

MARCELINO BLASQUES JUNIOR

# **PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DE LAVRA INTEGRADO A GESTÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo –  
PMI – 500.

**EPMI  
TF-2001  
B612p**

São Paulo  
2001

MARCELINO BLASQUES JUNIOR

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE PLANEJAMENTO DE LAVRA  
INTEGRADO A GESTÃO AMBIENTAL

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo – PMI – 500.

Orientador:  
Prof. Dr. Giorgio C. de Tomi

São Paulo  
2001

TF-2001

B612p

lyzno 1443125

M2001F

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005473

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>PLANEJAMENTO DE LAVRA / SEQUENCIAMENTO – TEORIA .....</b>	<b>3</b>
3.1	OTIMIZAÇÃO DA LAVRA .....	4
3.2	SEQÜENCIAMENTO .....	6
<b>4</b>	<b>GESTÃO AMBIENTAL.....</b>	<b>7</b>
4.1	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	7
4.2	PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL .....	10
4.3	RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS .....	10
<b>5</b>	<b>LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIográficos .....</b>	<b>11</b>
5.1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA .....	11
5.2	GEOMORFOLOGIA .....	11
5.3	CLIMA E VEGETAÇÃO .....	15
5.4	RECURSOS HÍDRICOS .....	16
5.5	GEOLOGIA .....	17
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL E MERCADO .....</b>	<b>19</b>
6.1	MATERIAL .....	19
6.1.1	<i>Indústria vidreira.....</i>	<i>20</i>
6.1.2	<i>Indústria de Fundição .....</i>	<i>21</i>
6.2	MERCADO.....	21
<b>7</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>22</b>

7.1	PRODUTOS E ESCALA DE PRODUÇÃO .....	22
7.2	MÉTODO DE LAVRA .....	23
7.3	RESERVAS E VIDA ÚTIL .....	23
7.4	ESTÉRIL .....	24
7.5	OPERAÇÕES DE LAVRA .....	25
7.6	BENEFICIAMENTO .....	25
<b>8</b>	<b>PLANEJAMENTO DE LAVRA.....</b>	<b>27</b>
8.1	OTIMIZAÇÃO.....	27
8.2	SEQÜENCIAMENTO .....	28
<b>9</b>	<b>PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>29</b>
9.1	PLANO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL.....	29
9.2	MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	30
9.3	RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS .....	31
9.3.1	<i>Estabilização de taludes .....</i>	<i>31</i>
9.3.2	<i>Recomposição vegetal .....</i>	<i>32</i>
<b>10</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
10.1	OTIMIZAÇÃO.....	35
10.2	SEQÜENCIAMENTO .....	37
10.3	DISCUSSÃO .....	37
<b>11</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE REFERÊNCIAS

## LISTA DE TABELAS

Tabela I -	Litologias encontradas na área de lavra.....	19
Tabela II -	Especificação química da areia para produção de vidros e derivados.....	20
Tabela III -	Granulometria e limite de minerais pesados na areia para produção de vidros.....	20
Tabela IV -	Características da “areia-padrão” para ensaios de fundição .....	21
Tabela V -	Principais parâmetros utilizados na lavra .....	23
Tabela VI -	Objetivos de produção em termos de teor de $Fe_2O_3$ . ....	28
Tabela VII -	Impactos ambientais e as respectivas medidas mitigadoras. ....	29
Tabela VIII -	Atividades de monitoramento previstas e sua periodicidade.....	31
Tabela IX -	Espécies nativas que poderão ser utilizadas no reflorestamento. ....	33
Tabela X -	Ação e efeitos dos elementos climáticos. ....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 –	Mapa de localização e acessos.....	12
Figura 5-2 –	Mapa de detalhe da área de lavra.....	13
Figura 5-3 –	Fotografia aérea da área de lavra. ....	14
Figura 5-4 –	Geologia regional.....	18
Figura 7-1 –	Fluxograma de Beneficiamento .....	26
Figura 10-1 -	Seqüenciamento da lavra. ....	38

## AGRADECIMENTOS

... *"a colheita é comum,  
mas o capinar é sozinho"* ...  
(Rosa, J.G., Grande sertão: Veredas)

Embora de responsabilidade do autor, este trabalho não chegaria ao presente estado sem a colaboração, direta ou indireta, de pessoas nas quais os eventuais méritos do trabalho devam ser compartilhados:

- Prof. Dr. Giorgio C. de Tomi, meu orientador que me auxiliou, incentivou e possibilitou a execução do presente trabalho;
- À equipe técnica do Lapol (Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra), pela colaboração e revisões dos textos; e
- Aos meus pais e irmãos, que têm me apoiado por todos estes anos.

Agradecimentos são devidos também as empresas MGA – Mineração e Geologia Aplicada Ltda., Mineração Jundu S.A. e a DATAMINE Latin América, pelo apoio operacional, disponibilização de informações e recursos técnicos.

## RESUMO

Toda ação humana é modificadora ao meio ambiente, algumas com maior intensidade outras de modo mais ameno. A mineração não é diferente: também provoca alteração à biota local, modificando paisagens, fauna, flora e até mesmo a qualidade de vida da sociedade ao seu redor.

Diante desta realidade e, levando-se em conta a necessidade da mineração para a sociedade e os benefícios que esta traz (impostos, empregos, desenvolvimento sócio-econômico, tecnológico), esta atividade precisa ser coadunada com as demais formas de uso do solo desenvolvidas em seu entorno.

Esta compatibilização é proposta por este trabalho por meio de um Planejamento Ambiental integrado ao Planejamento de Lavra, o que permite que estas duas atividades se desenvolvam de modo racional e econômico, possibilitando um melhor aproveitamento dos recursos minerais e o desenvolvimento das atividades de recuperação ambiental.

Mais do que o planejamento visando a devolução futura à sociedade de uma área com utilidade (uma área reabilitada), deve haver um compromisso social do empresariado no sentido de conscientização ambiental, isto é, uma integração com a comunidade local que possibilite um melhor conhecimento das atividades desenvolvidas pela mineração e uma educação ambiental com a participação de entidades governamentais e sociais (prefeituras, escolas, associações etc.).

Apenas com a integração das atividades modificadoras e modificadas, bem como a integração do empresariado com a sociedade é que promoveremos o desenvolvimento social de modo mais racional e menos predatório.



## ABSTRACT

All human action affects the environment to a certain extent. Mining is not different than that, as it also provokes alterations to its surroundings, affecting landscape, flowers, animals and even the quality of life of the neighboring society.

Despite this reality, one should always take into account the society need society for mining and the benefits associated to its activities (taxes, jobs, economic partnerships, technological development). However, this necessary activity has to be compatible with the uses of the land and ground in the areas where it is carried out.

This report introduces a technical procedure for integrating Environmental Planning and Mine Planning, allowing these two activities to be carried out in both a rational and economic way, ensuring better exploitation of the mineral reserves and the appropriate development of reclamation activities.

More important than technical planning to ensure appropriate reclamation of the mined out areas, there should be a strong social commitment from the mining companies towards environmental awareness. This can be achieved with intensive participation of the local communities in mining & environmental education, establishing partnerships with governmental and social authorities.

The integration between the agent of the modifications and the local community that shares the same environment will promote the social development in a more rational and environment-friendly way.

## 1 INTRODUÇÃO

Toda atividade de mineração é geradora de impactos ambientais consideráveis e, face aos efeitos destes impactos, estas atividades precisam ser coadunadas com as demais formas de uso do solo desenvolvidas em seu entorno, mediante implementação de medidas de compatibilização entre as mesmas.

Desta forma, o principal objetivo do trabalho em questão é propor uma integração do planejamento de lavra com a gestão ambiental, seguindo-se um estudo integrado de otimização da lavra com o planejamento de longo prazo e com o planejamento ambiental de uma nova área de lavra da Mineração Jundu S.A., dentro de um contexto integrado, tornando benéfica à interdependência entre estas atividades tanto do ponto de vista do aproveitamento do bem mineral, quanto dos impactos ambientais e medidas de recomposição da área de lavra.

## 2 METODOLOGIA

Para que o objetivo acima exposto seja alcançado, foi seguida uma seqüência de etapas e atividades de forma a constituir uma metodologia prática para a realização do trabalho. As etapas consideradas são:

- Embasamento teórico sobre Planejamento de Lavra, Seqüenciamento e Gestão Ambiental;
- Descrição dos aspectos fisiográficos da região onde se encontra inserida a mineração escolhida, e do mercado de areia industrial;
- Descrição das atividades da mineração, com particular atenção à lavra e à gestão ambiental;
- Obtenção de dados para modelagem da área em estudo;
- Modelagem geológica;

- Planejamento de lavra de longo prazo;
- Seqüenciamento de lavra otimizado; e
- Planejamento ambiental de longo prazo.

**Embasamento teórico** – antes de se iniciar qualquer trabalho técnico deve-se haver um compromisso da equipe técnica envolvida (ou do estudioso) em familiarizar-se com o problema, isto implica, antes de tudo, um bom conhecimento sobre o problema enfrentado e as soluções existentes;

**Descrição do Meio físico e aspectos de mercado** – uma contextualização do problema a ser resolvido é de fundamental importância. No caso têm-se os aspectos fisiográficos que fornecerão uma melhor idéia das alterações ao meio físico ocasionadas pela mineração e o mercado que fornecerá as exigências de qualidade e quantidade de produtos;

**Descrição da mineração e dos problemas da lavra e ambientais** – escolhida a mineração a ser estudada (Mineração Jundu S.A. – área Fartura), foram levantados os problemas de lavra e ambientais, tais como objetivos de produção, restrições ambientais, peculiaridades da área, entre outros.

**Obtenção de dados** – foram adquiridos junto à empresa, ou estimados, dados para a modelagem geológica (teores, disposição espacial das sondagens, parâmetros geotécnicos, etc.) e seqüenciamento de lavra (parâmetros econômicos, teores de corte, etc.).

**Modelagem geológica** – fez-se o modelo geológico da jazida com base em informações adquiridas nas etapas anteriores, procurando-se a máxima fidelidade do modelo com a realidade.

**Planejamento de lavra de longo prazo** – a partir dos dados adquiridos em etapas anteriores fez-se o planejamento de longo prazo, planejando-se os limites da cava final

que melhor atendessem às exigências da empresa e que fornecessem a esta o melhor resultado econômico (função benefício).

**Seqüenciamento de lavra otimizado** – foi realizado um planejamento de curto prazo baseado em uma função benefício e em objetivos imediatos de produção de maneira compatível com a realidade da empresa e com o planejamento de longo prazo.

**Planejamento ambiental de longo prazo** – definido os limites finais da cava, foram levantados os aspectos ambientais pertinentes a esta mineração e foram propostas medidas mitigadoras destes impactos e um Plano Ambiental. Além disso, esta etapa está diretamente vinculada ao seqüenciamento da lavra, promovendo a estabilidade de taludes em áreas de lavra temporariamente paralisadas, bem como dando seqüência ao planejamento ambiental de longo prazo citado anteriormente.

