos que atendem, principalmente, a população infanto-juvenil e da terceira idade.

8.2. Principais Dificuldades Enfrentadas para a Instalação do Parque.

Ainda segundo o consórcio, durante o projeto de recuperação, foram levantados alguns pontos que deveriam receber maior atenção e cuidados especiais, visando melhorar o aspecto paisagístico e ressaltar as potencialidades da área, entre eles destaca-se:

- o tratamento da várzea do Embu-Mirim, principalmente junto à área urbana e no trecho que acompanha a rodovia, inserindo neste contexto, a área do parque;
- o terreno apresentava graves limitações à ocupação, com restrições legais e de ordem geotécnica. Por outro lado, uma reconstituição dos aspectos naturais apenas, sem um destino de uso e reutilização, poderia acarretar na manutenção dos usos informais, como eram característicos do local, que apresentava absoluta ausência de segurança;

- vinculação do parque como ponto atrativo para a exploração turística da região, sem esquecer da população local, que deveriam se beneficiar recreativamente do parque;
- a indiferenciação do binômio lazer/recreação, pois uma área somente é atraente turisticamente se também for igualmente atraente para o lazer cotidiano da população local;
- também foi mencionada a importância de que o lazer, recreação e turismo não são apenas soluções, mas também problemas, pois estas atividades também são poluidoras e predatórias do ambiente. Esta utilização não pode ser considerada como de desenvolvimento auto-sustentável sem uma concepção ambientalista, pois este uso pode deteriorar ainda mais o terreno;
- foi levantada a preocupação da população do entorno ser interlocutor para a preservação do território, como forma de aumentar a participação popular das comunidades locais;
- a implantação do parque e restauro da área, acarreta uma valorização das áreas do entorno, obrigando a prefeitura a se conscientizar desta valorização e estudar planos diretores que negociem usos compatíveis com esta inserção em uma área, nitidamente frágil e com um potencial relevante para os usos de serviços e turísticos;
- a necessidade de solucionar ou melhorar as condições de acessibilidade ao local, pela implantação de um sistema viário adequada ao programa, que deveria ser previsto para o parque;
- a vocação da área urbana do território é ressaltar as características de tradição cultural da cidade, inserindo num roteiro histórico-cultural. Entretanto não há áreas tecnicamente organizadas para eventos e lazer;
- a análise dos atrativos no município mostra que o patrimônio cultural é especialmente significativo no centro urbano do Embu, mas as condições de preservação não são as mais adequadas. Entretanto,
- o município está razoavelmente equipado para receber o turista para a região; e
- as demais dificuldades quanto aos aspectos técnicos estão apresentados no item 7 desta pesquisa.

8.3. Situação Atual do Parque

Mesmo sem a conclusão do projeto, o parque foi aberto a visitação pela Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente de Embu, com toda a parte administrativa do parque já instalada, alguns equipamentos de lazer como “playground”, teatro, entre outros, como apresentado na Figura 8.1.

Neste item da pesquisa foi realizado um resumo comparativo das metas implantadas e as estabelecidas pelo projeto de recuperação, bem como o levantamento da situação atual da área e os problemas apresentados, tanto quanto ao uso e ocupação, como quanto aos aspectos técnicos. Também será abordada, com mais detalhes, a condição atual dos cursos d’água presentes no terreno.



Figura 8.2 – Vista panorâmica do Parque Francisco Rizzo – Embu SP

8.3.1. Comparação entre as Metas Implantadas e o Projeto de Recuperação

Segundo o projeto executivo para a criação do parque realizado pelo consórcio entre a W. Bertolo – Epal, de visitas técnicas à área e de documentos e fotografias que demonstram a situação anterior ao projeto de recuperação, pode-se realizar um estudo comparativo entre as medidas de fato implantadas e as que ainda não foram concluídas.

Entre as medidas implantadas e as indicadas pelo projeto destacam-se:

- **Estabilidade dos Taludes**

Foram realizados o retaludamento, com a revegetação das encostas localizadas a oeste da área, como medida de estabilidade e segurança.

Para a estabilidade destes taludes foram realizados estudos geotécnicos que determinaram os principais parâmetros de estabilidade, como: ângulo de inclinação e altura dos taludes, largura das bermas e implantação do sistema de drenagem adequado.

- **Ocupação da Várzea**

Para a ocupação da área de várzea estava previsto o alteamento geral da várzea (aterro compactado) acima da cota máxima de cheias do rio Embu, estabelecida através de estudos hidrológicos na cota 771,4m.