Cabe salientar que para a otimização do desenvolvimento das etapas supracitadas foram utilizados *softwares* específicos de mineração (*Datamine*, *Eathworks NPVS*) e topografia (*AutoCad*), contudo, a metodologia utilizada não depende destes.

Os tópicos que seguem apresentam um embasamento teórico sobre planejamento de lavra e a gestão ambiental aplicadas no estudo de caso e, logo a seguir, o estudo de caso propriamente dito, com a proposta em questão.

### 3 PLANEJAMENTO DE LAVRA / SEQUENCIAMENTO – TEORIA

Entendendo-se como planejamento de lavra o conjunto de atividades que tem por objetivo comum não apenas a obtenção de uma cava ótima, mas também a alocação de estradas, definição da largura operacional das praças e bermas, teores de corte, entre outros, isto é a definição dos limites físicos economicamente lavráveis de um corpo mineral, a melhor seqüência de extração deste recurso e as condições operacionais na qual esta se desenvolve, são apresentados nos tópicos que seguem o planejamento proposto.

### 3.1 OTIMIZAÇÃO DA LAVRA

Segundo Lane (1999 *apud* Senhorinho, 2001), otimização é um conjunto de técnicas que introduzem métodos de análises matemáticas nas atividades de planejamento. Estas atividades podem ser divididas em três estágios (Chausson e De Tomi, 1996 *apud* Senhorinho, 2001):

- **Etapa I** – A criação de um modelo matemático da atividade com as variáveis que definem o planejamento (produção, vida útil, etc.);
- **Etapa II** – A adoção de um critério de otimização (VPL, TIR, etc.); e
- **Etapa III** – A aplicação de um algoritmo de otimização, que converge a valores correspondentes ao valor máximo do critério de otimização a partir das variáveis adotadas.

**Etapa I** – a criação de um modelo matemático da atividade mineraria fundamenta-se basicamente em três outros modelos:

- **Modelo Geológico:** fundamentado em todas as informações geológicas disponíveis (mapeamento geológico, sondagens, etc.), deve representar a jazida do modo mais real possível;
- **Modelo Geotécnico:** fundamentado em um estudo geotécnico de detalhe da área, deve representar todos os requerimentos dos taludes finais e de operação;
- **Modelo Econômico:** fundamentado nos valores de receitas geradas, custos, fatores de recuperação e diluição do minério, entre outros, introduz valores monetários em cada bloco gerado.

**Etapa II** – a adoção de um critério de otimização é de extrema importância, pois é o elemento da otimização que irá nortear os demais trabalhos. Do ponto de vista econômico, a análise de uma alternativa de investimento isolada é realizada através do confronto de indicadores da rentabilidade econômica do projeto (TIR, VPL, PRI, etc.) com os fatores condicionantes da estratégia de investimento da empresa. Na otimização

de lavra são utilizados alguns destes indicadores (mais comumente o VPL e a TIR) como critérios para a obtenção da cava ótima.

**Etapla III** – a aplicação de um algoritmo de otimização que se enquadre nos modelos gerados nas etapas anteriores e que, ao mesmo tempo, seja operacionalmente viável e apresente resultados satisfatórios, é a meta de toda otimização. Para tanto, diversas técnicas foram desenvolvidas ao longo dos anos, tais como Análise Convexa, Cones Flutuantes, Lerch-Grossmann, entre outros.

Contudo, segundo Lane (1999) *apud* Chausson; Azevedo; De Tomi (2000) a indústria de mineração parece apresentar uma forte tendência geral pela padronização do uso do método Lerch-Grossmann. Este método é baseado em técnicas de programação dinâmica, onde, a partir de um conceito do bloco como uma discretização da realidade, assume-se que para cada bloco se pode associar um valor econômico operacional, como resultado de sua exploração e possível beneficiamento.

Desta forma são determinados o valor máximo cumulativo e a direção maximizada, atingindo-se a cava ótima (a que possui valor máximo cumulativo), levando-se em conta os critérios definidos nas etapas anteriores (VPL, TIR).

De uma forma geral, os resultados esperados para esta sequência de atividades convergem para três principais resultados:

- A estimativa do VPL da mina;
- Planejamento da produção; e
- Planejamento Ambiental.

Cabe ressaltar que a qualidade dos resultados obtidos na otimização da lavra depende invariavelmente da confiabilidade e densidade dos dados de entrada (suporte amostral) para os modelos.

### 3.2 SEQUENCIAMENTO

Como visto no item anterior, a otimização de lavra visa a obtenção de uma cava final considerada “ótima”, além de, evidentemente, uma série de fatores como alocação de estradas, largura operacional de estradas, limites de teor, entre outros.

O sequenciamento de lavra é a parte complementar da otimização, permitindo um melhor controle das restrições econômicas, geométricas, técnicas e ambientais. Seu aspecto fundamental está no efeito temporal dos processos de otimização, prevendo de forma correta as variações monetárias ou mesmo as variações de qualidade exigidas pelo mercado ao longo do tempo (Senhorinho, 2001).

Desta forma, o sequenciamento tem como principais objetivos:

- Obtenção de estimativas realísticas do VPL;
- Estabelecer os níveis de produção, vida útil e taxas de lavra;
- Comparar seqüências de avanços;
- Selecionar a melhor seqüência de avanço.

A fim de atender os objetivos expostos acima, foram elaboradas ao longo dos anos diversas estratégias de sequenciamento. A seguir são apresentados, de forma sucinta, estratégias de sequenciamento, segundo Senhorinho (2001):

**Banco a banco** – esta estratégia prevê a extração dos blocos partindo-se do topo, lavrando-se todo banco superior e, em seguida, lavrando-se todo o próximo banco abaixo deste e assim por diante.

**Por fases** – nesta estratégia de extração, cada “concha”, ou melhor, a cada volume de material é lavrado por vez e, conseqüentemente, tanto o minério quanto o estéril são lavrados aproximadamente ao mesmo tempo.

**De acordo com a seqüência ótima de extração** – esta estratégia é baseada na premissa de que existe um único caminho de extração dos blocos na cava que resultará no melhor VPL. O infortúnio desta estratégia é a obtenção de cavas com excelentes VPL, mas inviáveis do ponto de vista operacional.

**De avanços operacionais (*Pushbacks*)** – esta estratégia permite a extração até a cava final de uma forma seqüencial através de avanços operacionais (*Pushbacks*), nos quais são respeitados os parâmetros de produção, acessos e bermas operacionais. Apesar do VPL obtido ser mais baixo que estratégia anterior, é uma estimativa muito mais realística.

**Associado aos avanços operacionais** – a extração é dada em função dos avanços e, principalmente, respeitando os requerimentos de controle de qualidade (relação de mineração, teor de alimentação da usina, teor de corte, etc.). Apesar do VPL menor que nas duas estratégias anteriores, é o mais realístico dos métodos tradicionais de otimização.

## 4 GESTÃO AMBIENTAL

Neste item do trabalho serão levantados os principais impactos ambientais gerados por minerações do mesmo setor, seguindo-se de uma proposta de plano de controle ambiental e, por fim, noções sobre recuperação das áreas degradadas.

### 4.1 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A atividade de mineração é considerada, segundo Cavalcanti (1995), como indispensável à continuidade do desenvolvimento econômico dos países ditos de terceiro mundo (em desenvolvimento) e essencial à manutenção do nível de desenvolvimento alcançado pelos países de primeiro mundo (desenvolvidos). É uma



atividade geradora de produtos importantes para a economia e para a sociedade moderna, sendo, portanto, suporte do crescimento e do desenvolvimento econômico.

Entretanto, toda e qualquer atividade de extração mineral gera alterações ao meio de intensidades distintas ao meio ambiente. Essas alterações ou impactos ambientais podem ser previstos e controlados, se realizada uma análise criteriosa do tipo de empreendimento a ser implantado e dos processos tecnológicos a ele associados.

As principais alterações ao meio associados à abertura de uma nova frente de lavra, em geral, resumem-se à:

- Modificação da paisagem;
- Erosão;
- Interações físico-químicas na água e no solo;
- Geração de resíduos sólidos;
- Emissão de gases e partículas sólidas na atmosfera;
- Geração de ruídos.

Deste modo, no texto que se segue serão explicitados estas principais modificações no meio.

**Modificação da Paisagem** – as operações de decapeamento e lavra do bem mineral provocam, invariavelmente, alterações na paisagem. Esta mudança topográfica afeta permanentemente a morfologia observada atualmente no terreno, associando uma imagem negativa à implantação do empreendimento.

**Erosão** – os principais agentes causadores, direta ou indiretamente, do processo erosivo dividem-se em dois grupos: ativos e passivos. Dos agentes ativos podem ser citadas a água, temperatura, insolação, vento, ação de microorganismos e a ação humana. Os principais agentes passivos são a topografia, a gravidade, o tipo de solo, a cobertura vegetal, as formações superficiais e as práticas gerais realizadas pelo homem (Carvalho, 1994). A ação humana é responsável pela erosão dita antrópica, e é um agente erosivo

que tem atuação crescente com o aumento da população e ocupação territorial. Este tipo de erosão manifesta-se diretamente pelas operações de decapeamento, construção de acessos, escavação e quaisquer outras ações diretas do homem na superfície do solo.

**Interações físico-químicas na água e no solo** – as interações físico-químicas na água e no solo ocorrem de maneira mais dinâmica nas camadas superiores do terreno, onde o solo superficial, não saturado, atua como uma camada protetora do aquífero. A remoção deste solo superficial implica no aumento da vulnerabilidade da camada subsequente, fazendo com que eventuais vazamentos de óleos das máquinas venham a alterar o processo de interações destas camadas e do aquífero (Braga *et alli*, 1997).

**Geração de resíduos sólidos** – os resíduos sólidos gerados pela mineração podem ser classificados, segundo a norma ABNT (1987) NBR 10.004 (*apud* Sanches, 1995), em três classes:

- Classe 1 - Resíduos perigosos - são inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos;
- Classe 2 - Resíduos não inertes - são os que não se enquadram nas classes 1 ou 3; e
- Classe 3 - Resíduos inertes - são os que, submetidos à prova de solubilização, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas.

**Emissão de gases e partículas na atmosfera** – a concentração de partículas sólidas na atmosfera, mesmo quando não tóxicas, diminuem a visibilidade e podem causar situações de risco, principalmente quando veículos estão em movimento (Braga *et alli*, 1997). A ocorrência de gases na atmosfera, contudo, gera desde desconforto até fatalidades, dependendo do tipo de gás e de sua concentração.

**Geração de ruídos** – os principais ruídos associados à ampliação da frente de lavra serão gerados pelo funcionamento de motores à combustão. Estes aumentam o nível de ruído na mina, podendo causar problemas de saúde ocupacional.

## 4.2 PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL

A atividade de mineração é uma forma temporária de uso do solo (dado que uma jazida tem uma vida útil associada à intensidade de sua exploração num determinado período de tempo) muitas vezes integrada a um contexto sócio-econômico global, que prioriza outras formas de ocupação da terra. Desta forma deve ser implantado na mineração um Plano de Controle Ambiental que garanta a mitigação dos impactos associados às atividades desenvolvidas pelo empreendimento, bem como o seu monitoramento, para verificação da eficácia das medidas definidas.

O controle dessas atividades geradoras de impactos, durante a fase de implantação e de funcionamento da mineração, constitui o primeiro passo no sentido de, no futuro, entregar à coletividade uma área em condições de abrigar novos usos e formas de ocupação.

## 4.3 RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS

Toda atividade de mineração, como já citado, gera impactos ambientais de diferentes intensidades devido às modificações físicas provocadas nas áreas de influência direta e indireta do projeto mineiro. Desta forma, a Recuperação das Áreas Degradadas se faz necessária, buscando-se uma diversificação na paisagem através do remodelamento do relevo adequando-o para receber uma variedade de vegetação, com água ou rochas, de tal forma que sua composição estética seja harmoniosa e agradável para a percepção humana (IBAMA, 1990).

Antes de se introduzir qualquer plano de recuperação, deve-se primeiro entender-se os diferentes conceitos aplicados à recuperação, reabilitação e restauração de uma área já minerada.

- **Recuperação** – a área degradada atinge uma forma de utilização de acordo com um plano estabelecido para o uso do solo, sendo estabilizada e adquirindo condições

mínimas para restabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e paisagem;

- **Reabilitação** – retorno da área a um estado biológico apropriado, o que pode significar o uso produtivo da área em longo prazo, tal como a implantação de uma atividade que renderá lucros, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, utilizando a recreação ou a valoração estético-ecológica;
- **Restauração** – retorno ao estado original, antes da degradação. Esta é uma situação quase impossível de ser atingida em termos de mineração.

## 5 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOGRAFICOS

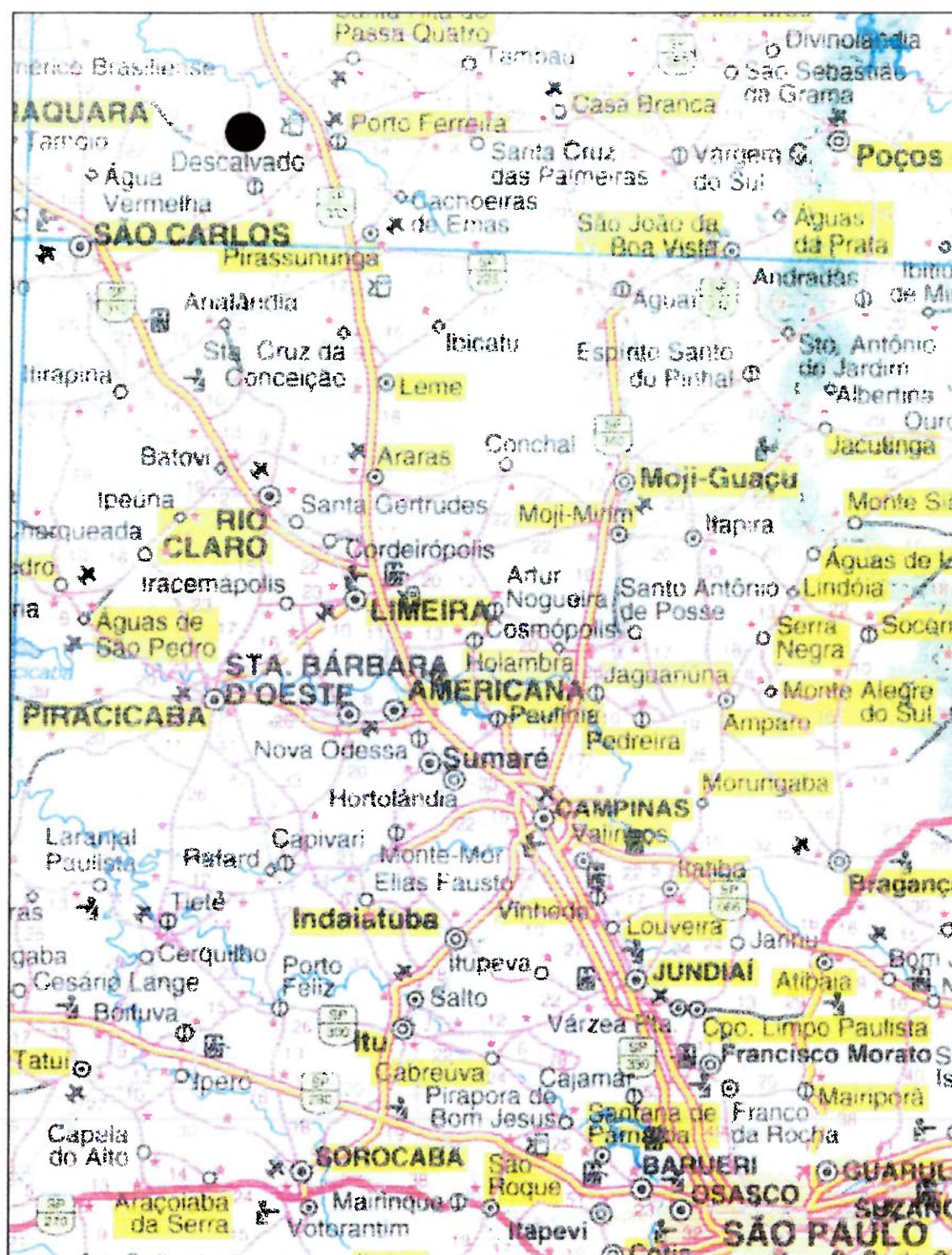
### 5.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

Partindo-se da capital paulista, o acesso rodoviário à área pode ser efetuado através da rodovia dos Bandeirantes (SP-330). Após o município de Piraçununga, toma-se o acesso ao município de Descalvado à esquerda. A área encontra-se a norte do município, cerca de 8 km (Figura 5-1).

A área em questão situa-se na Fazenda Fartura, no município de Descalvado (SP). Abrange uma superfície total de 969,48 ha e é definida por um polígono de 34 vértices, tendo início a 1.020 m no rumo verdadeiro de 90°00' NW do Ponto de Amarração (P.A.) definido pelas coordenadas geográficas de latitude 21°49'19,4" S e de longitude 47°34'33,1" W (Figuras 5-2 e 5-3).

### 5.2 GEOMORFOLOGIA

A área em questão encontra-se inserida na província geomorfológica do Planalto Ocidental, mais precisamente nas cuestas basálticas.



# LEGENDA

● Área objeto do Trabalho

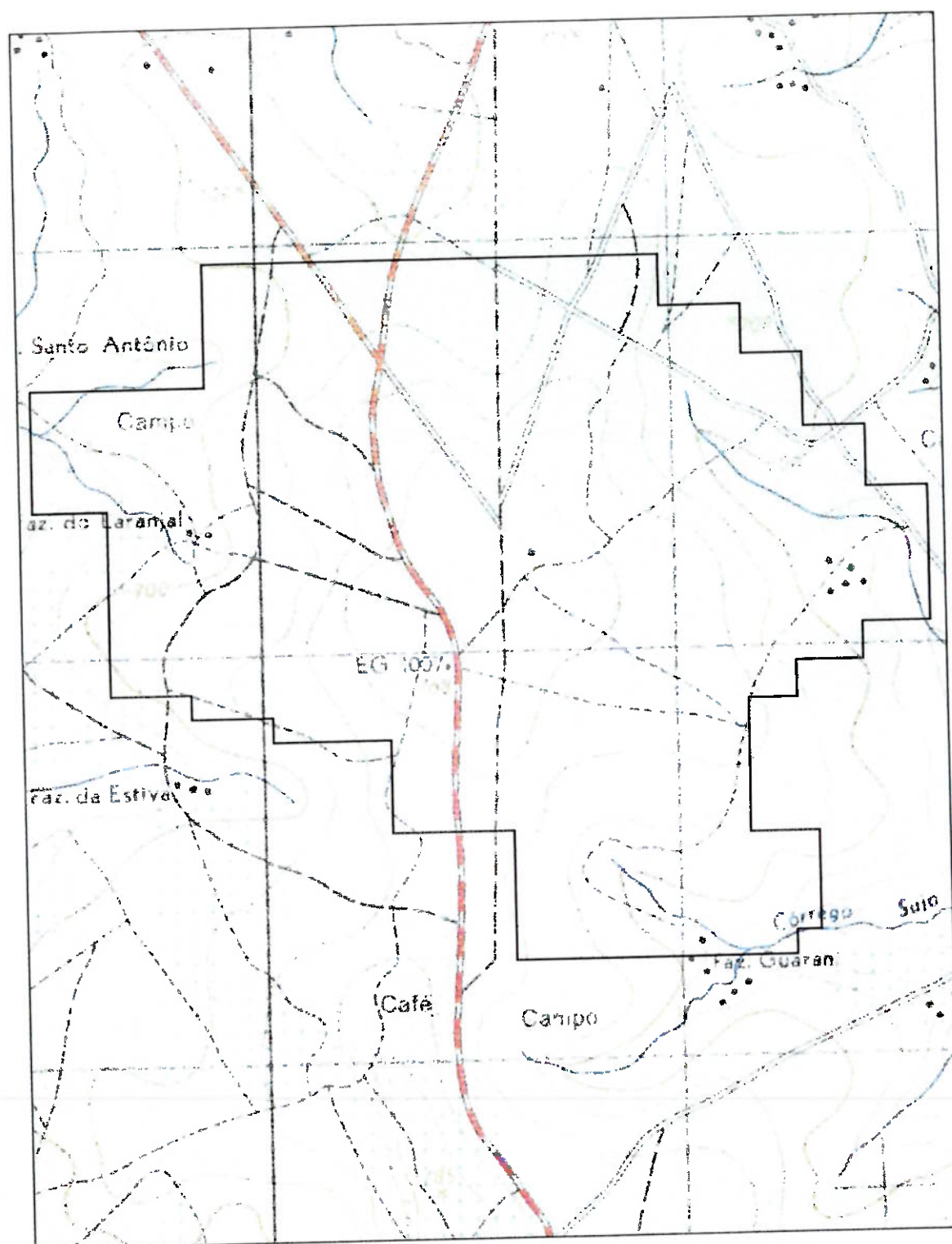
Mapa Brasil - 2000 - Quatro Rodas  
Escala: 1/1.650.000

N.V.