Foi ainda estabelecida uma altura de 1m a mais do nível estabelecido para o aterro por medida de segurança, já contando com futuros recalque de 30 cm para estas áreas.

Para conter as cheias, foi planejado também o rebaixamento e desassoreamento do rio, através da dragagem do leito. Foi delimitado uma área de 30 a 50 m ao redor do rio como área de preservação em consonância aos ditames do código florestal.

Estas medidas não foram implantadas, ocorrendo problemas de alagamento nestas áreas nas épocas de chuvas.

Também foi recomendado a não instalação de fossas sépticas e sumidouros para a disposição final dos resíduos sanitários em subsolo, devido a presença de dois lençóis freáticos subterrâneos de água (sentido lago – rio e vice versa), que podem ser contaminados com a implantação destas fossas, acarretando a contaminação do lago ou do rio.

- **Vegetação**

Adoção de medidas de controle de erosão com a elaboração de projetos geotécnicos e plantios nas áreas de risco, elaboração e implantação de projeto de recuperação da cobertura vegetal.

Também foram realizados plantios de espécies nativas da Mata Atlântica, com preferência à espécies adaptadas às particularidades do terreno, utilização de floríferas e frutíferas atrativas à fauna e enriquecimento das áreas de reflorestamento (Eucaliptos) remanescentes com espécies apropriadas.

- **Destino da Área**

Quanto ao destino foram implantados os projetos de arquitetura e os equipamentos com relação aos edifícios, “playground” e o teatro ao ar livre. A utilização da área se dá por visitantes esporádicos e, através do programa de educação ambiental, com a realização de excursões escolares à área.

A prefeitura também incentiva a participação da população ao parque, através de eventos organizados como no caso do dia do funcionalismo, que reuniu aproximadamente cerca de 150 pessoas neste parque.

Quanto ao projeto original ainda faltam os seguintes itens:

- contemplar os objetivos de recuperação dos ambientes, a utilização pública e a educação ambiental;
- considerar a educação ambiental não apenas em seus aspectos formais, mas, também, em seus aspectos informais, rebatidos no território, desde o arranjo da área, a arquitetura e “design” de edificações e equipamentos;
- explorar o histórico da área e aproveitar elementos que mantenham esta memória, relacionando os projetos de recuperação de áreas degradadas e restauradas em minerações de areia;
- solucionar o problema de acesso, visando, inclusive, a necessidade de áreas para estacionamento; e
- regulamentar o uso e ocupação do solo nos vazios remanescentes a norte da mineração, visando adequar a região de implantação de um equipamento de grande porte para a atração do público, principalmente nos finais de semana.

- **Qualidade das Águas**

Com relação ao monitoramento e medidas de manutenção e preservação da qualidade dos corpos d’água, poucas medidas foram implementadas. A recuperação de alguns parâmetros se deu principalmente a redução dos agentes impactantes.

As principais medidas recomendadas eram:

- monitoramento da qualidade da água visando a avaliação prévia de um possível crescimento da densidade fitoplanctônica. Para isto recomendou-se o monitoramento de 3 pontos no corpo da lagoa e no rio Embu Mirim, a montante e a jusante. Estas análises deveriam ser realizadas com freqüência bimestral, visando a detecção de eventuais variações sazonais.

- adoção de medidas restritivas ao fluxo d'água do lago em direção ao rio Embu Mirim, tendo em vista a detecção de organismos algáceos e seu caráter extremamente nocivo, para evitar a contaminação de outros corpos d'água da região; e
- Uma das medidas de fato implantada é a não utilização da água do subsolo local para usos públicos, tendo em vista a ocorrência de organismos nocivos na água. Portanto, é de vital importância para a saúde das pessoas que utilizarão o parque a não utilização dessa água para seu abastecimento. Assim não deverão ser furados poços locais para a captação de água, preferindo o uso de água tratada fornecida pela concessionária local.

8.3.2. Principais Impactos Observados Atualmente

Nesta fase da pesquisa realizaram-se visitas ao parque e do relatório de visita técnica realizado pela Gaia Consultoria Ambiental.

- Situação dos Taludes e Encostas**

Atualmente um dos maiores problemas relacionados ao parque é a erosão das encostas, com a carreamento de material particulado para o lago e o rio Embu Mirim.

Esta situação foi agravada com os conflitos gerados com a população do entorno ao parque, que por proibição à pesca no lago, acabou ateando fogo criminoso por duas vezes ao parque, nas áreas dos taludes recuperados pelo projeto e nas áreas mantidas pelos eucaliptos, considerada estável durante a implantação do projeto de recuperação.