**FIGURA 5-1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.**





LEGENDA



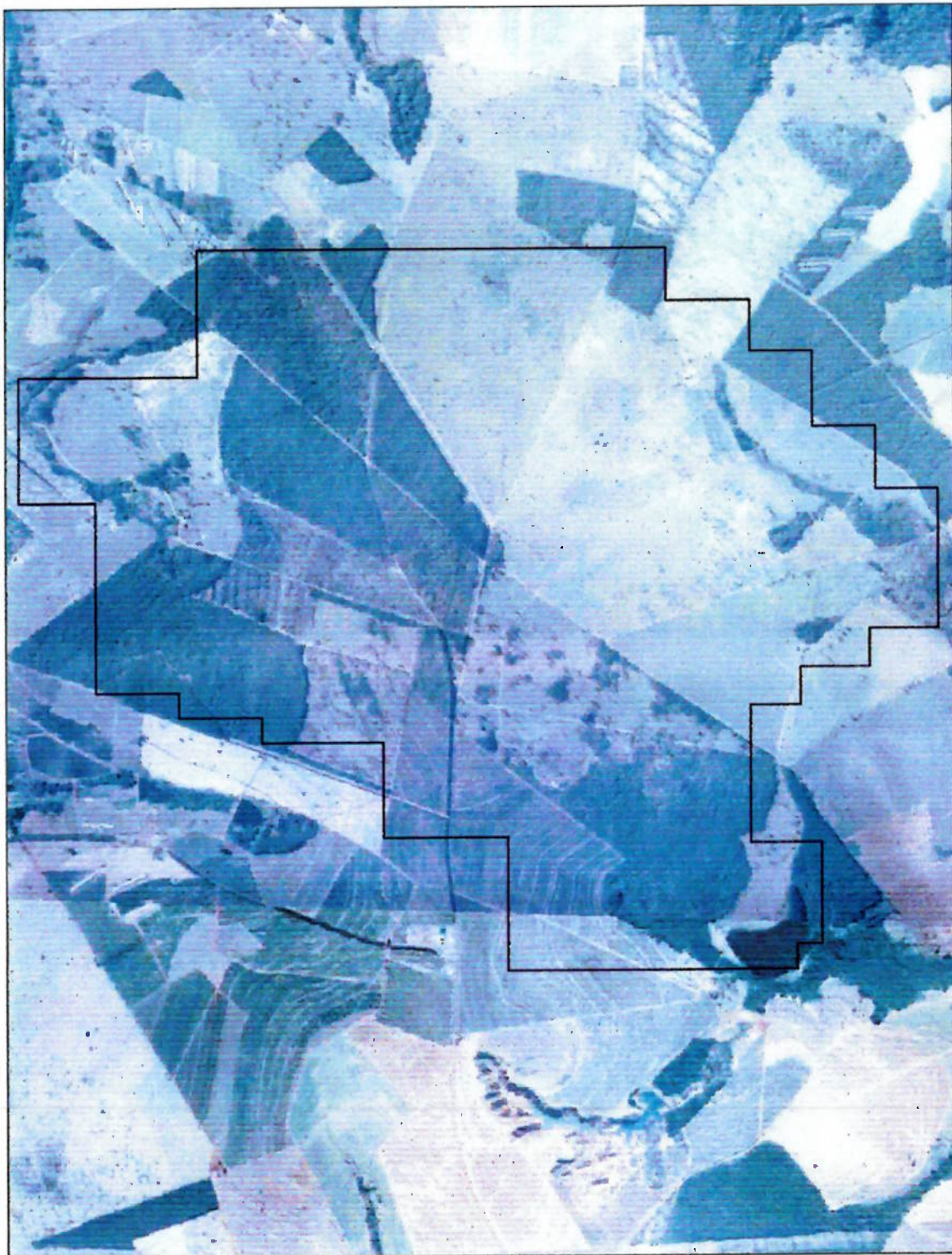
Área objeto do Trabalho

Fl. Descalvado (IBGE - 1971 - SF-23-V-C-IV-4)  
Escala: 1/50.000

N.V.



**FIGURA 5-2 - DETALHE DA ÁREA DE LAVRA.**



## LEGENDA



Área objeto do Trabalho

Fotografia Aérea - Fx 054/055 - Jul. 2000

Base Aerofotogrametria e Projetos S.A.

Escala: 1/30.000

N.V.



**FIGURA 5-3 - FOTOGRAFIA AÉREA DA ÁREA DE LAVRA.**

As cuestas basálticas representam a transição para o Planalto Ocidental, correspondendo a uma linha de escarpas sinuosas e descontínuas, originadas por erosão diferencial de camadas rochosas suavemente inclinadas, cortadas por grandes rios, procedentes das áreas cristalinas do Planalto Atlântico. Forma um grande alinhamento de norte para sudoeste na porção centro-ocidental do Estado.

A parte frontal das escarpas, que chegam até desníveis de 250 a 300 metros, está voltada para leste, enquanto seu relevo se inclina suavemente para nordeste, acompanhando o mergulho das camadas rumo ao rio Paraná. Observa-se no relevo das cuestas uma sucessão de patamares escalonados rumo ao ocidente, até alcançar o nível médio dos extensos chapadões areníticos do oeste paulista, características do Planalto Ocidental (SMA, 1998).

Ocorrem solos profundos associados à alteração de arenitos e basaltos, enquanto nos alinhamentos de cuestas predominam solos mais rasos e pouco desenvolvidos. As áreas de relevo de cuestas abrigam importantes remanescentes de cerrado, campo e mata ciliar.

### 5.3 CLIMA E VEGETAÇÃO

O clima é definido, segundo Köppen, como tipo Cwa (Clima Mesotérmico com inverno seco e verão quente), com precipitação anual entre 1.100 a 1.500 mm. A vegetação predominante na região de Descalvado é o cerrado que, Segundo a SMA (1998), é um complexo de formações vegetais que apresenta diversas fisionomias e composição florística, desde a campestre, com campo limpo, até a savânia (campo sujo), o campo cerrado, o cerradão e mesmo o cerrado, constituindo um mosaico ecológico e paisagístico.

O cerrado ocorre predominantemente em regiões de clima estacional (com cerca de seis meses secos) em áreas de solo ácido e nutricionalmente pobre. Originalmente, o cerrado correspondia à cerca de 14% do território paulista. Hoje, contudo, segundo a SMA (*op.*



*cit.*) não chega a 1%, ocorrendo de forma fragmentada, interrompida por outras formações vegetais.

Esta formação vegetal tem sofrido intensos desmatamentos desde o início do século, devido à sua utilização como lenha e moirões de cercas, e devido o uso das áreas como pasto natural para a pecuária. Mais recentemente, entretanto, muitas das regiões de cerrado foram removidas para dar lugar a reflorestamento e novas atividades agropastoris, como plantação de cana-de-açúcar, citrus e gado bovino (SMA, *op. cit.*).

#### 5.4 RECURSOS HÍDRICOS

Segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica (1993), o município de Descalvado está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Mogi-Guaçu (UGRHI 09).

Esta unidade possui um Recurso hídrico superficial considerado atualmente como suficiente, no entanto deve-se atentar para a possibilidade de escassez no futuro devido à elevada vulnerabilidade do aquífero Botucatu na sua área de recarga.

A qualidade da água é de média a boa, com algum comprometimento por cargas poluidoras industriais e residenciais em algumas cidades (principalmente nas cabeceiras dos rios).

Possui um alto potencial de águas subterrâneas para o Aquífero Botucatu, com vazões da ordem de 60 a 200 m<sup>3</sup>/h, entretanto, o manancial subterrâneo é responsável por apenas 31% da captação de água para o abastecimento público.

## 5.5 GEOLOGIA

A área em questão encontra-se inserida na Unidade Geológica denominada de Bacia do Paraná, mais precisamente no Grupo São Bento, nas Formações Pirambóia e Botucatu.

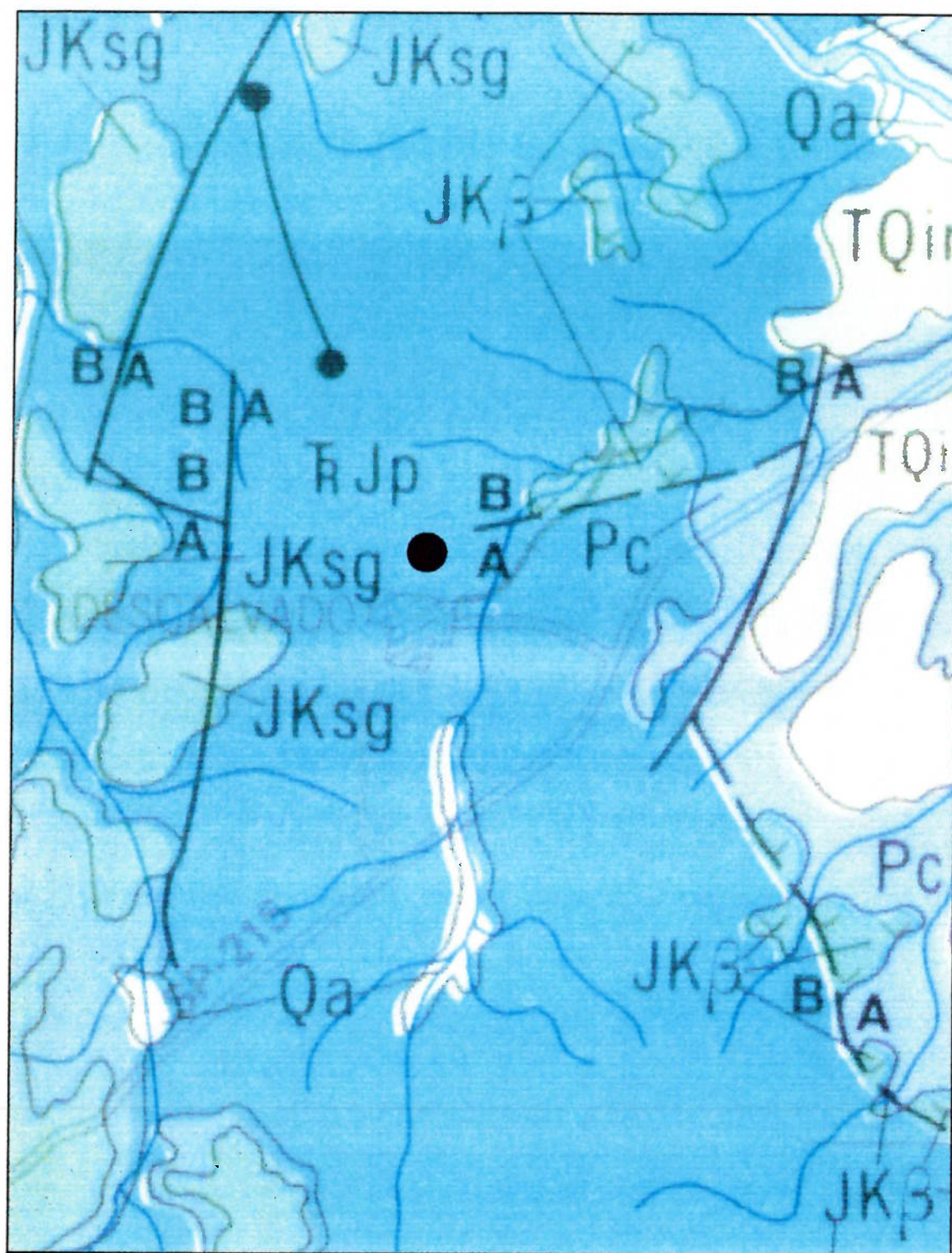
A Bacia do Paraná engloba a maior parte do Estado de São Paulo, e em sua divisão no Mesozóico, foram reconhecidos dois grupos clássicos, o Bauru e o São Bento. Segundo Almeida & Melo (1981), no segundo grupo distinguiu-se as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, estando a primeira destituída de fósseis de valor cronológico, a segunda intercalada com os basaltos da Serra Geral.

A Formação Pirambóia, exposta ao longo de toda a faixa de ocorrência dos sedimentos mesozóicos na Depressão Periférica e inexistente no vale do Rio Grande, é representada por depósitos de ambiente continental úmido, oxidante, predominantemente fluvial, em canais meandantes e planícies de inundação, com pequenas lagoas esparsas (Almeida & Melo, *op. cit.*).

Litologicamente é caracterizada por uma sucessão de camadas arenosas mais comumente vermelhas, com granulação de média a fina, possuindo fração argilosa maior na parte inferior que na superior da formação, onde localmente ocorrem arenitos grossos, conglomeráticos. Predomina a estratificação plano-paralela, destacando-se pela alternância de lâminas mais ou menos ricas em argila e silte, ou ainda mostrando estratificação cruzada, do tipo tangencial (Almeida & Melo, *op. cit.*).

No topo a Formação Pirambóia pode passar a Formação Botucatu por mudança Litológica, mais ou menos gradual ou manifestada por discordância erosiva (Soares, 1975 *apud* Almeida & Melo, *op. cit.*)

A Formação Botucatu constitui-se quase inteiramente de arenitos de granulação média a fina, uniforme, com boa seleção de grãos foscos e alta esfericidade. Também apresenta uma coloração avermelhada, mas exibe estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte (Almeida & Melo, *op. cit.*). A Figura 5-4 apresenta a geologia regional.



## LEGENDA



Área objeto do Trabalho

Pc - Formação Corumbataí

Trjp - Formação Pirambóia

JKβ - Formação Botucatu

Qa - Sedimentos aluvionares

JKsg - Formação Serra Geral

TQir - Coberturas indiferenciadas

N.V.



IPT (1981) - Escala aproximada: 1:125.000

FIGURA 5-4 - GEOLOGIA REGIONAL.

Quanto à geologia local, devido à indisponibilidade de dados geológicos na área da poligonal, foram utilizados para o presente projeto as informações litológicas e estruturais de uma jazida vizinha, pertencente à Mineração Jundu, que possui características semelhantes. Desta forma as litologias apresentadas na Tabela I a seguir serão utilizadas em todo o presente trabalho:

Tabela I - Litologias encontradas na área de lavra.

PROFUNDIDADE	LITOLOGIA
de 0 a 10 m	Cobertura arenosa
de 10 a 40 m	Arenitos médios a finos – Fm. Botucatu
de 40 a 55 m	Arenitos médios a finos – Fm. Pirambóia
de 55 a 160 m	Arenitos finos a médios com níveis argilosos
abaixo de 160 m	Diabásio

Fonte: Modificado de Ferreira (1995)

## 6 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL E MERCADO

### 6.1 MATERIAL

A areia é um bem mineral de grande abundância na superfície terrestre. Apresenta inúmeras aplicações que variam desde sua utilização “in natura” na construção civil, até usos considerados nobres, como meios filtrantes ou nas indústrias vidreira, cerâmica, metalúrgica, entre outros.

O termo “areia industrial” é definido, segundo Ferreira (1995), em função da sua aplicação mineralógica e não granulométrica. Nos tópicos que seguem serão apresentadas as principais características das areias de uso industrial para vidro e fundição.

### 6.1.1 Indústria vidreira

Dependendo do uso a qual este se destina, o vidro deve apresentar certas propriedades mecânicas, térmicas, ópticas e elétricas bem definidas. Estas propriedades são função exclusiva de seus componentes químicos, sendo o principal destes a sílica.

A sílica é obtida na forma de areia quartzosa (areia com porcentagem de  $\text{SiO}_2$  igual ou superior a 99,5%), com especificações químicas bem definidas. As Tabelas II e III a seguir apresentam as especificações químicas e granulometria da areia para produção de vidros e derivados.

Tabela II - Especificação química da areia para produção de vidros e derivados

COMPONENTE	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (%)	COMPONENTE	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (%)
$\text{SiO}_2$	99 – 100	$\text{CaO}$	0 – 0,1
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0 – 0,3	$\text{MgO}$	0 – 0,1
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0 – 0,5	$\text{ZrO}_2$	0 – 0,01
$\text{TiO}_2$	0 – 0,1	$\text{Na}_2\text{O}$	0 – 0,1
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0 – 0,001	$\text{K}_2\text{O}$	0 – 0,1
$\text{Co}_3\text{O}_4$	0 – 0,0002	Umidade	0 – 0,1
$\text{MnO}_2$	0 – 0,002	PF + $\text{H}_2\text{O}$	0 – 0,5

Fonte: Modificado de Carr (1994) *apud* Ferreira (1995)

Tabela III - Granulometria e limite de minerais pesados na areia para produção de vidros

GRANULOMETRIA			MATERIAIS PESADOS (EM 400 G DE AMOSTRA)	
ABERTURA (MM)	MIN	MAX	ABERTURA (MM)	PARTÍCULA MÁXIMA
0,589	---	0	0,417	0 – 2
0,417	---	10		
0,147	80	---	0,246	0 – 20
0,049	98	---		

Fonte: Modificado de AMBIVIDRO (1989) *apud* Ferreira (1995)

### 6.1.2 Indústria de Fundição

Segundo Brosch & Lo Ré (1965) *apud* Ferreira (*op. cit.*) a areia de fundição pode ser definida como sendo um material granular homogêneo e refratário, denominado “areia base”, contendo um elemento aglomerante que pode ser mineral (argilas), orgânico (óleos) ou ainda químico (resinas).

As principais características da areia para que tenha uso na indústria de fundição envolvem propriedades como refratariedade, resistência, moldabilidade, durabilidade, permeabilidade granulometria, entre outras. Estas propriedades podem variar muito de acordo com seu uso específico, mas de uma forma geral a areia-padrão para ensaios de fundição possui características, conforme apresentadas na Tabela IV.

Tabela IV - Características da “areia-padrão” para ensaios de fundição

CARACTERÍSTICA	LIMITE
SiO <sub>2</sub> (%)	< 0,1
Argila total (%)	> 99,0
Módulo de Finura	55 – 61
Permeabilidade – base (AFS)	110 – 140
Valor da demanda de ácido (ml HCl 0,1 N/50g de areia a pH 2)	< 3,0 ml

Fonte: Modificado de Ferreira (1995)

## 6.2 MERCADO

Devido à dificuldade da obtenção de informações referentes à produção de areia industrial, as parcelas da produção brasileiras utilizada pelas indústrias de vidro e fundição podem ser estimadas com base na produção de vidro e de produtos fundidos (Ferreira *op. cit.*).

Contudo, segundo dados obtidos junto ao DNPM (2001), a produção brasileira de areia industrial girou, no ano de 1999, em torno de 2,8 milhões de toneladas de minério beneficiado, sendo o estado de São Paulo responsável por mais de 85% desta.

De uma forma geral as indústrias deste setor são classificadas como empresas de pequeno porte, tanto do ponto de vista do n° de funcionários, quanto do faturamento e volume de produção. Apenas algumas poucas indústrias deste setor destacam-se com produção superior a 500.000 t/ano, sendo consideradas como empresas de médio porte, segundo DNPM (2001).

No Estado de São Paulo cerca de 13 empresas respondem pelo setor, produzindo mais de 90% de toda produção estadual. Segundo Ferreira (1995), em termos de participação no mercado, as duas maiores empresas respondem por mais de 70% da produção paulista de areia industrial.

## **7 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO**

Como citado no item de geologia, devido à indisponibilidade dos dados de sondagem da área em questão, para o presente trabalho utilizar-se-ão dados geológicos de uma outra área pertencente à Mineração Jundu, também no município de Descalvado. Os demais dados foram cedidos pela empresa e estimados com base em estudos bibliográficos.

### **7.1 PRODUTOS E ESCALA DE PRODUÇÃO**

Esta nova lavra terá a capacidade de disponibilizar ao mercado areia industrial com características físico-químicas adequadas para as aplicações usuais na indústria vidreira e siderúrgica.

A escala de produção adotada é de 2.700.000 t/ano, distribuída em torno de 1.460.000 t/ano de areia para vidro e 1.240.000 t/ano de areia para siderurgia.



## 7.2 MÉTODO DE LAVRA

A lavra do bem mineral será feita a céu aberto pelo método lavra em bancadas, desenvolvendo-se em uma única cava com possibilidade de mais de uma frente de lavra em operação por vez.

Por este método de lavra, tanto a remoção do capeamento, quanto à lavra propriamente dita, será realizada por unidades escavo-transportadoras (retro-escavadora e pá-carregadora), formando-se a praça (onde operam os equipamentos de carregamento e transporte) e as bancadas (de onde o minério é extraído). Os principais parâmetros utilizados na lavra são apresentados na Tabela V a seguir.

Tabela V - Principais parâmetros utilizados na lavra

PARÂMETROS	VALORES*
Altura de bancada	10 m
Distância da berma	20 m
Largura de rampa	10 m
Gradiente de rampa	10 %
Ângulo de talude – cobertura	40°
Ângulo de talude – arenito	60°

\*Dados fornecidos pela empresa Jundu S.A.

## 7.3 RESERVAS E VIDA ÚTIL

Neste trabalho será adotada uma categoria de reserva, diferentemente ao que o DNPM sugere, a reserva economicamente recuperável.



A reserva economicamente recuperável utiliza-se de outros, além dos dados de sondagem e litologias, diferenciando o estéril do minério pelo teor de corte, ou seja, somente é classificado como reserva o volume que resulte em benefício.

Para o cálculo de reservas foram utilizados os seguintes parâmetros:

- condicionamento geológico geotécnico da jazida;
- limite superficial da cava;
- restrições de ordem ambiental;
- teor de corte;
- estabilidade das frentes de lavra.

A partir dos dados de sondagem fornecidos pela empresa e utilizando-se dos parâmetros supracitados foi calculado o volume de minério. O volume obtido neste cálculo foi de 382.675.176 t para a reserva economicamente recuperável (volume que satisfaz a equação de equilíbrio econômico).

Para tanto, foi adotando uma densidade de 1,70 t/m<sup>3</sup> para a cobertura e 1,83 t/m<sup>3</sup> para o arenito e um teor de corte baseado na porcentagem de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Com a escala de produção adotada de 2.700.000 t/ano, a vida útil da jazida resume-se à cerca de 160 anos.

#### **7.4 ESTÉRIL**

O estéril existente na área é composto basicamente por solo orgânico, argila e areia com teores fora do limite especificado. Calculou-se um volume total de 109.121.984 t de capeamento a ser removido ao longo da vida útil do empreendimento. Esta remoção se processará concomitantemente ao avanço das atividades de lavra, conforme o planejamento de lavra.