A situação destas encostas pode ser mostrada na figura 8.2. Em visita à área foi observado diversas situações adversas para a estabilidade destes taludes, tais como:

- rompimento e falta de manutenção do sistema de drenagem, acarretando caminhos irregulares;

- erosão em vários pontos do talude, com a abertura de fendas e fissuras no talude;
- transporte de sedimentos para o lago;
- parte dos taludes demonstrando irregularidades e escorregamento;
- trilhas abertas clandestinamente por populares que as utilizam como ligação ao interior do parque e que se localizam em pontos sensíveis geologicamente; e
- em alguns taludes foi possível identificar pequenos pontos onde “mina água” podendo ocorrer interferência com o lençol freático como a capacidade de drenagem, infiltração e erosão;

É imprescindível e urgente que, ações para a contenção dos problemas relacionados acima, sejam efetuadas para qualquer uso ou aproveitamento que venha a ser proposto ou adotado, para não colocar em risco a vida e a integridade dos visitantes.



Figura 8.3 – vista dos taludes em processo de erosão após incêndio desta área – Parque Francisco Rizzo Embu SP

- **Áreas Internas do Parque**

Nas áreas verdes, utilizadas para fins de lazer e recreação, é possível observar vários pontos com recalque, erosão e acúmulo de água decorrente de irregularidades do terreno, aterro e compactação.

A revegetação do parque está aquém do desejado, principalmente nas zonas planas (antiga área da bacia de decantação da mineradora), com árvores de pequeno porte que encontram dificuldades de desenvolvimento decorrentes, provavelmente, da baixa qualidade do solo ou da falta de tratos com silviculturais adequados. Por esta razão, há falta de sombra nas áreas de lazer do parque.

Embora o projeto paisagístico elaborado tenha sido quase que 80% efetuado, o parque apresenta problemas de infraestrutura como falta de lanchonete, quiosques, áreas esportivas, planejamento para explorar seu potencial em educação ambiental entre outros.

O Parque apresenta uma área de várzea que, além de sua importância no ambiente, é de grande importância para a fauna local, pois serve como ponto de alimentação e abrigo para várias espécies. Esta área atualmente está à margem do parque, sem apresentar integração paisagística com as demais áreas e atividades, principalmente de caráter educacional.

É importante a resolução destes problemas para tornar o parque uma área de lazer agradável e com infraestrutura adequado aos visitantes do parque.

- **Situação do Lago**

Segundo depoimento de funcionários da Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente de Embu há preocupação sobre a qualidade da água e o nível de poluição do lago pelo contato superficial da água deste com o rio Embu-Mirim.

Como já foi mencionado o lago está recebendo material particulado, fruto da erosão das encostas do parque, o que contribui para o

desenvolvimento de processos de contaminação, como aumento de turbidez, por exemplo.

No item 8.3.3 desta pesquisa serão apresentados dados sobre a qualidade da água do lago, através de parâmetros de qualidade.

- **Área do Entorno ao Parque**

Ocorre a presença de algumas fábricas na divisa com o parque. Foi levantada a suspeita que essas fábricas depositavam seus lixos clandestinamente na área de várzea.

Acima dos taludes, há presença de um conjunto de moradias, como algumas auto-construções invadindo as dependências do parque. Por falta de uma educação ambiental adequada e de uma participação efetiva da comunidade, foi levantada a suspeita, por membros da secretaria, que essa população foi responsável por alguns danos causados ao parque, como incêndios registrados nos taludes, por exemplo.

O parque possui acesso precário a suas dependências e falta sinalização externa, o que também contribui com a falta de utilização por parte da população de Embu no parque.

8.3.3. Qualidade da Água do Lago

Para a determinação da qualidade da água do lago e comparação com a situação deste antes do projeto de recuperação foi coletada uma amostra de água no dia 19/11/02, para a análise do corpo d'água realizado pelo laboratório Puriquima Ltda. Os resultados obtidos estão na tabela 8.1.

Além da análise do ensaio realizado, observar-se a presença de algumas espécies de peixes que habitam o lago, o que pode ser considerado um indício de melhora das condições deste corpo hídrico, já que anteriormente, como indicado no item 7, este apresentava predomínio de comunidades de algas, com características nocivas à saúde do homem.

Parâmetros	Unidades	Resultados da Água do Lago
pH	u.n. de pH	7,81
Temperatura	°C	23
Resíduo Total	mg/l	61
Fosfato Total (PO4)	mg/l	0,15
Nitrato	mg/l	<0,01
D.Q.O	mg/l	30
D.B.O	mg/l	<2
O.D.	mg/l	8,8
Cont. Padrão de Bactérias	UFC/ml	200
Coliformes Totais	NMP/100ml	460
Coliformes Fecais	NMP/100ml	93

Tabela 8.1 – análise de água do lago – Parque Francisco Rizzo – Embu SP

Através do cálculo do IQA, com base na tabela 8.1, verificou-se que o lago apresenta uma qualidade considerada excelente. É importante considerar que está análise não é suficiente para determinar a qualidade do lago, haja visto que foi coletada uma única amostra, em superfície em um único ponto, mas os resultados podem servir como um bom indicativo preliminar sobre esta qualidade.

Comparando as tabelas 8.1 e 7.1, observa-se que alguns parâmetros analisados sofreram melhora com a instalação do projeto de recuperação. As taxas de OD passaram de 7,9 para 8,8 mg/l, enquanto que as taxas de DBO e DQO diminuíram consideravelmente de 40 para 33 mg/l e de 4 para menor que 2 mg/l respectivamente.

A análise comparativa também permite observar um aumento na concentração de coliformes totais e fecais, estes parâmetros embora prejudiciais aos corpos d'água, não influenciaram na classificação da água do lago, pois ainda apresentam concentrações baixas. Os demais parâmetros não apresentaram alterações significativas

Este aumento pode indicar uma contaminação por esgoto doméstico, sendo provenientes da interligação com o Rio Embu-Mirim ou pela contaminação sanitária decorrente das instalações do parque ou pelas vilas residências ao redor do mesmo.

É conveniente a implantação de um programa de monitoramento para investigar a alteração ou aumento da concentração destes coliformes, a fim de identificar a origem de contaminação e propor medidas de controle para evitar que a contaminação atinja valores indesejáveis.

Com relação à utilização do parque, temos que a água do lago continua enquadrada na classe 2 do CONAMA 20, liberando a utilização para recreação de contato primária, como esqui aquático, natação e mergulho.

Para esta classificação considerou-se que os demais parâmetros, como presença dos elementos Fe, Cd, Pb, Mn entre outros, se mantiveram constantes após o projeto de recuperação. Se houver indícios de alterações destes valores a classificação terá que ser reformulada.

Com relação ao artigo 26 do CONAMA 20 que regulamenta as águas destinadas a balneários, temos que o lago em questão apresenta classificação excelente, pois a concentração de coliformes fecais está abaixo de 250 NMP/100ml e a concentração de coliformes totais abaixo de 1.250/100ml.

Neste artigo observam-se alguns fatores que podem tornar inviável a utilização destas águas para balneários, entre eles destaca-se:

- ocorrência na região de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias locais;
- sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;
- recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;
- presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos e graxas e outras substâncias, capazes de oferecer risco à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- pH menor que 5 ou maior que 8,5;

- presença, na água, de parasitas que afetem a saúde do homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;
- presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose, caso que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco; e
- outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

9. Conclusão

Primeiramente é importante considerar que a pesquisa em questão se baseou em visitas técnicas, portanto qualquer conclusão ou indício apresentado neste item deve ser particularizado para as áreas visitadas. Assim qualquer referencia a outras situações devem ser acompanhadas por estudos mais específicos.

Através da comparação entre as áreas pode-se concluir que a adoção de medidas mitigadoras do impacto ambiental durante o desenvolvimento da atividade extractiva traz, uma melhoria no equilíbrio ambiental, social e econômico para a região do entorno ao empreendimento, em detrimenos aos problemas acarretados pelos passivos ambientais gerados pelo abandono da área minerada ou até mesmo em relação a futuros projetos de recuperação e reutilização.

Com relação aos aspectos ambientais é importante considerar que estas medidas favorecem a recuperação da área concomitante com o desenvolvimento da mina, possibilitando a recuperação da área minerada de forma quase que imediata apos o esgotamento da reserva mineral.

Esta recuperação é muito importante, pois amenizam os impactos visuais, possibilitem a estabilidade do terreno, e principalmente viabilizam a reutilização destas áreas para outras atividades econômicas, sociais ou culturais.

Sobre a qualidade dos recursos hídricos temos que a adoção destas medidas traz um equilíbrio as comunidades aquáticas, com os empreendimentos interferindo muito pouco sobre a qualidade destas águas.