## 7.5 OPERAÇÕES DE LAVRA

As operações de lavra podem ser divididas basicamente em três atividades: desmonte do minério, carregamento e transporte.

**Desmonte do Minério** – pelo fato do minério ser friável e composto por uma cobertura arenosa e arenito, o desmonte será realizado por pás-carregadora sob rodas.

**Carregamento** – será realizado pela mesma máquina que realiza a retirada do minério.

**Transporte** – será realizado por caminhões do tipo *Truck* até a usina de beneficiamento.

## 7.6 BENEFICIAMENTO

O processo de beneficiamento objetiva, numa primeira etapa, a eliminação das impurezas orgânicas e também dos produtos de granulometria maior, numa segunda etapa visa à eliminação de finos (argila e silte) presentes na polpa e, por fim a concentração e classificação do minério.

Desta forma, as etapas de beneficiamento possibilitam o alcance de tais metas através do uso das diferentes propriedades físicas (densidade, granulometria, comportamento magnético, hidráulico), definindo os processos de beneficiamento do minério.

O beneficiamento do minério será realizado mediante operações unitárias de peneiramento, deslamagem, atrição, classificação hidráulica, separação magnética, desaguamento e, por fim, secagem, apresentando uma recuperação entre 80 e 85%. A Figura 7-1 apresenta o fluxograma do processo.

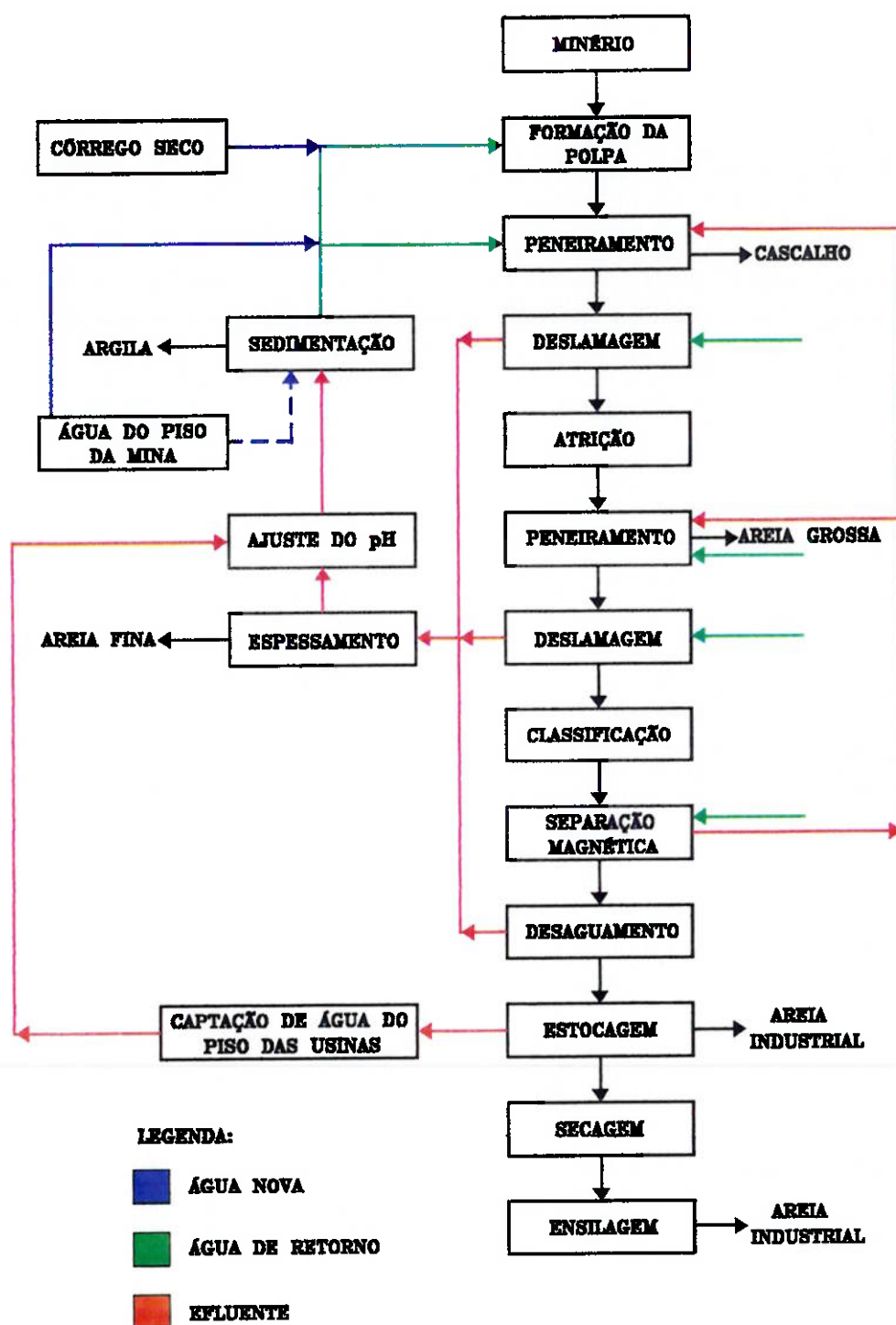


FIGURA 7-1 - FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO.

## 8 PLANEJAMENTO DE LAVRA

Para a execução do planejamento de lavra foram utilizados os *softwares* Datamine Studio e o NPVS. A seguir são apresentados os principais parâmetros utilizados.

### 8.1 OTIMIZAÇÃO

A otimização de lavra foi realizada em três etapas como citado anteriormente e com o auxílio do *software* NPVS.

#### ***Etapas I***

Nesta etapa foram elaborados os modelos geológico, geotécnico e econômico. Os modelos geológico e geotécnico foram baseados nos parâmetros supracitados, enquanto o modelo econômico teve por base uma função benefício com os seguintes parâmetros:

- Preço de venda: R\$ 15,00/t;
- Custo
  - Lavra: R\$ 1,70/t
  - Estéril: R\$ 0,80/t
  - Ambiental: R\$ 0,15/t
  - Comercialização: R\$ 0,70/t.

Cabe salientar que não foi considerado o custo de aquisição, partiu-se do pressuposto de que a empresa já possui todas as máquinas, equipamentos, estruturas e infra-estrutura necessários ao desenvolvimento da mineração.

#### ***Etapas II***

Nesta etapa foi adotado o critério de otimização da cava. Este foi baseado em variáveis de controle (movimentação de material e produção) e objetivos de produção em relação

à percentagem de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , conforme apresentados a seguir e na Tabela VI.

Principais variáveis de controle:

- Movimentação máxima de material: 3.000.000 t/ano;
- Produção
  - Areia para vidro: 1.200.000 a 1.700.000 t/ano
  - Areia para fundição: 1.200.000 a 1.500.000 t/ano.

Tabela VI - Objetivos de produção em termos de teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

PRODUTO (FINALIDADE)	OBJETIVO (%)	LIMITANTE (%)
Fundição	0,10	0,00 - 0,20
Vidro	0,02	0,01 - 0,08

### ***Etapas III***

Nesta etapa foi implementado o algoritmo de otimização da cava (fundamentado no método Lerch-Grossmann), com base nas etapas anteriores e adotando-se uma taxa mínima de atratividade (tma) de 15%, a fim de se obter o VPL, as produções anuais, compatibilizados com o planejamento ambiental.

## **8.2 SEQÜENCIAMENTO**

Depois de realizada a otimização da lavra em questão, o seqüenciamento teve seu início, baseado em avanços operacionais. Como a vida útil da jazida era muita elevada (aproximadamente 160 anos), não teria sentido operacional, nem econômico, fazer o seqüenciamento para todo este período. Desta forma, com base nos resultados obtidos pela otimização, fez-se o seqüenciamento da lavra para o período de 15 anos.

## 9 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

O planejamento ambiental deverá seguir as diretrizes propostas anteriormente, de maneira concomitante ao avanço de lavra, para que seja promovida a compatibilização da atividade mineraria com o meio ambiente e, ao mesmo tempo, promova um planejamento econômico para a empresa extratora em termos de gastos ambientais.

### 9.1 PLANO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Na Tabela VII a seguir são apresentadas as principais medidas de controle ambiental propostas para a mineração, referente à abertura desta frente de lavra, com relação aos impactos apresentados em itens anteriores.

Tabela VII - Impactos ambientais e as respectivas medidas mitigadoras.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA MITIGADORA
Modificação da Paisagem	Implantação de uma cortina vegetal em torno de toda área de mineração, no limite da propriedade.
Erosão	Decapeamento concomitantemente ao avanço de lavra.
	Estabilização e revegetação com gramíneas das frentes de lavra paralisadas.
	Implantação de um sistema de captação das águas pluviais e conservação das vias de acesso, provendo-as de canaletas laterais de escoamento e um greide de 1 a 2%.
Interações Físico-químicas na Água e no Solo	Manutenção preventiva das máquinas e equipamentos.
	Utilização de reservatório e bombas de combustíveis adequados.
	Remoção do capeamento de maneira concomitante ao avanço da lavra.
Geração de Resíduos Sólidos	Disposição do estéril em pilhas e, ocasionalmente disposição na cava ( <i>backfilling</i> ).
	Disposição do rejeito em uma bacia de decantação.

Tabela VII – continuação...

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA MITIGADORA
Emissão de Gases e Partículas na Atmosfera	Aspersão de água nas vias de acesso, praça e bancadas, em períodos de estiagem.
	Manutenção preventiva e periódica de todos os motores a combustão.
	Limpeza da frente de lavra.
	Tratamento da poeira depositada com produtos deliquêscientes ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).
Geração de Ruídos	Manutenção e lubrificação das máquinas e equipamentos.
	Uso de abafadores e silenciadores, ou ainda enclausuramento da fonte.
	Redução do tempo de exposição dos trabalhadores.
	Utilização de EPIs (Equipamento de Proteção Individual) – somente quando os demais meios não forem totalmente efetivos (Eston, 1994).
	Implantação da cortina vegetal.

## 9.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL

O monitoramento ambiental consiste na realização de medições e observações específicas, dirigidas a alguns indicadores e parâmetros, com o objetivo de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, dimensionar sua magnitude e, ainda, avaliar se as correspondentes medidas preventivas adotadas estão sendo eficazes (Bitar & Ortega, 1998).

O plano de monitoramento ambiental deve ser implantado conforme exigido pela Secretaria do Meio Ambiente, isto é, um controle efetivo de todos os dados ambientais da área de lavra com a verificação completa da eficiência das medidas mitigadoras e de recuperação implantadas. Na Tabela VIII são apresentados os principais itens que deverão ser verificados no monitoramento, bem como a periodicidade de sua execução.

Tabela VIII - Atividades de monitoramento previstas e sua periodicidade.

ATIVIDADES DE MONITORAMENTO	PERIODICIDADE
Processos erosivos	Anual
Coroamento das mudas	Trimestral
Atividades associadas à implantação da cortina vegetal	Trimestral
Manutenção e limpeza das máquinas e equipamentos	Semanal
Aspersão nas vias de acesso	Sempre que os períodos de estiagem excederem uma semana
Treinamento de recurso humano	Semestral

### 9.3 RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS

Neste trabalho será utilizado o conceito de reabilitação da área, resumindo-se à estabilização dos taludes, recomposição vegetal do entorno da cava e do córrego sujo.

#### 9.3.1 Estabilização de taludes

Para a obtenção de uma área reabilitada deve-se, primeiramente, alcançar um relevo final estável e compatível com o uso futuro. Fatores como a estabilidade do solo e taludes, aspectos paisagísticos e estéticos e alguma similitude com o relevo anterior são de fundamental relevância.



Após a desativação das frentes de lavra, ou em longos períodos de paralisações, executar-se-á a suavização dos taludes a fim de se atingir uma estabilidade.

O material retirado do capeamento e estocado no bota-fora será utilizado na suavização da topografia, diminuindo a declividade do terreno. Esta disposição do material estéril deverá ser feita de forma a obter taludes com inclinação máxima de 35° (70%), estes taludes serão recobertos por gramíneas a fim de protegê-los contra os agentes erosivos.

### 9.3.2 *Recomposição vegetal*

Recomposição vegetal é a principal prática para se obter a formação de um novo solo, controlar a erosão e evitar a poluição das águas (IBAMA, 1990). Na área de em questão, esta recomposição será realizada para as Faixas de Preservação Permanente (FPP) associadas ao córrego sujo e, a cava aberta, (quando atingido seus limites finais), definidas segundo o que dispõe a Lei nº 9.989, de 22 de maio de 1998:

*“É obrigatória a recomposição florestal, pelos proprietários, nas áreas situadas ao longo dos rios e demais cursos d’água naturais e artificiais, bem como nas nascentes e nos chamados “olhos d’água”, obedecida a seguinte largura mínima, em faixa marginal.*

*I – 30m (trinta metros) para os cursos d’água de menos de dez metros de largura;”*

*II – 50m...”;*

A seguir serão apresentadas, de forma sucinta, as atividades que nortearão a proposta de recomposição vegetal.

#### *Seleção das Espécies*

A escolha das espécies foi realizada com especial atenção para as condições químicas e físicas locais do solo, o microclima, a viabilidade de mudas, a taxa e forma de crescimento das mudas, a compatibilidade das espécies a serem plantadas entre si e demais condições específicas do local.

Desta forma, foram escolhidas para recomposição vegetal espécies normalmente encontradas no cerrado e disponíveis para aquisição no viveiro municipal de Descalvado. Algumas das espécies típicas do cerrado que poderão ser utilizadas no reflorestamento são apresentadas na Tabela IX.

Tabela IX - Espécies nativas que poderão ser utilizadas no reflorestamento.

NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
<i>Centrolobium tomentosum</i>	araúva	<i>Schizolobium parahyba</i>	ficheira
<i>Scinus terebinthifolia</i>	aroeira mansa	<i>Inga uruguensis</i>	ingá
	aroeira pimenteira	<i>Tabebuia ochracea</i>	ipê amarelo
<i>Myroxylon peruiferum</i>	cabreuva	<i>Tabebuia roseo-alba</i>	ipê-branco
<i>Dimorphandra mollis</i>	canafístula	<i>Eugênia pyriformis</i>	uvaia

### Método de Plantio

O plantio dos indivíduos a serem utilizados nos trabalhos de revegetação seguirá uma distribuição espacial proporcional das espécies e seguirá processos estabelecidos na sucessão ecológica, onde as espécies pioneiras colonizarão rapidamente uma área aberta, seguida das secundárias iniciais.

Uma vez estabelecida a cobertura vegetal inicial, deverão ser implantadas as espécies secundárias tardias e climáticas, representando respectivamente, o maior número de espécies presentes na estrutura da vegetação (Kageyama, 1992).

### Época de plantio

A época de plantio é um dos fatores mais importantes que condicionam o desenvolvimento das mudas num projeto de recomposição da mata nativa. Aspectos climáticos como umidade do ar, temperatura, precipitação e disponibilidade da luz, podem ser decisivos na obtenção de um resultado favorável nos trabalhos de revegetação (Galletti, 1989).

Analogamente, os elementos climáticos também influenciam diretamente as condições físico-químicas e biológicas do solo onde serão introduzidas as espécies.

A Tabela X apresenta a ação e efeitos dos elementos climáticos sobre os solos e as plantas.

Tabela X - Ação e efeitos dos elementos climáticos.

ELEMENTO	AÇÃO SOBRE	
	SOLOS	PLANTAS
Temperatura	Favorece a decomposição das matérias orgânicas e aumenta a solubilidade dos minerais e das suas substâncias nitrogenadas.	Favorece o crescimento e a maturação, perda da água e tendência à secagem.
Umidade	Retarda o secamento e favorece a decomposição da matéria orgânica, os microorganismos e a solução.	Favorece o crescimento e limita a perda d'água.
Radiação solar	Eleva a temperatura da superfície.	Determina a fotossíntese e eleva a temperatura das folhas.
Chuva	Causa lixiviação dos nutrientes.	Essencial para o suprimento de água.

Fonte: Galletti, 1989.

Deste modo, e com base na análise da Tabela IX, recomenda-se que o início do plantio (introdução das espécies nativas) seja efetuado no começo do período das chuvas, alcançando-se assim, níveis satisfatórios de desenvolvimento das mudas.

### Manutenção da Área

A manutenção das áreas em processo de revegetação é de extrema importância para o sucesso da recuperação vegetal e envolve atividades como:

- Realização de roçadas e coroamento;
- Reposição de mudas;
- Adubação de cobertura;

- Controle de formigas;
- Tutoramento de mudas.

## 10 RESULTADOS

Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos nos tópicos que seguem, contudo, os gráficos, imagens e até mesmo uma animação do seqüenciamento poderão ser mais bem visualizados no CD anexo.

### 10.1 OTIMIZAÇÃO

A otimização da lavra, realizada segundo metodologia e parâmetros previamente apresentados, possibilitou os seguintes resultados, ao longo da vida útil da jazida, além do VPL:

- Variabilidade do depósito (%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ );
- Relação estéril/minério;
- Produção de minério e estéril;
- Produção de estéril, de areia para fundição e para vidro;
- Tonelagens totais de minério e estéril removidas.

O VPL, baseado em uma tma de 15%, foi obtido com base nos primeiros 15 anos, já que os fluxos de caixa dos anos subseqüentes, trazidos ao ano zero, não afetariam de modo significativo o valor obtido. Com relação às tonelagens removidas, também foi considerado o mesmo período. Os resultados estão apresentados a seguir e nos Gráficos 10-1, 10-2, 10-3 e 10-4.

- NPV: R\$ 83.336.440,00,
- Minério removido: 34.495.084 t;

- Estéril removido: 10.504.913 t.

Gráfico 10-1 - Variabilidade do minério co relação a  $Fe_2O_3$  ao longo da Vida Útil.

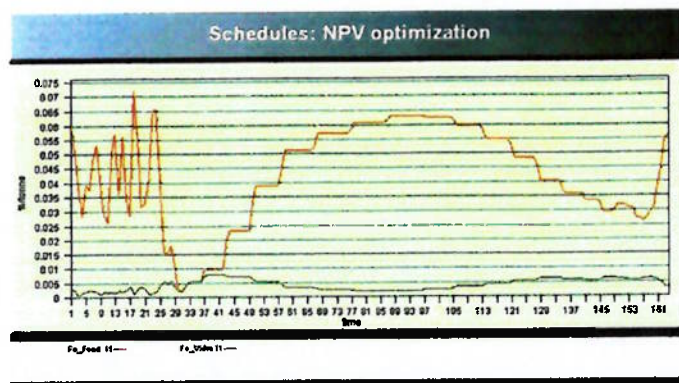


Gráfico 10-2 - Relação estéril/minério ao longo da Vida Útil.

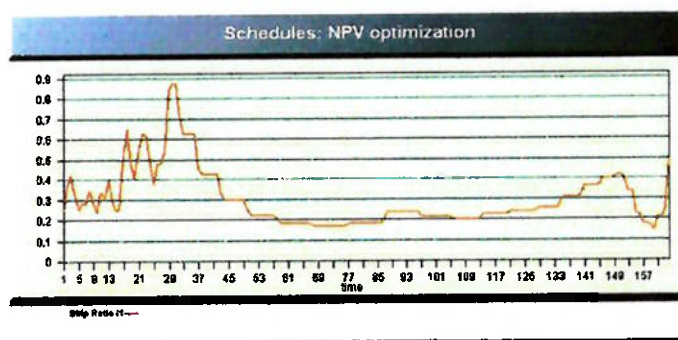


Gráfico 10-3 - Produção de minério e estéril ao longo da Vida Útil.

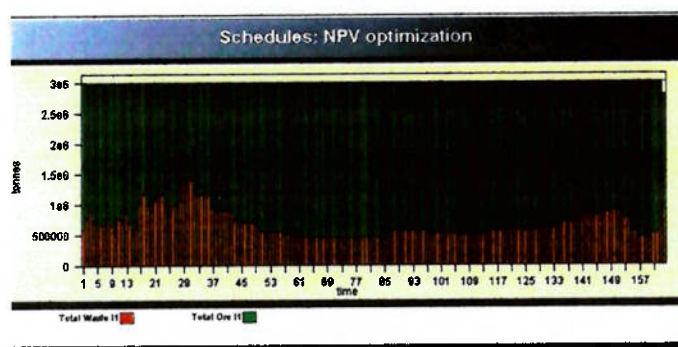
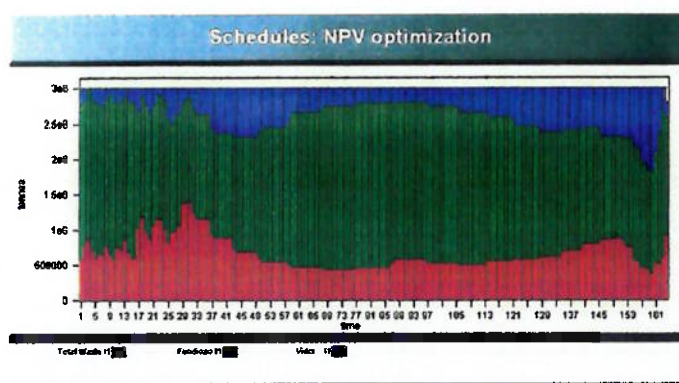


Gráfico 10-4 - Produção de estéril, areia para fundição e para vidro ao longo da Vida Útil.