Com relação aos passivos ambientais não foi possível a determinação de impactos ambientais mais significativos sobre os corpos d'água, isso pode ter ocorrido principalmente porque a análise realizada sobre a água foi feita após 2 anos do fechamento do porto de areia, portanto pode ter ocorrido uma recuperação natural destes corpos hidricos, com a diluição de seus contaminantes. A recuperação natural da área leva muito tempo para apresentar resultados positivos, como foi visto no item 7 desta pesquisa.

Também sobre o aspecto ambiental é importante a manutenção de medidas de controle após a reutilização da área minerada, que por falta de planejamento pode voltar a desenvolver características de degradação como observado atualmente no Parque Francisco Rizzo em Embu.

Com relação aos aspectos sociais, a adoção destas medidas ameniza os conflitos sociais relacionados à atividade extractiva, principalmente por diminuírem o impacto visual que muitas vezes acabam por sensibilizar as populações do entorno rotulando o setor mineiro como o vilão do meio ambiente.

Outro fator importante é a estabilidade da área minerada se contrapondo as áreas de risco dos passivos ambientais, que evitam conflitos sociais relacionados a sua utilização como desmoronamentos, acidentes ou mesmo a morte de pessoas.

Esta estabilidade também é importante por facilitar futuros projetos de reutilização, não necessitando tanto de uma recuperação física do local, mas focalizando o projeto em cima de estudos sócio econômico para determinar a melhor utilização da área a fim de suprir as necessidades sociais.

A amenização dos conflitos sociais podem levar a uma maior participação da população do entorno no projeto de reutilização da área, muito importante para a identificação das características regionais e levantamento das reais necessidades sociais. Quando a relação com a sociedade é conflituosa, esta acaba atuando como fiscalizadora e consequentemente acaba por restringir o uso da área, muitas vezes essas restrição inviabilizam futuros projetos de recuperação mais adequados.

Com relação aos aspectos econômicos e nítidos que a recuperação concomitante com o desenvolvimento do empreendimento apresenta valores bem mais baixos do que os relacionados a projetos de recuperação e implantação em áreas abandonadas de passivo ambiental.

A implantação destas medidas muitas vezes trazem benefícios financeiros para os mineradores pois, diminuem os desperdícios e aumentam a reutilização dos insumos.

Estes aspectos apresentados são indícios da vantagem de adoção das medidas de mitigação do impacto ambiental. A pesquisa em questão abordou este tema de forma superficial, os resultados e conclusões devem ser melhor estudados em trabalhos mais específicos a serem desenvolvidos.

10. Referência Bibliográfica

ALBUQUERQUE FILHO J. L. Águas subterraneas: problemas asociados al uso Del suelo. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed) **Aspectos geologicos de protección ambiental**. Montevideo: ORCY/UNESCO, 1995. V. 1, P 155-168.

CAVALCANTI, R. N. **Caracterização da oferta e demanda de agregados minerais em Campinas**. 1990. 169p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

CONSÓRCIO W. BERTOLO / EPAL. **Projeto de recuperação de área degradada; projeto executivo e execução de obras em área de mineração – Parque Francisco Rizzo**, [São Paulo] 1997. (Relatório técnico contratado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo).

FERREIRA, G. C. **Estudo dos Mercados produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo**. 1995. 142 p Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
HERMANN, H. **Políticas de aproveitamento de areia Estado de São Paulo; dos conflitos existentes as compatibilizações possíveis**. Rio de Janeiro CETEM/CNPQ, 1992. 188 p. (Estudos e documentos; 18).

LEMOS, G. M. M. **Subsídios à recuperação de cavas submersas resultantes da mineração de areia em planície aluvial, Bacia do Rio Paraíba do Sul, São Paulo, SP**. 1999. 80p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo

SANCHEZ, L. E. Control de la contaminación da las aguas. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed) **Aspectos geologicos de protección ambiental**. Montevideo: ORCY/UNESCO, 1995. V. 1, P 155-168.

SANCHEZ, L. E. Drenaje de minas a cielo abierto. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed) **Aspectos geologicos de protección ambiental**. Montevideo: ORCY/UNESCO, 1995. V. 1, P 145-154.

TF-2002
G 449 p
1425367

M2002 H

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005489

SANCHEZ, L. E. Manejo de resíduos sólidos en minería. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed) **Aspectos geológicos de protección ambiental**. Montevideo: ORCY/UNESCO, 1995. V. 1, P 135-144.

SIQUEIRA S.A.M. A poluição das águas em mineração de calcário. 2001. 119p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TONSO S. **A universidade e o setor areeiro: as dificuldades de um diálogo possível**. 2000. 156p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.