## 10.2 SEQÜENCIAMENTO

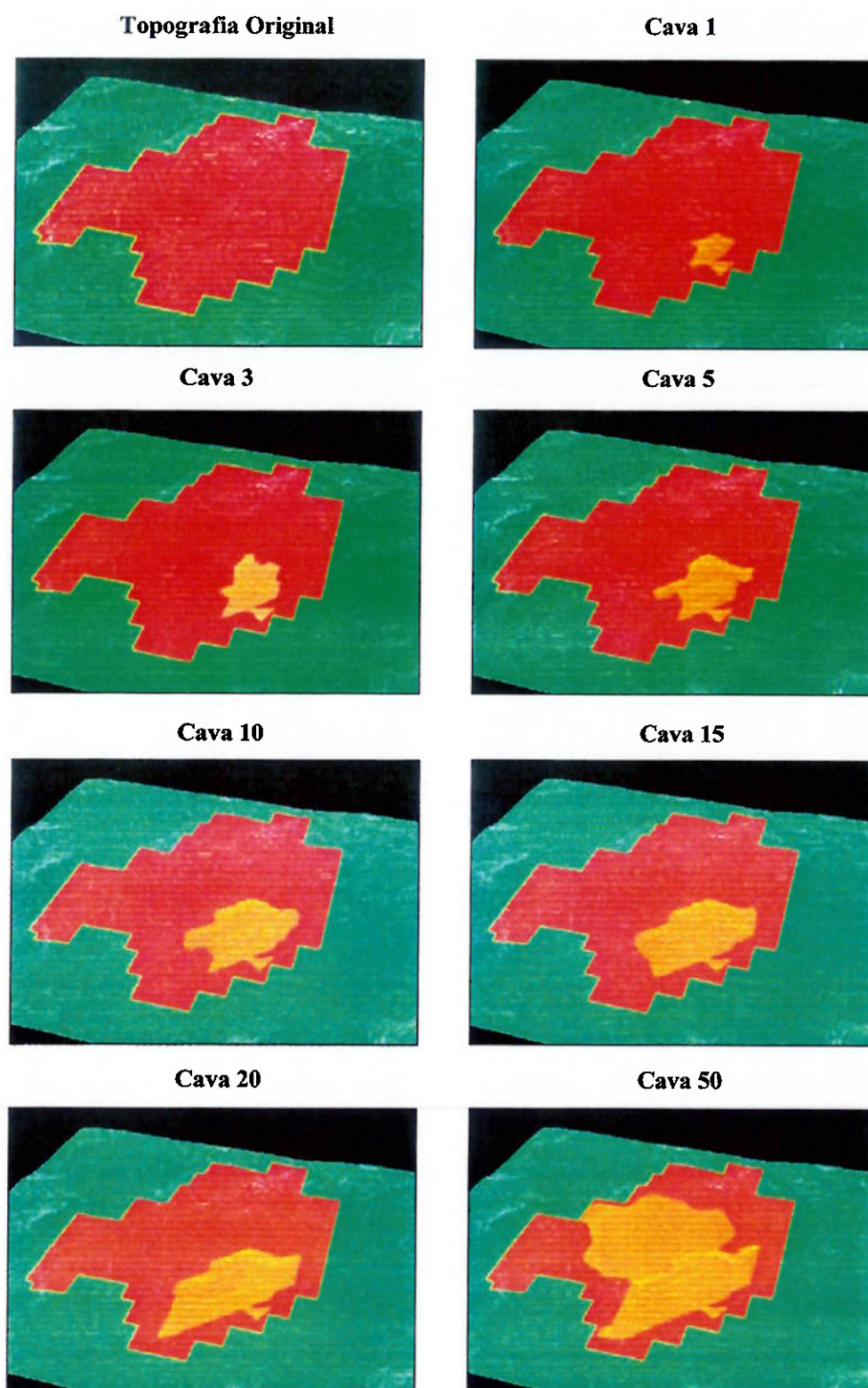
O seqüenciamento foi realizado, inicialmente, para o período de 15 anos (cavas 1, 3, 5, 10 e 15), posteriormente fez-se o avanço da lavra até o ano 50 (cavas 20 e 50), a fim de vislumbrar a área ocupada pela cava e demonstrar o sentido do avanço e a preservação dos cursos d'água. A Figura 10-1 apresenta o seqüenciamento e no CD anexo pode-se visualizar uma animação deste avanço.

## 10.3 DISCUSSÃO

Apesar do trabalho realizado apresentar muitas simplificações e generalizações, os resultados obtidos comprovaram a possibilidade de integração entre o Planejamento de Lavra e a Gestão Ambiental, não apenas adicionando um custo ambiental, mas também estabelecendo restrições de ordem ambiental.

Estas restrições ambientais podem se dar ainda de forma mais incisiva, adicionando custos extras quando da paralisação de frentes de lavra, ou ainda quando a lavra atingir áreas mais propícias a instabilidades e coisas do gênero.





**FIGURA 10-1 - SEQUENCIAMENTO DA LAVRA.**

Quanto aos resultados obtidos pela otimização, pôde-se verificar que o minério para fundição, embora apresente maior variabilidade, tem sua produção mais constante ao longo dos anos, ocorrendo o contrário com o minério para vidro. A relação Estéril/Minério, de fundamental importância numa mineração, apresentou-se variável nos primeiros 35 anos, estabilizando-se até o fim da vida útil.

## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma agressiva e intempestiva, o homem vem degradando o meio físico que vive e esta alteração ao meio, processada sob diversas formas, precisa ser controlada e até mesmo minimizada.

Para isto existe a necessidade do planejamento das atividades humanas, quer seja ela ocupação urbana, industrial, rural e até mesmo o desenvolvimento de uma atividade mineral.

Este planejamento deve envolver as atividades propostas neste trabalho, no sentido de se promover o desenvolvimento sócio-econômico do país com a criação de empregos, desenvolvimentos tecnológicos, geração de riquezas e produtos, desenvolvimento da região e, mais do que isso, fazê-los de forma consciente e não predatória, compatibilizando a atividade mineraria com o meio ambiente, para que no futuro possa se devolver à sociedade uma área reabilitada com a possibilidade de uso.

Muitas minerações têm feito um esforço neste sentido, com a contratação de técnicos especializados e até mesmo através de parcerias com entidades governamentais (Prefeituras, SMA, etc.) e universidades. Contudo, todo o trabalho pode ser em vão se não houver uma conscientização da sociedade de que a mineração é necessária ao desenvolvimento desta mesma sociedade que a condena. Esta conscientização deve



partir das minerações em trabalhos com a comunidade local, escolas de ensinos fundamental e médio e associações de moradores.

Inúmeros trabalhos têm sido realizados neste sentido e têm apresentado um retorno acima do esperado. Trabalhos no interior do estado de São Paulo (Vale do Ribeira, Vale do Paraíba, Itupeva), na grande São Paulo, bem como em todo o País (SMARJA (RS), RIDYEN (ES)) têm conseguido sucesso e mantendo a mineração operando sem grandes custos ambientais.

Somente desta forma é que poderemos propiciar as gerações futuras à possibilidade de ter um planeta vivo, com o meio ambiente da forma que nós o conhecemos hoje e com riquezas e tecnologias desenvolvidas por esta geração.

## LISTA DE REFERÊNCIA

- ALMEIDA, F. M.; MELO, M. S. – 1981 – A BACIA DO PARANÁ E O VULCANISMO MESOZÓICO. *In: Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Vol. 1.* (Texto Explicativo). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Divisão de Minas e Geologia Aplicada. São Paulo. 125 p. il.
- BITAR, O. Y. & ORTEGA, R.D. - 1998 – GESTÃO AMBIENTAL. *In: Geologia de Engenharia.* CNPq/FAPESP, São Paulo, 586 p. il. p. 499-508.
- BRAGA, T. O.; BITAR, Y. O.; GONZALES, C. C. C. - 1997 – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL SOBRE BASE NORMATIZADA (NBR ISSO 14001) EM MINERAÇÃO DE AREIA E BRITA. Volume 2. IPT, SCTDE, DCET, SINDAREIA, São Paulo, 110 p.
- CAVALCANTI, R. N. - 1995 - MINERIA, DESARROLO Y MEDIO AMBIENTE. ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCION AMBIENTAL. Curso Formación en Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, Instituto de Geociências, UNICAMP, v1, pp 105-109
- CHAUSSON, D.; AZEVEDO, R. C.; DE TOMI, G. – 2000. OTIMIZAÇÃO DO SEQÜENCIAMENTO DE LAVRA. *In: Brasil Mineral.* nº 190. Dezembro.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) - 1993 - MINUTA DE ANTEPROJETO DE LEI DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1994/1995. São Paulo, versão de 06.09.93
- ESTON, S. M. - 1994 - MINERAÇÃO E SEGURANÇA. LACASEMIN - EPUSP. Mimeo. 1994 / 1995.
- ESTON, S. M. - 1999 – MATERIAL PARTICULADO. LACASEMIN - EPUSP. Mimeo.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA  
(IBGE) - 1993 - MAPA DE VEGETAÇÃO DO BRASIL, Escala :1:5.000.000.

FERREIRA, G. C. - 1995 – ESTUDO DOS MERCADOS PRODUTOR E CONSUMIDOR DE  
AREIA INDUSTRIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO. 141 p. - Tese (Doutorado).  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista  
(UNESP).

HUSTRULID, W. & KUCHTA, M. - 1995 - OPEN PIT MINE - PLANNING & DESIGN.  
Vol. 1 - Fundamentals. A.A. Balkema/ Rotterdam / Brookfield. 636 p. il.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS  
RENOVÁVEIS (IBAMA) - 1990 – MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS  
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO: TÉCNICAS DE REVEGETAÇÃO. Brasília, 96p. il.

LEPSCH, I. F. - 1980 - SOLOS, FORMAÇÃO E CONSERVAÇÃO, 3ª edição, editora  
Melhoramentos.

LORENZI, H. – 1998 – ÁRVORES BRASILEIRAS – MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO E  
CULTIVO DE PLANTAS ARBÓREAS NATIVAS DO BRASIL. Vls. 01 e 02. Nova Odessa,  
SP. Ed. Plantarum. 352 p.il.

OLIVEIRA, J. B; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M FILHO, B. C. - 1999 - MAPA  
PEDOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instituto Agrônômico de Campinas,  
Embrapa Solos e Fapesp. Campinas, SP.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F. F. M. e  
PRANDINI, F.L. - 1981 - MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO -  
ESCALA 1:1.000.000 - Vls. 1, 2 - São Paulo. IPT, Monografias, 5, 94p.,

COMPANHIA DE PROMOÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
DO ESTADO DE SP (PROMOCET) / PROGRAMA DE

DESENVOLVIMENTO DE RECURSO MINERAIS (PRÓ MINÉRIO) – 1981 –  
MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Vls. I e II.

SÁNCHEZ, L. E. - 1995 - MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MINERÍA. *In: Aspectos Geologicos de Proteccion Ambiental*. Volumen 1. UNICAMP. 245 p. il.

SENHORINHO, N. C. S. – 2001 – OTIMIZAÇÃO DE CAVAS EM MINAS DE CALCÁRIO PARA CIMENTO. São Paulo. 154 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas.