



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO *LATO SENSU* À DISTÂNCIA EM  
GEOLOGIA DE MINAS E TÉCNICAS DE LAVRA A CÉU ABERTO**

**DIRCEU PAGOTTO STEIN**

**PLANO DE APROVEITAMENTO DE JAZIDA DE AREIA, ARGILA E TURFA  
EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO MOGI GUAÇU, SP**

**Belém / PA  
2016**

**DIRCEU PAGOTTO STEIN**

**PLANO DE APROVEITAMENTO DE JAZIDA DE AREIA, ARGILA E TURFA  
EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO MOGI GUAÇU, SP**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geologia de Minas e Lavra a Céu Aberto do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do para obtenção do título de Especialista em Geologia de Minas e Lavra a Céu Aberto.

Orientador: Dr. Marsis Cabral Junior

**Belém / PA  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Stein, Dirceu Pagotto, 1950 -

Plano de aproveitamento de jazida de areia, argila e turfa em planície de inundação do rio Mogi Guaçu, SP / Dirceu Pagotto Stein – 2016

84 f. : il. ; 30cm

Orientador: Marsis Cabral Junior

Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* à Distância em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra a Céu Aberto, Belém, 2016.

1. Turfa - Mogi-Guaçu, Rio (MG e SP). 2. Argila - Mogi-Guaçu, Rio (MG e SP). 3. Areia – Mogi-Guaçu, Rio (MG e SP). 4. Mineração a céu aberto – Estudo de caso - Mogi-Guaçu, Rio (MG e SP). Título.

CDD 22. ed.: 553.2109816

---

## DIRCEU PAGOTTO STEIN

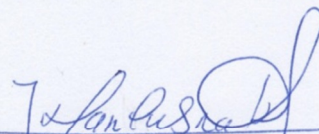
### PLANO DE APROVEITAMENTO DE JAZIDA DE AREIA, ARGILA E TURFA EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO MOGI GUAÇU, SP

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geologia de Minas e Lavra a Céu Aberto do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do para obtenção do título de Especialista em Geologia de Minas e Lavra a Céu Aberto.

Data da aprovação: 29 / 09 / 2016

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:



---

Geól. Marsis Cabral Junior - Orientador  
Doutor em Geociências  
Universidade de Campinas – UNICAMP

---

Prof. Estanislau Luczynski - Membro  
Doutor em Energia  
Universidade Federal do Pará- UFPA

---

Prof. Evaldo Raimundo Pinto da Silva  
Doutor em Geologia Econômica e Geoquímica  
Universidade Federal do Pará - UFPA

## **AGRADECIMENTOS**

O trabalho que se encerra tem a participação, o incentivo e a colaboração de muitos amigos. Desde logo, a todos, meus sinceros agradecimentos e respeito.

Cabe especial agradecimento aos funcionários da direção, administração, biblioteca e corpo docente do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará pela solicitude e gentileza nos mais diversos momentos. Por meio do coordenador do GEOMINAS, Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu, e dos funcionários Sr<sup>a</sup> Carla Tayanna Silva, Sr. Claudio da Silva, Sr<sup>a</sup> Lucia Imbiriba e Sr. Hélio Braga Martins, expresso meu obrigado a todos.

Meu muito obrigado ao amigo Geól<sup>o</sup> Dr. Marsis Cabral Junior, orientador solidário e sempre presente, parceiro de trabalho de tantos anos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e depois, quando a vida proporcionou novas jornadas conjuntas, como esta.

Agradeço ao Sr. Plínio Botelho do Amaral Junior, titular do processo minerário em cujo âmbito foram desenvolvidos os trabalhos que consubstanciam este estudo, que gentilmente autorizou o uso das informações.

Aos companheiros de trabalho da GEOEXEC – Geól. Dr. Rubens Borges da Silva, Gestor Amb<sup>tal</sup> Me. Rafael Rodrigues da Silva e Geól. Paulo Roberto Bernardes Coelho, que de modos diversos muito colaboraram no desenvolvimento dos estudos e incentivaram nos momentos mais difíceis, meus sinceros agradecimentos.

À amiga Eng<sup>a</sup> Amb<sup>tal</sup> Letícia Floriano Bastos, pela colaboração e incentivo no desenrolar do curso, muito obrigado.

Agradeço minha família, esposa, filho, filhas, netos e netas pelo entendimento da iniciativa discente a este momento da vida, trocando a gostosa companhia de vocês por atividades acadêmicas. Obrigado minha mãe, seu pedido para que continuasse foi o incentivo essencial.

Mais uma vez, muito obrigado a todos.

## RESUMO

O estudo apresentado referencia os elementos técnicos de instrução de um requerimento de lavra no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, de acordo com exigências da legislação minerária em vigor. Trata-se da exploração de jazida com três bens minerais - turfa, argila e areia - em ambiente de planície aluvial do rio Mogi Guaçu, região nordeste do estado de São Paulo, buscando maximizar o aproveitamento de cada um dos minérios e a otimização econômico-financeira dos procedimentos de extração, beneficiamento e expedição. O intuito é projetar uma lavra sequencial de turfa e argila em situação de cavas emersas e depois de areia em cavas submersas, prevendo condições de estabilidade geotécnica da cava durante as operações; uso da água em circuito fechado; não intervenção em leito regular do rio e nos demais atributos ambientais da área; e, ainda, medidas de prevenção e mitigação de impactos ambientais e de recuperação da área degradada com vistas a usos futuros. O estudo culmina com análise econômica do empreendimento com emprego do método de fluxo de caixa descontado, determinando o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa Interna de Retorno – TIR para o período considerado da lavra e com a taxa de atratividade previamente estabelecida para o esforço financeiro. Os resultados indicam um projeto de lavra satisfatório em termos de investimento e risco, com valores de retorno atraentes.

Palavras-chave: Mineração. Plano de aproveitamento mineral. Turfa. Argila. Areia.

## **ABSTRACT**

This work deals with technical procedures required by DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) in order to get the mining rights related to mineral exploitation, in accordance with the Brazilian mineral law. The mineral deposit, in this case, is composed by sand, clay and peat ores hosted in the Mogi-Guaçu river's alluvial plain, located in the northeast region of the São Paulo State. The exploitation plan aims to maximize the mining of these ores and economic profits. The goal in this case, is to develop the extraction of these ores in a sequential way. At first with peat and clay being exploited in dry open pit and then to extract sand in flooded open pit, under geotechnical stability conditions. Environmental care will be kept as well environmental recovery, according to the future use project of the area. The study ends with the economic analysis by using the discounted cash flow method, taking in account the present value and rate of return consistent with the financial effort. The results indicate a satisfactory mining project in terms of investment and risk, with attractive return values.

Keywords: Mining. Mineral exploitation plan. Peat. Clay. Sand.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Situação da poligonal em relação à cidade de Pradópolis. A poligonal minerária é esquematicamente indicada pelo polígono vermelho na cena Google Earth de 27.10.2013.....	25
Figura 2 – Poligonal minerária na planície do rio Mogi Guaçu. Distribuição de sondagens executadas para investigação das reservas minerais em cena Google Earth de 27.10.2013 .....	26
Figura 3 – Mapa geológico regional. A poligonal está esquematicamente representada pelo retângulo vermelho .....	31
Figura 4 – Área da poligonal no contexto das planícies aluviais da bacia do rio Mogi-Guaçu .....	32
Figura 5 – Mapa geológico simplificado da área .....	34
Figura 6 – Distribuição da reserva de areia .....	35
Figura 7 – Distribuição da reserva de argila .....	36
Figura 8 – Distribuição da reserva de turfa .....	37
Figura 9 – Fluxograma simplificado do processo de extração e beneficiamento de areia, argila e turfa .....	41
Figura 10 – Unidade de beneficiamento de areia .....	46
Quadro 1 - Cronograma de atividades .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aspectos do empreendimento .....	27
Tabela 2 - Indicadores climáticos do município de Pradópolis .....	30
Tabela 3 - Descrição dos equipamentos utilizados na mina .....	49
Tabela 4 – Mão-de-obra .....	50
Tabela 5 - Reservas lavráveis de areia, argila e turfa e vida útil da jazida .....	51
Tabela 6 - Demonstrativo de balanço de massa – volume de rejeito gerado e cavas aterradas .....	53
Tabela 7 - Síntese dos investimentos - total em 18 anos .....	67
Tabela 8 - Composição do capital de giro .....	67
Tabela 9 – Receita bruta .....	68
Tabela 10 - Despesas tributárias .....	69
Tabela 11 - Custos com mão-de-obra .....	70
Tabela 12 - Custo com materiais de consumo .....	71
Tabela 13 - Custos diretos .....	71
Tabela 14 - Custos indiretos .....	72
Tabela 15 - Custo Total de produção .....	73
Tabela 16- Demonstrativo de resultado .....	75
Tabela 17 – Fluxo de caixa .....	79

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 <b>Objetivo geral</b> .....	11
1.2 <b>Objetivos específicos</b> .....	12
<b>2 ABORDAGEM METODOLÓGICA</b> .....	13
2.1 <b>Resgates objetivados da bibliografia</b> .....	13
2.2 <b>Procedimentos metodológicos</b> .....	22
<b>3 O EMPREENDIMENTO MINERÁRIO – ASPECTOS GERAIS</b> .....	25
<b>4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO</b> .....	28
<b>5 MEIO FÍSICO</b> .....	29
5.1 <b>Aspectos do arcabouço físico regional</b> .....	29
5.1.1 <b>Clima</b> .....	29
5.1.2 <b>Contexto geológico-geomorfológico regional</b> .....	30
5.1.3 <b>Solo</b> .....	32
5.2 <b>Aspetos do arcabouço físico local</b> .....	33
5.2.1 <b>Geologia e relevo</b> .....	33
5.2.2 <b>Solo Local</b> .....	34
<b>6 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b> .....	38
6.1 <b>Considerações sobre a jazida mineral</b> .....	38
6.2 <b>Reservas minerais</b> .....	38
6.3 <b>Produção de minério</b> .....	38
<b>7 PLANO DA ATIVIDADE EXTRATIVA</b> .....	39
7.1 <b>Métodos e operações de lavra e beneficiamento</b> .....	40
7.2 <b>Disposição do solo orgânico e estéril</b> .....	48
7.3 <b>Máquinas e equipamentos</b> .....	48
7.4 <b>Infraestrutura</b> .....	48
7.5 <b>Recursos Humanos</b> .....	49
7.6 <b>Produção e vida útil da jazida</b> .....	50
7.7 <b>Uso futuro da área</b> .....	52
7.8 <b>Cronograma de atividades</b> .....	54
<b>8 PLANO DE CONTROLE DE IMPACTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO – PCIAM</b> .....	56
8.1 <b>Operação de máquinas e equipamentos</b> .....	56
8.2 <b>Escoamento das águas pluviais</b> .....	57

8.3 Alteração do perfil pedogenético .....	57
8.4 Contaminação das águas .....	58
8.5 Alterações em flora e fauna .....	58
8.6 Ambiente de trabalho .....	59
9 SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE OCUPACIONAL .....	60
10 PLANO DE RESGATE E SALVAMENTO DE EMERGÊNCIA .....	61
11 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS – PGR .....	62
12 PLANO DE CONTROLE MÉDICO E SAÚDE OCUPACIONAL – PCMS ...	63
13 PLANO DE FECHAMENTO DA MINA .....	64
14 ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO EMPREENDIMENTO .....	66
14.1 Parâmetros .....	66
14.2 Investimentos e capital de giro .....	66
14.3 Receitas e tributos .....	68
14.3.1 Receita bruta .....	68
14.3.2 Tributos - ICMS, PIS e COFINS .....	68
14.3.3 Receita líquida .....	69
14.3.4 Compensação financeira pela exploração de recursos minerais - CFEM .....	69
14.4 Custos de produção .....	69
14.4.1 Custos diretos .....	70
14.4.2 Custos indiretos .....	72
14.4.3 Custos de administração .....	73
14.4.4 Custo total de produção .....	73
14.5 Lucratividade do empreendimento .....	73
14.5.1 Lucro operacional .....	74
14.5.1.1 Imposto de renda .....	74
14.5.1.2 Contribuição social .....	74
14.5.2 Lucro líquido .....	75
14.6 Rentabilidade do empreendimento .....	75
15 COMENTÁRIOS FINAIS .....	81
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	83
<b>APÊNDICES</b>	
<b>APÊNDICE A – PLANTA DE SITUAÇÃO ATUAL DA ÁREA E</b>	

**ESTRUTURAS DE LAVRA PROJETADAS**

**APÊNDICE B – PLANTA DE CONFIGURAÇÃO FINAL DA ÁREA  
MINERADA**

**APÊNDICE C – PERFIS TOPOGRÁFICOS DAS SITUAÇÕES ATUAL E  
FINAL DA ÁREA**

## 1 INTRODUÇÃO

Jazidas em planícies de inundação referenciam a dinâmica fluvial na plenitude da ciclicidade climática, onde cargas sedimentares arrastadas ou suspensas na corrente se repetem ao longo do tempo, originando miscelâneas sedimentares que se distribuem espacialmente numa intrincada disposição, tanto na vertical como na horizontal.

Da deposição em canais a remansos espaiados tem-se toda uma gama de possibilidades granulométricas e de composições dos detritos. A complexidade da deposição se manifesta já na origem do sedimento, desde sua produção nas encostas, podendo não guardar qualquer relação com entornos imediatos, pois resultado de um arcabouço geológico por vezes extenso e diversificado no espaço hidrográfico submetido à erosão.

Em síntese, a complexidade do ambiente deposicional traz sérias dificuldades para uma exploração máxima dos depósitos. A disposição dos materiais na coluna estratigráfica local é fundamental para um sucesso maior ou menor da lavra. Métodos e técnicas existem para se extrair o máximo possível de minério, mas, então, tem-se o fator custo de produção, por conseguinte, a exequibilidade econômica da lavra, caso da argila, quando submersa, na jazida em apreço.

Alia-se a operação em planície de inundação com atributos e funções ambientais importantes e sensíveis, o que impõe outro desafio – lavrar com adequação ambiental suficiente para manter a área afetada, durante e após as operações mineiras, em equilíbrio dinâmico com seus entornos, mirando o uso futuro da área em condições ambientais de qualidade.

### 1.1 Objetivo geral

Considerando o arcabouço geológico e os recursos minerais - **areia** para emprego na construção civil, **argila** para o fabrico de cerâmica vermelha e **turfa** para compor misturas de enriquecimento da fertilidade do solo - presentes em trecho da planície de inundação do rio Mogi Guaçu na região da cidade de Pradópolis, SP,

projetar a lavra buscando a viabilização do empreendimento quanto a aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

### **1.2 Objetivos específicos**

Elaborar projeto de lavra de modo a maximizar o aproveitamento dos diferentes bens minerais de interesse, considerando a otimização dos procedimentos de extração, beneficiamento e expedição de cada bem.

Projetar uma extração sequencial de turfa e argila em cavas emersas e depois de areia em cavas submersas, em condições de estabilidade geotécnica e sem interferir no leito normal do rio Mogi Guaçu, mantendo-se as operações exclusivamente no ambiente de planície e com uso da água em circuito fechado.

Propor adequação ambiental do empreendimento por meio de medidas de preservação de atributos ambientais relevantes e de controle e mitigação de impactos decorrentes das operações de lavra, bem como de recuperação das áreas degradadas concomitantemente à lavra e tendo como foco o uso futuro proposto para a área.

## 2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

### 2.1 Resgates objetivados da bibliografia

A sumária abordagem bibliográfica aqui apresentada considera apenas aspectos inerentes à lavra dos bens minerais turfa, argila e areia e de modo o mais objetivado possível.

Em relação à turfa, entende-se que algumas considerações iniciais merecem espaço, haja vista a exploração praticamente inexistente no país, o que se reflete num reduzido número de estudos. Toledo (1999) apresenta uma revisão bibliográfica sobre diferentes aspectos, que vão da formação e características da turfa até a lavra e utilização do produto beneficiado, desembocando num apanhado geral dos estudos desenvolvidos no Brasil.

Como um recurso mais largamente empregado no hemisfério norte, onde foi utilizada como fonte de energia há mais de cinco séculos atrás, as principais classificações das turfas vêm dessa região e referenciam a origem dos vegetais que as constituem (AGUIAR, 1987). Os Estados Unidos adotam classificações mais práticas, baseadas no grau de decomposição e na quantidade de fibras (CESP, 1985), que parecem se adequar mais de perto aos usos da turfa no Brasil (NASCIMENTO, 2013) - basicamente na agricultura, como condicionador de solos, biofertilizante e substrato ou apenas para aplicação *in natura* no solo (OLIVEIRA, 2002).

A turfeira em questão, no âmbito de planície aluvial do rio Mogi Guaçu, formou-se a partir de matéria vegetal desenvolvida e acumulada em depressões marginais que depois passam a reter água e, assim, propiciar forte desenvolvimento de musgos. Estes, na sequência, atrofiam-se lentamente devido a alta acidez do meio e a alta capacidade de absorção de água (MOTTA et al., 1982). Tal natureza desenvolve depósitos estratificados, com a turfa classificada como *fibrosa* – o tipo menos decomposto, com grande quantidade de fibras e baixa relação peso de material seco/volume *in situ*, razão denominada *Dry Bulk Density* – DBD (Densidade Aparente Seca); e a turfa *sáprica* - com pouca fibra, altamente decomposta, com valores altos de DBD e saturada em água. O tipo intermediário, turfa *hêmica*, não deixa de estar presente na coluna. A decomposição da turfa é indicada pelo grau de

humificação, que referencia a conversão de vegetais originais em matéria sólida amorfa, não fibrosa.

Além de classificações baseadas na natureza do material turfáceo, aspecto físico *in natura*, ambiente geológico de origem, ambiente ecológico natural, Shimada et al. (1981) e CESP (1985) discorrem sobre classificações de acordo com diferentes tipos e possibilidades de emprego da turfa, ou seja, considerando umidade, teor de cinzas, teor de enxofre, poder calorífico superior, carbono fixo e matéria volátil, e *Dry Bulk Density* – DBD. No caso da lavra, são importantes umidade e DBD.

No estado natural, o material turfáceo de um depósito representa apenas cerca de 10% de seu volume. A eliminação da maior quantidade d'água possível do depósito é imprescindível para a lavra e o custo dessa drenagem é determinante para a exequibilidade econômica da mesma, passando, pois, obrigatoriamente, pelo desaguamento por gravidade. O ensecamento não diz respeito apenas à viabilidade econômica da turfeira, mas também a possibilidade de lavrá-la, pois as operações dependem da estabilidade do horizonte seco que se origina.

Segundo Lenz (1984), cerca de 65% da água é retida no depósito apenas por ligações mecânicas e pode escoar por gravidade. No comentário de Toledo (1999), uma drenagem bem executada diminui 87% do teor de água do depósito no período de 2 a 4 anos, o que resulta na compactação e estabilização do mesmo, com possibilidade de entrada de máquinas e equipamentos leves. Lenz (1984) destaca que nessa condição a turfa retém cerca de 35% de água capilar, coloidal e celular, que é removida por secagem ao tempo. Depreende-se, pois, condicionamento importante por condições climáticas, que podem resultar em depósito com menos de 20% de água retida.

O método de colheita seca é o mais utilizado, pois aproveita condições naturais para drenagem e para ensecamento no tempo. Segundo Aguiar (1987), a exploração de uma turfeira compreende basicamente o preparo da área com limpeza e abertura da rede de canais de drenagem, já, nesta etapa, subdividindo a área em campos de produção delimitados por canais com espaçamentos pré-determinados.

Ensecado o depósito a teores de umidade que determinem estabilidade, inicia-se a extração por escarificação, o método mais plausível para o caso em apreço, principalmente pelo uso do material e pelo custo dos equipamentos necessários, basicamente um trator sobre esteira para rebocar pequeno escarificador. No caso estudado, o material será estocado para uso praticamente imediato na composição de misturas que visam enriquecimento da fertilidade dos solos, pois a área de lavra é contígua ao pátio de preparo de usina de açúcar local, não dependendo de maior secagem.

As lavras de argila e areia em planície aluvial são mais comuns e com métodos e técnicas bastante convencionais, variando de uma jazida para outra em decorrência de arcabouço e condicionantes geológicos e topográficos locais, bem como das estratégias de atendimento às demandas, o que implica empreendimentos com diferentes concepções. Desses fatores essenciais depende a escolha de equipamentos (CABRAL JUNIOR; OBATA; SINTONI, 2005).

Embora o caráter abrangente de uma pesquisa bibliográfica para sintonia do estudo com o estado da arte, mesmo que uma pesquisa objetivada, como é o intuito desta, não se obteve êxito na literatura especializada a respeito de uma lavra progressiva, que partindo de um horizonte de turfa na superfície passa a horizonte com lentes e bolsões de argila e culmina, na base da sequência, com camadas expressivas de areia.

Para a exploração de argila e areia no ambiente de planície de inundação deve-se ter em conta a dimensão dos trabalhos de remoção e disposição de coberturas vegetais e de estéreis, operações que podem utilizar tratores de lâmina, escavadeiras ou pás carregadeiras. São operações intrinsecamente dependentes das características topográficas do local e do material a ser removido, bem como das dimensões da área de lavra e da escala de produção pretendida, buscando adequar disponibilidades de equipamentos, que logo adiante vão refletir em custos de investimentos e operacionais. No presente caso, essa colocação aplica-se apenas a porções da jazida que não possuem depósitos superficiais de turfa, pois a mineração desta é o decapeamento em si.

Os métodos de mineração de argila são inerentes ao contexto de inserção do depósito objetivado. Ou seja, jazidas de argilitos e folhelhos em

encostas são exploradas com escavadeiras hidráulicas ou pás-carregadeiras, podendo contar com auxílio de tratores de lâmina frontal nas produções de pequeno porte (CABRAL JUNIOR; OBATA; SINTONI, 2005). Podem ser lavradas por avanço em bancadas ou por escarificação contínua do terreno e formação de montes com emprego de trator de lâmina. A expedição em qualquer situação emprega pás carregadeiras e caminhões basculantes, no mais comum, diretamente da mina para a unidade industrial consumidora.

A extração de argila em ambiente de planície aluvial, o interesse no presente caso, é mais comumente praticada em tiras, por escavação mecânica com emprego de escavadeiras hidráulicas. Pode-se empilhar o material extraído na frente de lavra ou executar a carga direta em caminhões basculantes para expedição. O emprego de escavadeiras propicia o carregamento com o mesmo equipamento. A depender de fatores de produção projetados, pode-se empregar pá carregadeira para carregamento e conseqüente liberação da escavadeira para extração, alcançando assim ciclos de produção desejados, ou seja, ciclos curtos de cada operação unitária. No caso de depósitos mais espessos em ambientes onde se pode praticar um lavra contínua, emprega-se escavadeiras do tipo *drag line*, com a formação de fossas (MULTIGEO, 2006).

A argila minerada pode ser estocada na área de lavra ou nas unidades industriais. Em qualquer situação pode passar por procedimentos de homogeneização, com métodos cuja sofisticação tecnológica deve-se mais ao valor agregado do produto industrial que da matéria prima. Correspondem desde empilhamentos simples de materiais de fontes diversas, com cortes verticalizados do monte quando da preparação da massa cerâmica, até engenhos com correias transportadoras acopladas a carros que espalham horizontal e alternadamente os diferentes materiais, formando pilhas com camadas delgadas que se alternam para serem cortadas na vertical.

O sazonalidade é outra característica da mineração de argila, onde o produto heterogêneo extraído descansa para ser maturado pela ação de processos físico-químicos de intemperismo, principalmente temperatura, umidade, ataque bacteriológico e oxidação da matéria orgânica (GAIDZINSKI; TAVARES; DUALIBI FILHO, 2002) A depender de constituintes minerais e do emprego da argila, o

material é empilhado em camadas, podendo ser acrescentados horizontes de silte ou areia muito fina para propiciar melhor secagem e diminuir a retração durante a secagem de peças produzidas. O tempo de sazonalidade pode ser longo, objetivando principalmente redução de sais indesejados e matéria orgânica, além de maior homogeneidade do material.

Na extração de areia em ambiente de planície de inundação, caracteristicamente um relevo plano com lençol freático subaflorante, o método empregado é a dragagem. Dependendo da situação topográfica do local, principalmente com possibilidade de ensecamento razoavelmente profundo da cava, daí mais comumente praticada em terraços fluviais, pode-se executar uma lavra mista, com desmonte a seco do material com emprego de escavadeiras hidráulicas e transporte imediato para bacias previamente escavadas onde se forma a polpa - mistura de sólidos e água em proporções pré-estabelecidas para sucção e bombeamento - método que proporciona grande eficácia na recuperação da areia por procedimentos de lavagem e peneiramento, embora mais dispendioso que uma dragagem direta em cava submersa. Alternativamente, a depender das condições topográficas e do nível freático, o material seco pode ser desmontado por ação de jatos d'água de alta pressão direcionados por monitores à base do talude, que, então descalçado, cede e se desagrega. A polpa formada escoar por gravidade para rebaixos da cava de onde é bombeada para a área de beneficiamento (CABRAL JUNIOR; OBATA; SINTONI, 2005).

Ante o direcionamento da abordagem aqui adotado, a mineração por dragagem hidráulica em cava submersa é o foco. É executada por sistema de bombas de sucção e recalque de alta pressão que removem a polpa na superfície do leito submerso e a derivam para diferentes estruturas de beneficiamento.

De acordo com Soares (2006), os processos de dragagem são diversificados e desenvolvidos em decorrência de necessidades impostas pela natureza. No caso da extração mineral, cabe mencionar os processos mecânicos de dragagem, que se caracterizam pela atuação mecanizada dos equipamentos de escavação dos sedimentos de fundo, como, por exemplo, as dragas de caçamba, de pás de arrasto, escavadeiras, etc.

No presente estudo, são relevantes os processos hidráulicos de dragagem. Estes se caracterizam pela sucção e recalque dos sedimentos de fundo com emprego de bombas centrífugas de polpas de eixo horizontal, bombas que são dimensionadas em função das características e necessidades de cada projeto (CHAVES; NAKAE; SALGADO, 2006). O sistema pode agregar escarificadores de fundo, que desagregam o material mais consolidado e facilitam a formação de polpa. São elementos construídos com materiais de alta dureza (abrasivos), denominados empolpadores.

A polpa pode ser bombeada por tubulações flutuantes a distâncias compatíveis com o dimensionamento dos equipamentos, podendo ser lançada para estruturas fixas em terra ou para estruturas flutuantes. As flutuantes podem ser autopropelidas ou movidas com auxílio de um barco rebocador. As estruturas fixas são denominadas dragas estacionárias.

As operações de dragagem culminam com o bombeamento da polpa para alimentação dos estágios operacionais de separação granulométrica, que pode se iniciar por uma peneira que retém impurezas, *e.g.* cascalhos e restos vegetais. O material passante é direcionado para sistemas de separação granulométrica, com cortes projetados em função das características do material da jazida e em atendimento à demanda. Os finos da matriz sedimentar permanecem em suspensão e são desaguados em bacias de decantação, onde as águas de retorno são clarificadas e reutilizadas no processo, criando um circuito fechado de uso d'água. Equipamentos de separação granulométrica são escolhidos, como mencionado, tanto pelas características do jazimento quanto pelo emprego do produto da lavra. Em síntese, definidos prioritariamente por fatores diretamente relacionados a custo de produção e mercado consumidor.

As operações de beneficiamento podem ser muito simples, com uma operação de retenção de cascalhos e impurezas numa peneira estática e subsequente separação de diferentes frações arenosas por processos de sedimentação seletiva em caixas e silos, com os finos sendo levados em suspensão pela água de retorno. Ou podem comportar ciclos de produção tecnologicamente mais sofisticados, incorporando classificadores com cortes de precisão, como hidrociclones e cones desaguadores (CABRAL JUNIOR; OBATA; SINTONI, 2005;

CHAVES 2006), agregando ainda mesas vibratórias desaguadoras para excelência na separação de finos. O mais comum é a estocagem do material em silos ou pilhas, podendo se empregar correias transportadoras.

A adequação ambiental da lavra vem em obediência à legislação ambiental em vigor, considerando aspectos relativos aos meios físico e biótico, com alcances que vão da preservação total à mitigação, mantendo firme direcionamento de recuperação para reposição plausível de atributos ambientais afetados ou então reintroduzidos compensatoriamente. Tais iniciativas podem prover embasamento para um meio mais completo e vigoroso, condição *sine qua non* para um equilíbrio dinâmico da área recuperada com seus entornos, durante e ao final do empreendimento, neste caso visando a relação com usos futuros projetados. Regulamentos específicos aos níveis federal e estadual disciplinam e estabelecem diretrizes e parâmetros para os procedimentos de licenciamento ambiental.

A Lei Federal nº 12.651, de 25.05.2012, alterada pela Lei Federal nº 12.727, de 17.10.2012, que substituiu o antigo Código Florestal – Lei Federal nº 4.771, de 15.09.1965 - impõe as principais restrições à mineração na área de interesse, embora o novo texto não mais considere a planície de inundação como uma feição da paisagem impeditiva de ocupação. Apenas o leito menor do rio Mogi Guaçu, ou regular na definição da lei, é atributo protegido, cabendo-lhe faixa marginal com 50 m de largura como Área de Preservação Permanente – APP. Embora a legislação permita mineração em APP de curso d'água, as dificuldades que se impõem no procedimento do licenciamento estadual paulista para intervir nesse espaço, não recomendam a intervenção. O valor do minério seria a prerrogativa para tal incursão, o que não é o caso, seja da turfa, mais valiosa, ou da areia, mais abundante.

A vegetação arbórea nativa também é protegida por preceitos gerais instituídos pela Lei Federal nº12.651/2012. No caso do sudeste brasileiro, tem-se, particularmente, o Bioma Mata Atlântica, protegido pela Lei Federal nº 11.428, de 22.12.2006, regulamentada pelo Decreto Federal nº 6.660, de 21.11.2008, e Bioma Cerrado, que especificamente para o estado de São Paulo é protegido pela Lei Estadual nº 13.550, de 02.06.2009.

Aspectos relativos a fauna são considerados subliminarmente na abordagem preservacionista de remanescentes florestais e de Área de Preservação Permanente. No estado de São Paulo, as normas dos órgãos ambientais estabelecem as situações que exigem estudos de fauna e os procedimentos inerentes para o licenciamento ambiental, sempre considerando a legislação concernente ao assunto, especialmente os decretos que discriminam espécies ameaçadas de extinção.

A Resolução CONAMA nº 237, de 19.12.1997, estabelece os princípios gerais do disciplinamento do licenciamento ambiental, em síntese, procedimentos e critérios. No caso em pauta, a responsabilidade pelo licenciamento ambiental da mineração é da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. A regulamentação é dada por norma estabelecida em Decisão de Diretoria – DD nº 025/2014/C/I, de 29.01.2014, que além de determinar os ritos, define linhas de corte para aplicação de roteiros simplificados ou mais complexos no procedimento de licenciamento. O presente caso se ajusta a procedimento mais simples, onde Relatório de Caracterização Ambiental e Plano de Controle Ambiental, tal qual dispõe a Resolução CONAMA nº 237/97, constituem a base da instrução técnica.

No ambiente de planície de inundação, qualquer intervenção atinge o lençol subsuperficial livre. O Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo – DAEE é o órgão responsável pela aplicação da legislação referente ao assunto. Com diretrizes enunciadas pela legislação maior sobre recursos hídricos, aos níveis federal e estadual, toma por base a Portaria DAEE nº 2.292, de 14.12.2006, reti-retificada em 18.04.2016. No caso em apreço, escavações em ambiente de várzea com derivações (captação e lançamento), o procedimento de outorga de direito de uso se faz necessário, mais ainda porque captação superior a 15 m<sup>3</sup>/dia na extração de areia.

A avaliação da viabilidade econômico-financeira de um projeto de mineração é o passo que pode, de fato, transformar um depósito mineral numa mina. Nery (1995) discorre sobre a necessidade de se avaliar o depósito mineral com grau de confiabilidade bastante satisfatório já na fase de pesquisa e assim propiciar mais garantias aos investimentos futuros. Embora com foco no aprimoramento da avaliação do recurso mineral, ressalta a comprovação da

viabilidade técnico-econômica da lavra como determinante no sucesso de retorno do investimento, marcando a definição do teor de corte como elemento chave dessa expectativa.

A abordagem confiável implica em avaliações cada vez mais específicas e precisas, portanto complexas, como Queiroz (2016) destaca de princípio no material didático da disciplina “Avaliação Econômica de Projetos de Mineração”, do curso GEOMINAS, ordenando as principais etapas de um estudo de avaliação econômica da mineração a partir de metodologia proposta por Gentry e Hrebar 1978 (apud QUIEROZ, 2016, p.1), sumariamente reproduzidas a seguir.

A primeira etapa visa informações do depósito mineral, avaliando desde as abordagens metodológicas e as técnicas de investigação para um entendimento mais preciso dos resultados explanados. Uma segunda etapa referencia aspectos econômicos gerais do projeto de mineração, avançando por questões de mercado para colocação do produto e aspectos legais de direito sobre os recursos minerais, envolvendo fatores tributários e as legislações minerária e ambiental.

Na sequência, o enfoque já se ajusta mais de perto à realidade da jazida, abordando avaliações direcionadas à definição do método de mineração, onde ganham espaço parâmetros físicos relativos ao minério, a estéreis e a rejeitos, reservas, geometria da lavra, escala de produção e relações entre capital necessário e disponibilidade, etapa com implicações diretas nas subsequentes. Estas abordam métodos de processamento, onde a partir de propriedades do minério investiga-se processos alternativos em busca especificações do produto com escala de produção e seus reflexos na etapa de estimativas de custos de capital e operação, envolvendo pesquisa geológica e estudos de “... engenharia, lavra, e processamento mineral, administrativos e serviços além de taxas sobre vendas” (QUEIROZ, 2016; p.2). A avaliação culmina com a etapa de análise econômica do empreendimento projetado, onde se emprega parâmetros e indicadores específicos do método de fluxo de caixa descontado (ou líquido), determinando o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa Interna de Retorno – TIR para o período considerado e com a taxa de atratividade estabelecida.

Tendo em conta que a vida útil de empreendimentos minerários é geralmente longa, portanto suscetíveis a situações da conjuntura econômica de um

modo geral, finaliza-se a avaliação com análises de sensibilidade, quando são estabelecidos cenários diferenciados, atribuindo variações a parâmetros importantes do empreendimento - e.g. variação de produção, custos, preço de venda do produto, taxa de atratividade, dentre outros - que implicam em alterações do Valor Presente Líquido estabelecido com as “melhores estimativas” de cada parâmetro no cálculo prévio. Como discorre Souza (1994) “... a análise de sensibilidade é um elo de ligação entre a avaliação econômica (baseada nas “melhores estimativas” pontuais de cada parâmetro de entrada) e a análise de risco (baseada na distribuição dos valores assumidos por cada variável estratégica com respectivas possibilidades de ocorrência)” (p. 138). Cabe concluir com destaque deste mesmo autor, lembrando que “... análise de sensibilidade não avalia risco do projeto ....”(p. 138), que objetiva “ ... enriquecer os resultados da avaliação econômica, através da distribuição de probabilidades dos retornos possíveis” (p.143). A análise de sensibilidade permite ao empreendedor estabelecer estratégias para lidar com as variações mercadológicas e buscar a manutenção da viabilidade econômica do empreendimento a cada desafio.

De modo abrangente, o trabalho de Souza (1994) trata de métodos quantitativos na avaliação econômica de projetos de investimentos, sob a ótica empresarial, visando o aproveitamento de jazidas minerais. Detalha conceitos de fluxos de caixa e cálculo financeiro aplicados à avaliação econômica, considerando os efeitos da tributação na rentabilidade de projetos de exploração mineral. Esse trabalho forneceu diretrizes básicas para a análise econômica do estudo ora apresentado, com acréscimos de diversas outras fontes para tópicos específicos, seja no entendimento ou no cálculo dos mesmos.

## **2.2 Procedimentos Metodológicos**

As linhas gerais da abordagem metodológica convencional – circunscrição do assunto, pesquisa bibliográfica dos temas envolvidos, textos e plantas preliminares, investigações diretas, tratamento e análise de dados secundários e primários, exposição de resultados e elaboração do trabalho final – podem ser consideradas de modo particular para o caso em pauta, pois é quando se finaliza investigações geológicas mais extensivas de caracterização do arcabouço geológico regional, bem como o detalhamento objetivado do contexto geológico local

para entendimento da inserção das ocorrências minerais, cujo conhecimento preciso determina jazidas e traz reflexos diretos no aproveitamento futuro dos minérios, exatamente o estudo que aqui se apresenta.

De tal modo é diferenciada, que, anteriormente ao foco direto, a abordagem deve considerar uma avaliação minuciosa da informação apresentada no relatório final de pesquisa aprovado pelo DNPM, em atendimento à obrigação legal de planejar a lavra exata e tão somente das jazidas aprovadas pelo órgão.

Na sequência, os trabalhos exigidos pela legislação minerária para elaboração de planos de aproveitamento de jazidas, estabelecidos no Código de Mineração, na sua regulamentação e nas respectivas Normas Reguladoras da Mineração, por si só estabelecem os passos metodológicos a seguir, destacando-se:

- a)** informações sobre localização, acessos e empreendimento;
- b)** caracterização da região considerando aspectos ligados aos meios físico e biótico;
- c)** caracterização do empreendimento quanto a reservas, área e vida útil da jazida; método de mineração e desenvolvimento da lavra referenciando escala de produção; dimensionamento de equipamentos e instalações; recursos humanos; segurança, higiene e saúde ocupacional; fatores de apoio à produção;
- d)** adequação ambiental da área afetada pelo empreendimento, considerando impactos ambientais, medidas mitigadoras e destinação futura - PCIAM;
- e)** análise econômico–financeira contemplando investimentos, depreciações, receitas, custos de produção, recuperação ambiental da área, capital de giro e rentabilidade do empreendimento;
- f)** plano de resgate e salvamento;
- g)** programa de controle médico e saúde ocupacional – PCMSO;
- h)** programa de gerenciamento de riscos – PGR; e
- i)** plano de fechamento da mina.

Ou seja, as exigências legais ordenam temas diversificados e aspectos específicos dos mesmos, estabelecendo um verdadeiro rito metodológico a ser obedecido sequencialmente e ligando intrinsecamente assuntos totalmente diferenciados, mas relacionados e interdependentes em sua maior parte.

Os resultados do estudo são apresentados numa organização que caracteriza paulatinamente o empreendimento minerário, até alcançar a conclusão a respeito de sua exequibilidade econômica, numa estruturação típica de instrução de requerimentos de lavra no DNPM.

### 3 O EMPREENDIMENTO MINERÁRIO – ASPECTOS GERAIS

O estudo abrange as substâncias minerais areia, argila e turfa presentes numa poligonal com 49,49 ha, no município de Pradópolis, SP. Estende-se por cerca de 1 km entre linha férrea e o rio Mogi Guaçu, distando 7 km da cidade. A proximidade com unidade industrial de produção de açúcar e álcool, situada cerca de 3 km ao norte da poligonal minerária - Usina São Martinho – viabiliza em muito a exploração da turfa para emprego na agricultura.

No modelo padrão de uma instrução de requerimentos ao DNPM, a Figura 1 ilustra o acesso à área pela rodovia Deputado Cunha Bueno - SP 253, que liga a cidade à rodovia Anhanguera – SP 330, principal via de acesso ao nordeste do estado.

Figura 1 – Situação da poligonal em relação à cidade de Pradópolis. A poligonal minerária é esquematicamente indicada pelo polígono vermelho na cena Google Earth de 27.10.2013.

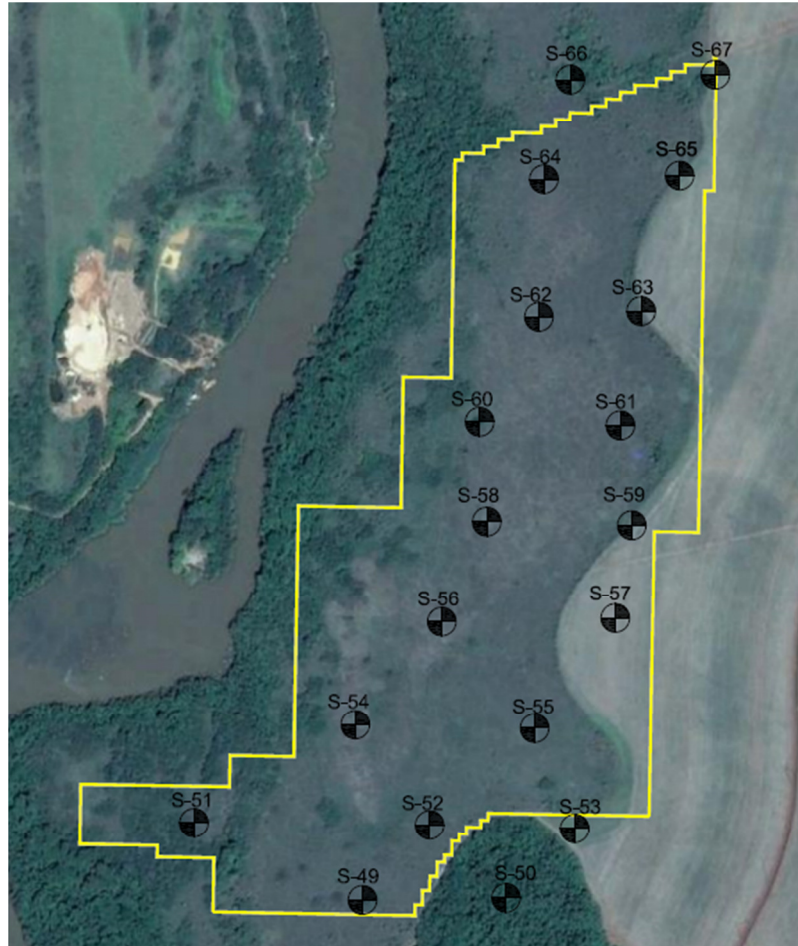


Fonte: Do Autor

A situação de campo da poligonal é mostrada em detalhe na Figura 2, inserida na planície aluvial do rio Mogi Guaçu. Seus limites respeitam atributos ambientais locais, principalmente vegetação florestal nativa e Área de Preservação

Permanente do curso d'água. Adicionalmente, a figura ilustra a posição de sondagens executadas para investigação da área na fase de pesquisa.

Figura 2 – Poligonal minerária na planície do rio Mogi Guaçu. Distribuição de sondagens executadas para investigação das reservas minerais em cena Google Earth de 27.10.2013



Fonte: Do Autor

A Tabela 1 sintetiza algumas informações do empreendimento projetado, trazendo dados de reservas *in situ* e as taxas de recuperação de cada bem mineral. Estas taxas foram determinadas em função da disposição espacial dos estratos no ambiente deposicional, condicionante primordial no caso da extração de argila, bem como em decorrência da geometria dos painéis de lavra, que limitam a retirada dos diferentes bens minerais.

Para os cálculos de volumes em tonelagem a partir da cubagem em metros cúbicos foram utilizadas as densidades dos minérios obtidas nos ensaios tecnológicos, conforme indicada na Tabela 1.

Tabela 1 – Aspectos do empreendimento

Ambiente geológico: Planície aluvial do rio Mogi-Guaçu			
Área da poligonal DNPM – 49,49 ha			
Área de extração: 41,25 ha			
Regime de trabalho: 08h/dias; 5,5 dias/semana; 12 meses/ano			
Minérios	Areia	Argila	Turfa <sup>(*)</sup>
<b>Reservas medidas (<i>in situ</i>)</b>	6.269.845 m <sup>3</sup> <i>d=1,6</i> 10.031.752 t	928.374m <sup>3</sup> <i>d=1,87</i> 1.736.060 t	206.043 m <sup>3</sup> <i>d=0,728</i> 150.000 t
<b>Taxa de Recuperação</b>	69 %	29 %	73 %
<b>Reserva Lavrável</b>	4.299.518 m <sup>3</sup> ou 6.879.229 t	270.217 m <sup>3</sup> ou 505.305 t	150.412 m <sup>3</sup> ou 109.500 t
<b>Produção anual prevista</b>	240.000 m <sup>3</sup> ou 384.000 t	64.170 m <sup>3</sup> ou 120.000 t	32.970 m <sup>3</sup> ou 24.000 t
<b>Vida útil da jazida: 18 anos</b>	17,9 anos	4,2 anos	4,6 anos
<sup>(*)</sup> Base seca- Tonelagem avaliada a uma temperatura entre 65°C e 110°C de perda de umidade e a uma densidade média de 0,728 g/cm <sup>3</sup>			

Fonte: Do Autor

#### 4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO

A área da poligonal minerária está localizada na zona rural do município de Pradópolis e compreende basicamente terrenos planos de natureza aluvial, com cobertura vegetal predominantemente rasteira de gramíneas exóticas com reboleiras arbustivas. Parcela importante da poligonal encontra-se drenada e já teve ocupação agrícola extensiva com plantio de cana-de-açúcar e criação de gado.

A paisagem rural é dominada por plantios extensivos de cana-de-açúcar, expandidos de tal forma que praticamente eliminaram a vegetação nativa, que ficou confinada a pequenos e escassos fragmentos, além de maciços ciliares. Em suma, a vegetação original da região há muito foi suprimida ou descaracterizada de modo intenso pela ação do homem.

Do lado leste, já fora dos limites da jazida, e conseqüentemente da área de lavra, uma porção estreita da poligonal estende-se pela encosta da colina, sendo coberta por solos derivados de rochas basálticas onde se tem plantio extensivo de cana-de-açúcar. O contato da planície aluvionar com a encosta é mascarado por essa suave rampa de colúvio.

Do lado oposto, externa à poligonal tem-se uma delgada faixa de mata ciliar que guarnece a margem direita do rio Mogi Guaçu. No extremo norte da poligonal ocorre um pequeno fragmento de remanescente florestal ilhado pela cultura de cana-de-açúcar. Destaca-se, as áreas dos remanescentes florestais não são objeto de lavra, haja vista restrições parciais à supressão impostas pela legislação ambiental.

Em decorrência da forte eliminação e descaracterização da vegetação original, constata-se que a fauna nativa conta com baixa diversidade, basicamente espécies que se adaptaram a campo aberto e à proximidade com atividades antrópicas, no caso mais direto, cultura de cana-de-açúcar. Há predomínio de aves, principalmente espécies que adotam o ambiente de transição entre encosta e encharcados da planície do rio. Anfíbios e répteis são comuns, bem como alguns mamíferos mais adaptados, como capivaras, ratão-do-banhado e pequenos felinos. As indicações de fauna são informações verbais de moradores locais. Estudos detalhados sobre o meio biótico como um todo serão desenvolvidos quando do licenciamento ambiental, onde se ajusta mais amiúde o empreendimento às restrições legais.

## 5 MEIO FÍSICO

### 5.1 Aspectos do arcabouço físico regional

#### 5.1.1 Clima

Segundo a classificação climática de Koeppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o estado de São Paulo abrange sete tipos climáticos distintos, a maioria correspondente a clima úmido.

O tipo dominante na maior área é o Cwa, que abrange toda a parte central do território paulista e é caracterizado por clima tropical de altitude com chuvas no verão e seca no inverno, e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. Algumas áreas serranas, com o verão ameno, são classificadas no tipo Cwb, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e durante pelo menos quatro meses do ano é superior a 10 °C.

As regiões a nordeste do Estado, onde se insere o município de Pradópolis, são mais quentes. Pertencem ao tipo climático Aw - tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 25 mm. A região em todo o ano está sob o domínio da Frente Tropical Atlântica, que se constitui na principal responsável pela produção da maior quantidade de precipitações na região.

Com relação especificamente ao município de Pradópolis, o clima, conforme o UNICAMP (2015), é do tipo Aw com temperatura média nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) da ordem de 25 °C e as médias máximas entre 30,6 °C e 30,7 °C. Nos meses mais frios (junho e julho), os valores médios de temperatura situam-se na casa dos 19 °C, sendo que a média das temperaturas mínimas atinge valores de 11°C (Tabela 2).

Os meses mais chuvosos correspondem a dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitações médias variáveis de 200 mm a maior que 260 mm/mês. Os meses de estiagem correspondem a junho, julho e agosto, com médias de precipitação variando de 23 mm a 30 mm/ mês.

As chuvas são tipicamente tropicais, que se caracterizam por temporais violentos (trombas d'água), com pancadas intensas e de curta duração. Essas chuvas ocorrem geralmente no final da tarde ou no início da noite devido ao forte

aquecimento diurno. Essas chuvas são escassas nas estações de outono e inverno e concentram-se no período de primavera-verão.

Tabela 2 – Indicadores climáticos do município de Pradópolis.

<b>Pradópolis</b>				
Latitude: 21g 12m		Longitude: 48g 2m		Altitude: 537 metros
Classificação Climática de Koeppen: Aw				
<b>MÊS</b>	<b>TEMPERATURA DO AR (C)</b>			<b>CHUVA (mm)</b>
	mínima	média	máxima	
<b>JAN</b>	19.2	24.9	30.6	225.2
<b>FEV</b>	19.4	25.1	30.7	203.0
<b>MAR</b>	18.7	24.6	30.5	151.4
<b>ABR</b>	16.2	22.7	29.2	78.0
<b>MAI</b>	13.6	20.5	27.4	52.2
<b>JUN</b>	12.3	19.3	26.4	30.0
<b>JUL</b>	11.7	19.2	26.7	25.9
<b>AGO</b>	13.3	21.2	29.2	23.7
<b>SET</b>	15.3	22.8	30.3	60.7
<b>OUT</b>	17.0	23.8	30.5	121.8
<b>NOV</b>	17.7	24.1	30.5	167.8
<b>DEZ</b>	18.7	24.5	30.2	260.4
<b>Ano</b>	16.1	22.7	29.3	1400.1
<b>Min</b>	11.7	19.2	26.4	23.7
<b>Max</b>	19.4	25.1	30.7	260.4

Fonte: (UNICAMP, 2015)

### 5.1.2 Contexto geológico-geomorfológico regional

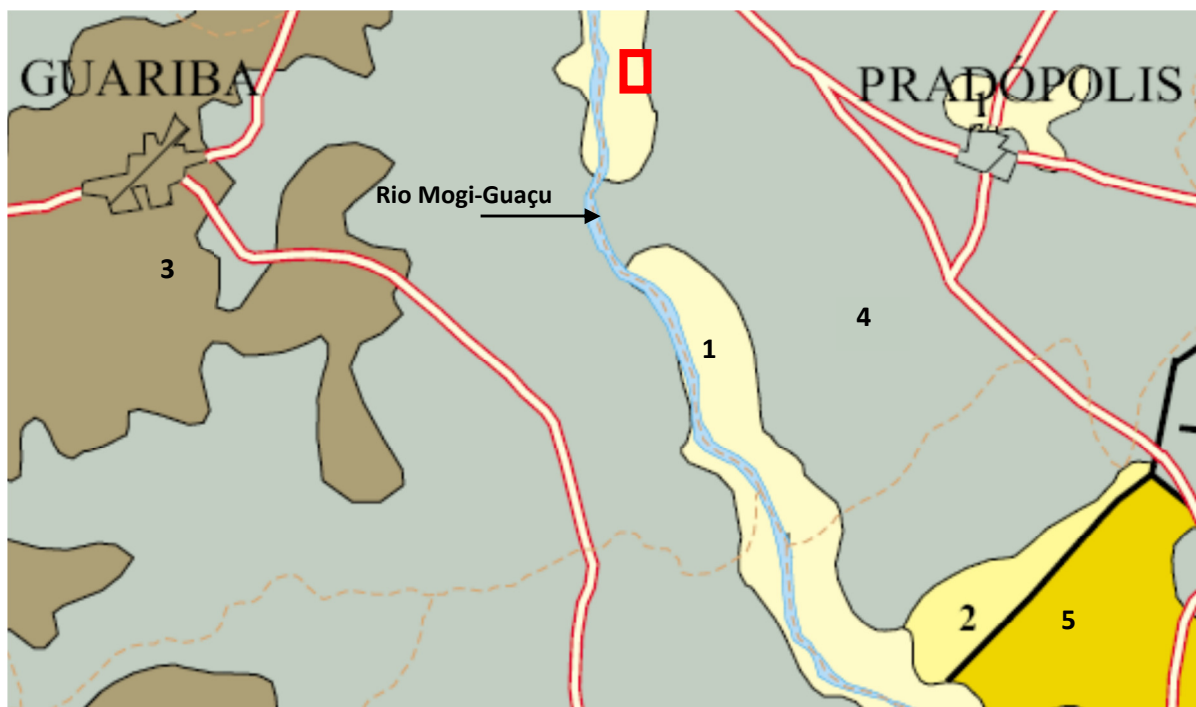
A área de interesse está inserida em domínios francos da Bacia do Paraná, no contexto de derrames basálticos da Formação Serra Geral. Para oeste, bacias tributárias de margem esquerda do rio Mogi Guaçu têm suas cabeceiras em sequências do Grupo Bauru, particularmente em domínios da Formação Adamantina, segundo Almeida et al. (1981), mas, que se sabe, com ocorrência importante de arenitos conglomeráticos cimentados por carbonatos da Formação Marília, como bem expressa a região de Jaboticabal, logo a leste de Pradópolis.

Os depósitos cenozoicos ocorrem em duas situações distintas na região: como coberturas indiferenciadas, preferencialmente sobre relevos colinosos

aplainados; e como depósitos aluvionares em fundo de vales. Os primeiros são constituídos por areias, cascalhos e lentes argilosas de natureza alúvio-coluviais, sendo enfeixados, genericamente, como coberturas indiferenciadas.

Os depósitos aluvionares são mais expressivos na região. Dispostos em terraços e planícies aluviais associados às principais drenagens, são constituídos por camadas de areia, cascalho, argila e, mais localmente, turfa. Merece destaque as ocorrências quaternárias ao longo do rio Mogi-Guaçu, cuja expressão maior está logo a montante da poligonal de interesse, condicionada por falhamentos normais que fazem os limites ocidentais de importantes *sills* de diabásio cortados por esta drenagem (Figura 3).

Figura 3 – Mapa geológico regional. A poligonal está esquematicamente representada pelo retângulo vermelho.



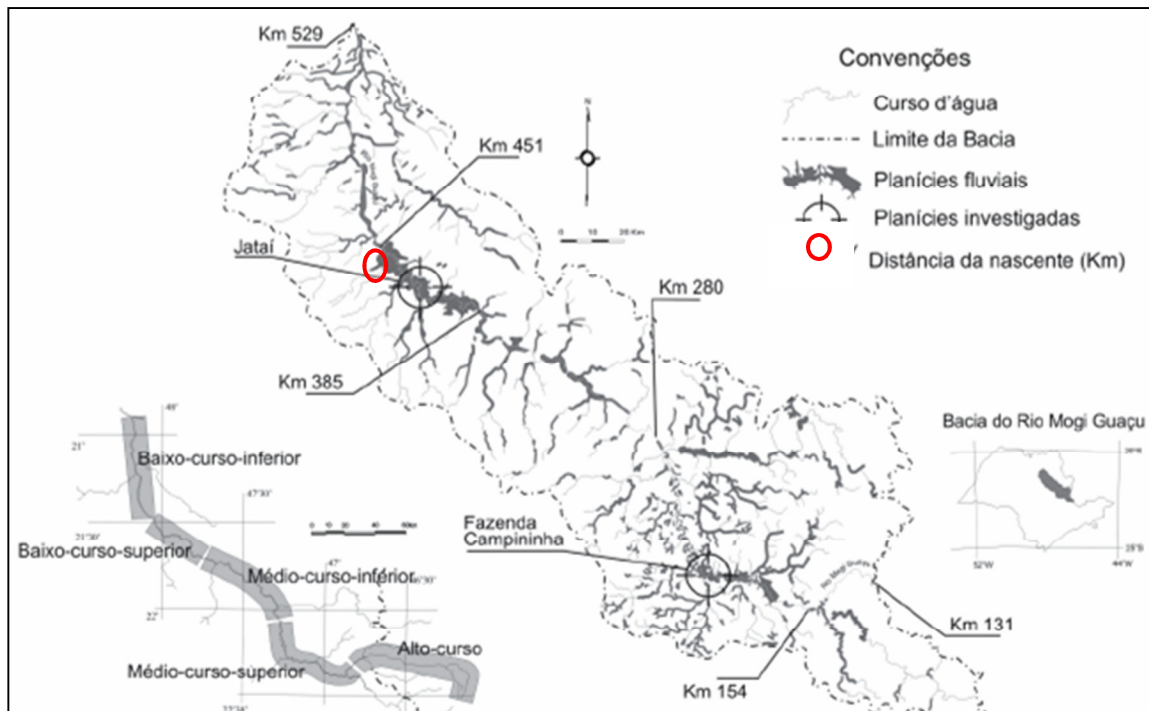
**Legenda:** 1- Aluviões (Cenozóico); 2 – Coberturas indiferenciadas (Cenozóico); 3 – Grupo Bauru (Mesozóico /Cenozóico); 4 – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo); 5 – Formação Botucatu (Jurássico/Cretáceo).  
Fonte: (BISTRICHI et al., 1981 - modificado).

Em termos geomorfológicos a área está inserida na faixa de transição das Cuestas Basálticas para o Planalto Ocidental, em relevos de degradação de planaltos dissecados, colinosos, com baixa declividade e amplitudes inferiores a 100 m. Dominam colinas amplas com topos extensos e apainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos (CARNEIRO et al., 1981).

A rede de drenagem é de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos e planícies aluviais interiores normalmente restritas. Estas podem ser muito extensas em função da possança do curso d'água e do condicionamento por soleiras, sendo expressivas as planícies quaternárias do próprio rio Mogi-Guaçu. A Figura 4 mostra a posição da poligonal no contexto do baixo-curso do rio, conforme classificação de Zancopé, Perez Filho e Carpi (2009).

Em relação às unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo, a poligonal minerária localiza-se na Sub-Bacia do Baixo Mogi - UGRHI – 9.

Figura 4 – Área da poligonal no contexto das planícies aluviais da bacia do rio Mogi-Guaçu.



Fonte: (ZANCOPE; PEREZ FILHO; CARPI, 2009)

### 5.1.3 Solo

Conforme o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), o relevo colinoso da região de Pradópolis é coberto predominantemente por Latossolos Vermelhos que podem se apresentar em associações com Latossolos Vermelho-Escuros. Especificamente nos entornos da planície do rio Mogi Guaçu, em relevos suaves, ondulados e planos, os latossolos mostram textura

argilosa e são Acriférricos e Distróféricos, conjunto de características que reflete o arcabouço geológico de basaltos da Formação Serra Geral.

No contexto da planície aluvial do rio Mogi-Guaçu, relevos típicos das várzeas, dominam Gleissolos Háplicos e Melânicos, com horizonte A moderado a proeminente, textura indiscriminada, geralmente bem drenados. Localmente podem apresentar associação com Cambissolos Háplicos Distróficos.

## **5.2 Aspetos do arcabouço físico local**

### **5.2.1 Geologia e relevo**

A área de interesse compreende trecho da planície aluvial do rio Mogi Guaçu, pela margem direita, com largura variando entre 400 e 700 m. Embute-se em relevo de colinas amplas e aplainadas com vertentes extremamente longas e retilíneas, de declives suaves. As passagens dos terrenos de encostas para os de planície são determinadas por rupturas negativas de declividade muito pouco pronunciadas, destacando a suavidade das formas de relevo da região. Em grande parte de sua extensão esse contato é mascarado por suaves rampas coluviais.

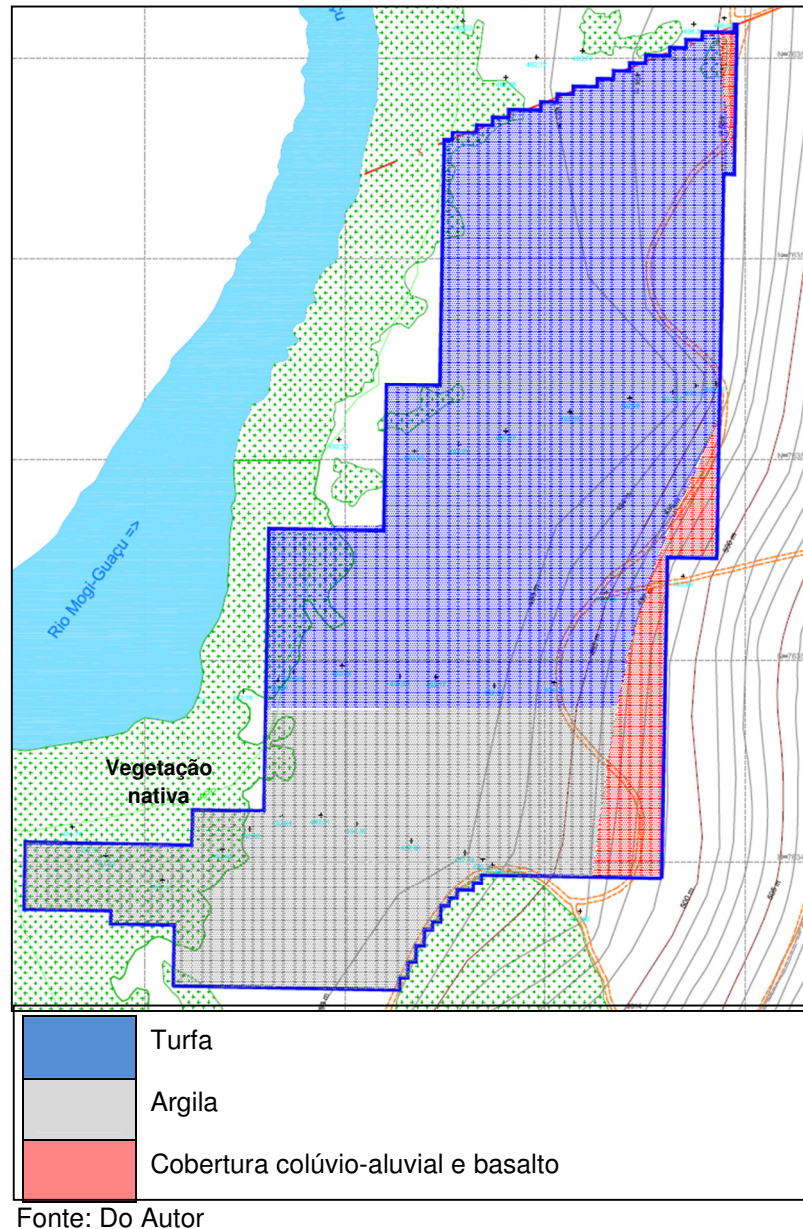
Nesse trecho do rio, e nas proximidades, o substrato da planície aluvial é constituído de magmatitos básicos da Formação Geral, podendo apresentar arenitos intertrapeanos da Formação Botucatu.

O perfil geológico do depósito aluvionar é representado por nível de cascalho basal com pelo menos 0,5 m de espessura, que grada para uma camada arenosa de granulometria grossa a fina com espessura variando de 5,5 m a 17,0 m.

Sobrepondo o horizonte arenoso, na metade sul da poligonal ocorre um bolsão de argila de porte métrico (espessura variando de 1,0 m a 7,0 m). Apenas numa pequena faixa dessa região da poligonal não ocorre a camada de areia, onde, então, a argila assenta-se diretamente sobre o leito de cascalho (furos de sondagem 51 e 52). O horizonte superior do depósito corresponde a uma delgada camada de turfa. Com uma espessura variando entre 0,3 m e 1,5 m, o leito turfoso distribui-se na porção centro-norte da poligonal, capeando indistintamente os minérios argiloso e arenoso.

A Figura 5 ilustra, de forma simplificada, o mapa geológico da área. Baseando-se na malha de sondagens executadas durante a pesquisa, as Figuras 6, 7 e 8 apresentam as áreas de ocorrência dessas substâncias minerais no âmbito da poligonal.

Figura 5 - Mapa geológico simplificado da área.



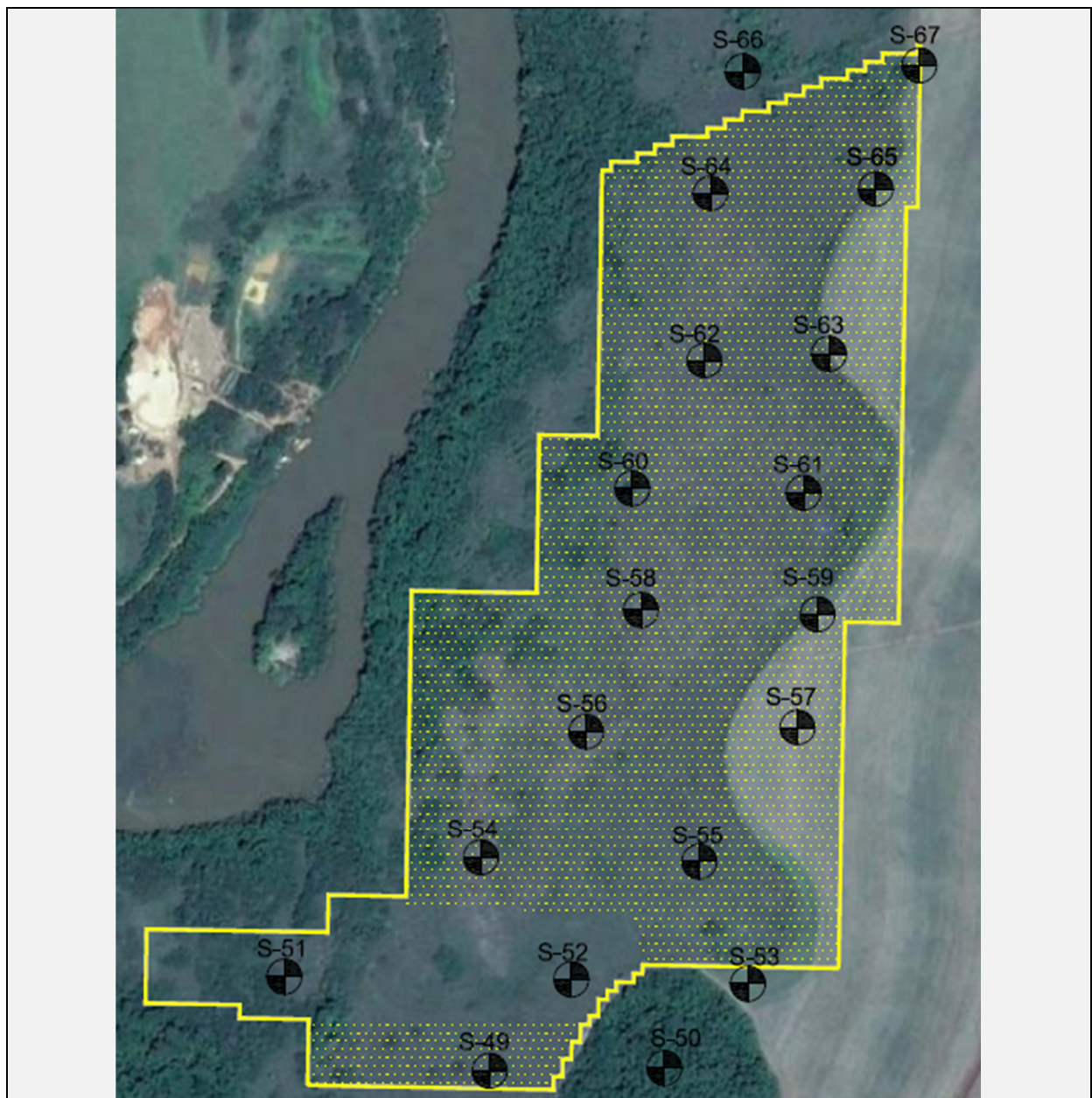
### 5.2.2 Solo local

Como visto, a poligonal recobre a faixa da planície aluvial do rio Mogi-Guaçu onde dominam solos aluviais e hidromórficos enfeixados como Gleissolos Háplicos e Melânicos. Apenas em estreita faixa a leste, na encosta já fora da

planície aluvionar, ocorre Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Escuro derivados de rocha basáltica com contribuição coluvionar.

Localmente as características melânicas e hidromórficas são mais evidentes, com variações expressivas em decorrência de coberturas turfosas ou argilosas do terreno.

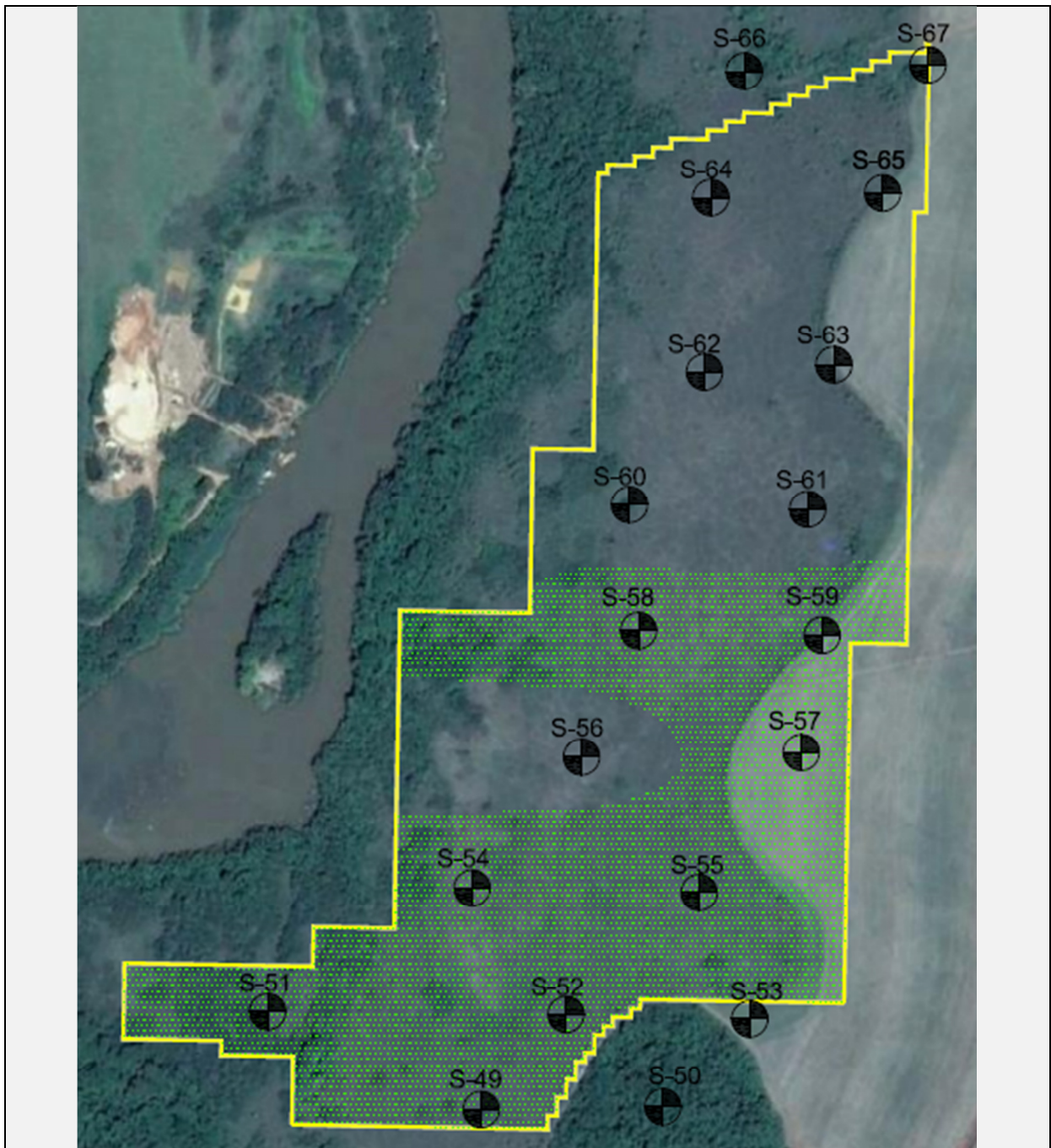
Figura 6 – Distribuição da reserva de areia



A área pontilhada da poligonal contém a reserva de areia.  
Os furos 49 e 54 a 67 atravessaram areia em subsuperfície.  
Os furos 51 e 52 são os únicos que não atravessaram areia.

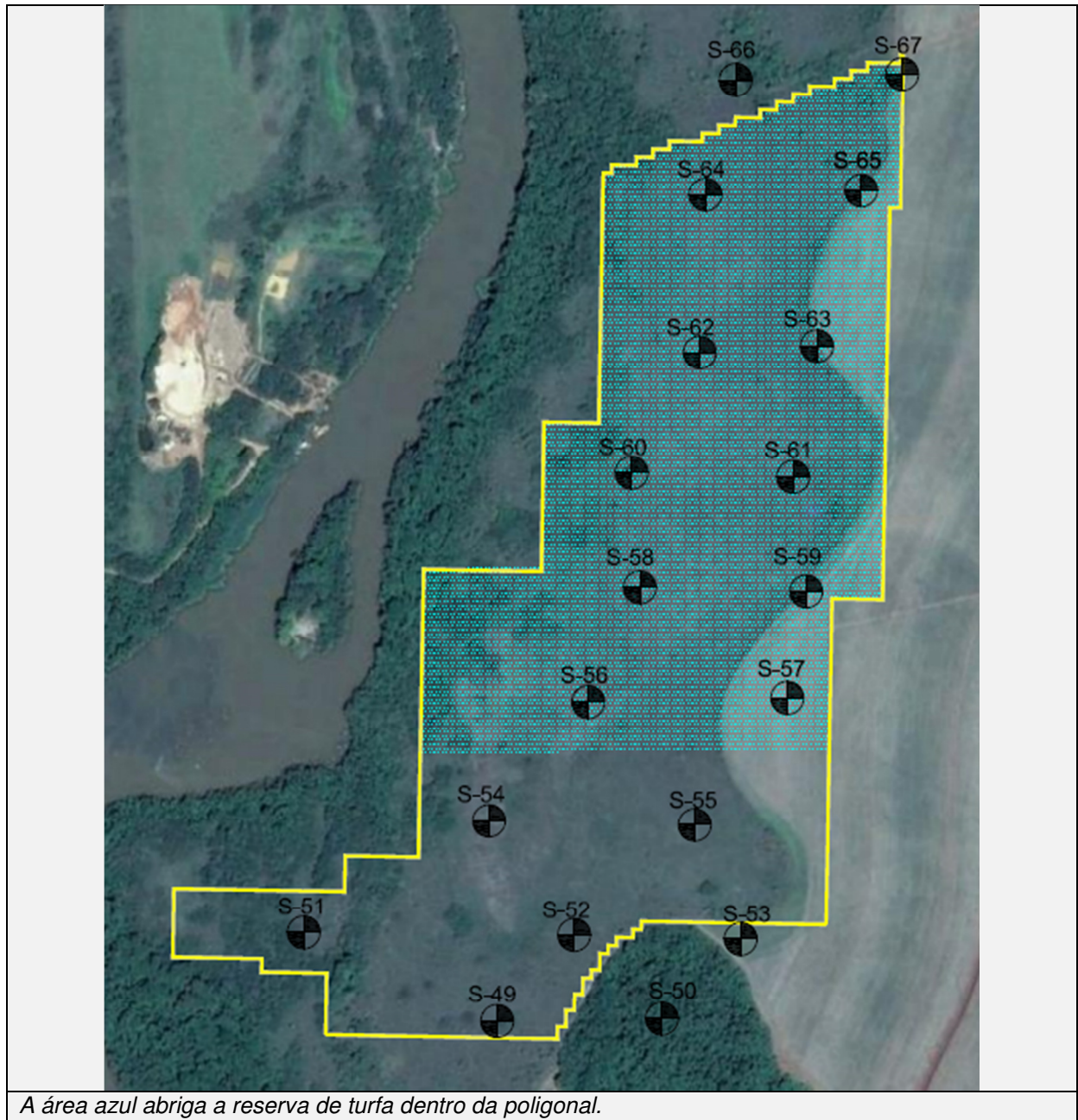
Fonte: Do Autor

Figura 7 – Distribuição da reserva de argila



A área em verde abriga a reserva de argila dentro da poligonal.  
A sondagem 56 não detectou argila, bem como as demais de 60 a 67.  
Fonte: Do Autor

Figura 8 – Distribuição da reserva de turfa



Fonte: Do Autor

## 6 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 6.1 Considerações sobre a jazida mineral

No depósito aluvionar, as substâncias **areia, argila e turfa** correspondem aos bens minerais a serem lavrados, com destinação prevista aos mercados, respectivamente, da construção civil, cerâmica vermelha e agrícola.

Os testes tecnológicos com a areia comprovam sua utilização na construção civil em argamassas e como complemento granulométrico na produção de concreto com cimento Portland. Para a argila, as determinações de suas propriedades físicas antes e depois da queima atestaram o seu uso como matéria-prima para produtos de cerâmica vermelha. A turfa mostra possibilidades mais largas de utilização, mas o principal mercado consumidor será o agrícola, com aplicação em condicionamento e recuperação de solos. No contexto de antropização intensa da região, com grande utilização de insumos das mais diversas naturezas e composições químicas, a turfa pode ser utilizada também como adsorvente de metais pesados em efluentes e solo, bem como para absorção e retenção de hidrocarbonetos.

### 6.2 Reservas minerais

As áreas de abrangência de cada tipo de minério mostradas nas Figuras 6, 7 e 8 serviram de referência para o cálculo das **reservas medidas**, que correspondem aos valores discriminados a seguir:

✓	Areia - 10.031.752 t
✓	Argila – 1.736.060 t
✓	Turfa – 150.000 t

### 6.3 Produção de minério

A produção prevista para o empreendimento é de 32.000 t/mês de areia, 10.000 t/mês de argila e 2.000 t/mês de turfa, o que corresponde a uma **produção anual de 384.000 t de areia, 120.000 t de argila e 24.000 t de turfa.**

## 7 PLANO DA ATIVIDADE EXTRATIVA

A escolha do método de lavra é uma importante decisão na fase de planejamento de um empreendimento mineral, com repercussão decisiva no estudo de viabilidade econômica. A seleção dos procedimentos operacionais de lavra e beneficiamento dos minérios é baseada em critérios técnicos, econômicos e ambientais. No entanto, as condições de segurança e higiene não podem ser relegadas a segundo plano e devem ser permanentemente monitoradas durante toda a vida útil da mina.

A condição geomórfica da jazida, em uma planície aluvial com lençol freático subaflorante, bem como as características físicas dos minérios areia, argila e turfa, como a baixa coesão e elevada umidade, favorecem a implantação de um lavra simples a céu aberto. A lavra dos minérios deverá se iniciar pela extração das camadas superficiais de turfa por escarificação e de argila por meio de escavação com escavadeira até atingir o lençol freático, no horizonte arenoso. Com a inundação da cava, a lavra da areia passará a ser efetuada por dragagem em cava submersa, com utilização da água em circuito fechado.

Apenas em uma faixa situada no sul da poligonal, na área delimitada pelos furos de sondagens 51 e 52 (Figura 6), a lavra se restringirá à extração de argila, pois neste local não há ocorrência de camadas de areia e turfa.

Em resumo, as operações envolvidas na lavra abrangerão:

- Implantação de sistema de drenagem para rebaixamento do nível freático – drenos escavados;
- Decapeamento - remoção dos solos orgânico e argilo-arenoso com emprego de “scraper” rebocado por trator sobre esteira e/ou escavadeira, e armazenamento em leiras nas circunvizinhanças da cava;
- Colheita seletiva da turfa por “scraper” rebocado por trator sobre esteira, transportada para pátio nas circunvizinhanças da cava, para secagem, homogeneização e armazenamento;
- Lavra da argila com emprego de escavadeira sobre esteira, depositada contígua à faixa de extração para expedição direta, *in natura*;
- Extração da areia em cava submersa por dragagem. Se necessário, a extração se inicia com escavadeira para aprofundamento da cava inicial e

instalação da draga. Por sistema de bombeamento hidráulico, a polpa é recalçada para unidade de beneficiamento localizada à margem da cava;

- O beneficiamento da areia deve seguir a seguinte rota tecnológica: passagem da polpa por uma peneira estática que terá a função principal de reter partículas de granulometria acima de 4,8 mm. A polpa passante neste primeiro estágio de beneficiamento segue por calha para um segundo estágio de peneiramento, de onde poderão ser classificados pelo menos dois tipos de areia graduada, as quais serão conduzidas para pilhas desaguadoras. O deságue das pilhas seguirá, no primeiro momento da lavra, para tanques escavados e na sequência, diretamente para as cavas exauridas, que serão total ou parcialmente assoreadas pelos materiais estéreis, de rejeito;
- Armazenagem da areia e turfa em pilhas para expedição em caminhões de terceiros, com emprego de pá-carregadeira;
- Reafeiçoamento mecânico de bordas das áreas escavadas; aterramento parcial de cavas com estéreis e solos estocados, e demais cuidados ambientais de recuperação da área degradada.

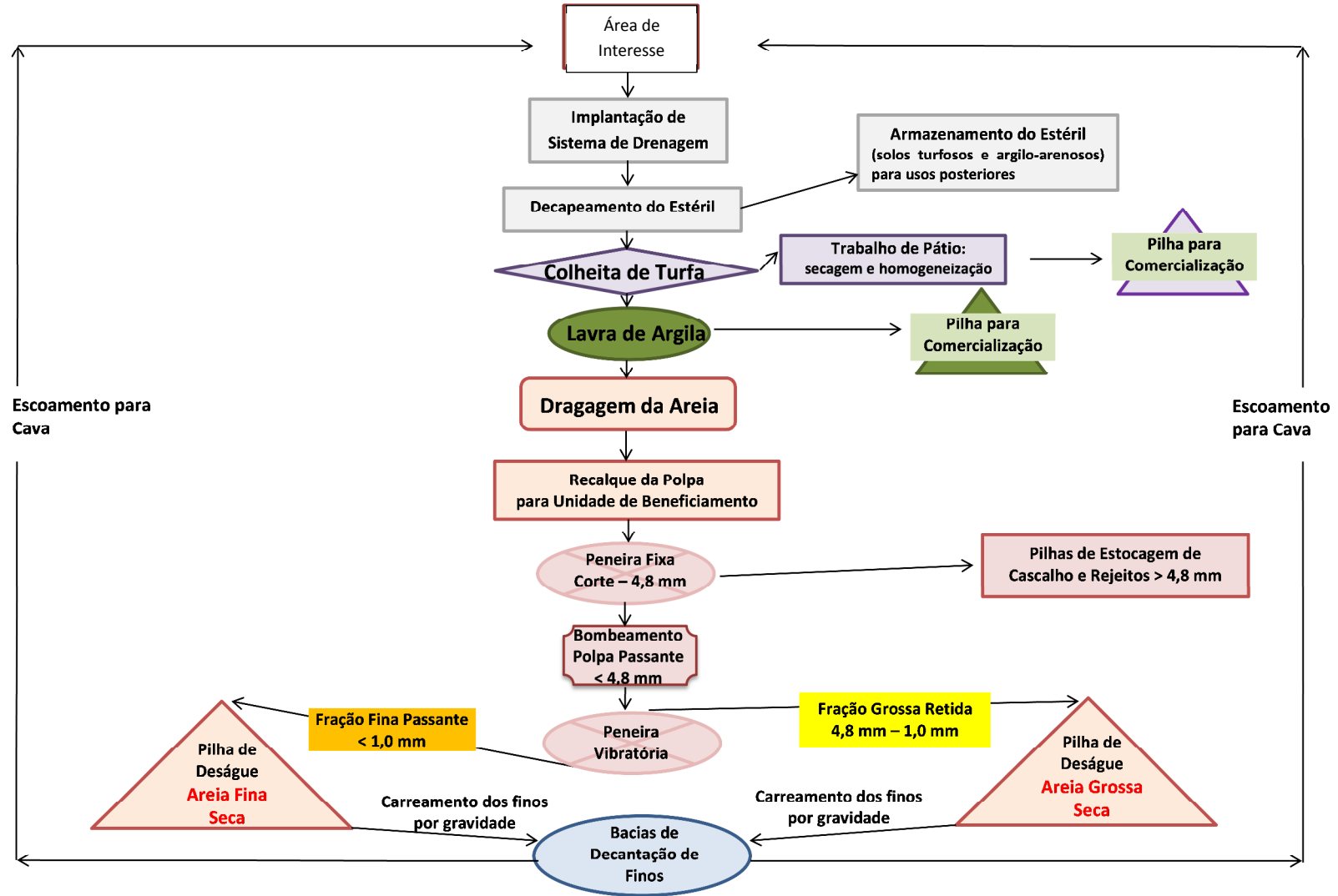
A Figura 9 mostra o fluxograma simplificado de extração e beneficiamento de areia, argila e turfa. Trata-se de uma visão ilustrativa das operações previstas na mina, sendo que, em função dos tipos de minérios associados em cada porção da jazida, deverá ser adotado o sequenciamento completo ou parte dessas operações de lavra.

Na sequência são apresentadas com mais detalhes as operações envolvidas na lavra.

### **7.1 Métodos e operações de lavra e beneficiamento**

As operações de lavra em planície aluvial exigem preparo prévio da área da jazida, que será ensecada por meio de um sistema de drenos para rebaixamento do lençol freático. Este procedimento induzirá a diminuição da umidade das camadas superficiais de turfa e argila, possibilitando o ingresso de máquinas para a sua extração e transporte até a área de armazenamento.

Figura 9 – Fluxograma do processo de extração e beneficiamento de areia, argila e turfa



Fonte: Do Autor

A área já dispõe de um sistema de drenagem implantado há tempos para uso agrícola da planície, o que deverá facilitar o rebaixamento do freático para a extração das camadas superficiais de turfa e argila.

Como a área da jazida configura uma superfície topográfica relativamente aplainada e com suave caimento em direção ao leito do rio Mogi-Guaçu, a drenagem projetada será construída a partir de um sistema de drenos paralelos e o mais ortogonais possível à margem da planície aluvial, conforme pode ser visualizado no APÊNDICE A, que corresponde à *Planta de situação atual da área e estruturas de lavra projetadas*.

O projeto de drenagem considera, basicamente:

- I. Dois drenos principais que cortarão transversalmente a poligonal, aproximadamente na direção leste-oeste, e serão responsáveis pela condução da água coletada para fora da planície, transpondo o dique marginal, com descarga efetuada no leito do rio Mogi Guaçu;
- II. Um conjunto de dez drenos paralelos, espaçados de 100 m entre si, transversais a poligonal;
- III. Três drenos interceptadores-coletores:
  - Um na margem externa da planície aluvial, que cortará os fluxos externos provenientes da encosta, superficial e de subsuperfície;
  - Um segundo dreno subparalelo ao curso do rio Mogi-Guaçu, acompanhando a mata ciliar, para interceptar os fluxos hídricos oriundos do leito fluvial, se for o caso; e
  - Um terceiro dreno em posição central, diagonal aos drenos paralelos, segmentando a área em duas porções (leste e oeste), que funcionará como coletor das águas provenientes do conjunto de drenos paralelos, conduzindo as águas até os drenos principais; e
- IV. Em situações do depósito mineral com maior dificuldade para rebaixamento do nível freático poderá ser implantado sistema de drenos auxiliares, em formato de espinha de peixe, a partir do conjunto de drenos paralelos.

Os drenos serão construídos por meio de valas abertas para permitir o escoamento de águas pela superfície, paredes e fundo. Nos dois drenos principais é prevista instalação de sistema de comportas próximo ao rio para impedir eventual fluxo de retorno de água nos períodos de cheia.

Ao longo dos drenos principais será mantida faixa de sedimentos com cerca de 8 m de largura, constituindo leito carroçável para apoio às operações.

O sistema de drenagem poderá ser apoiado por bombas hidráulicas em períodos de maior pluviosidade e durante as operações de lavra de turfa e argila.

Para o ingresso de máquinas, espera-se que a umidade da camada superficial de turfa diminua dos atuais 70% (valor médio) para a faixa de 40%, que são valores que devem suportar o ingresso de máquinas para o início das operações de lavra. A perda de massa líquida resulta em compactação e encolhimento da turfeira, estabilizando o depósito e possibilitando a entrada de máquinas sobre esteiras.

O plano de lavra prevê o avanço em módulos delimitados pelos drenos paralelos, correspondendo a tiras com 100 m de largura e comprimento variando de cerca de 150 m a 300 m, conforme a largura do depósito dentro da poligonal. A profundidade média das cavas será de 15 m, com exceção do Módulo 12, que contém apenas reserva de argila, onde a lavra se limitará a cerca de 2,5 m de profundidade.

O APÊNDICE A apresenta a planta de configuração dos módulos de lavra, cuja numeração indica o sequenciamento preliminar previsto para o avanço da extração.

As operações de lavra de turfa e argila deverão estar restritas ao período de estiagem, que pode se estender entre os meses de abril-maio a outubro-novembro, por um período de 6 a 7 meses do ano.

Com uma cobertura de vegetação rasteira e gramíneas, as camadas superficiais de turfa e argila são praticamente aflorantes, com o capeamento estéril de solos argiloso-orgânicos, quando presente, variando de 10 a 20 cm de espessura. Na borda da jazida, junto à encosta, pode ocorrer uma faixa estreita onde as camadas superficiais de minério são contaminadas com material areno-argiloso proveniente de fluxos coluviais que adentram a planície.

Dessa forma, o início das operações dentro de um módulo será no período de estiagem, a partir do decapeamento do horizonte superficial de solo. Este procedimento servirá para a remoção de materiais contaminantes, como solos areno-argilosos na faixa marginal da jazida, raízes e restos vegetais no seu interior.

Nas áreas de afloramento da turfa, a remoção desse capeamento deverá ser feito por meio de um *scraper* rebocado. Trata-se de uma unidade escavo-transportadora composta por uma caçamba montada sobre dois eixos com pneumáticos para acionamento da lâmina, tracionado por trator sobre esteira. Essa unidade será capaz de promover as operações de escavação, carregamento e transporte dos materiais estéreis para a área de estocagem fora da jazida. Nas áreas de afloramento da argila a decapagem poderá ser realizada tanto pelo *scraper* tracionado quanto por uma retroescavadeira.

Os materiais oriundos da decapagem da jazida serão armazenados e utilizados posteriormente para o recobrimento final de alguns dos módulos minerados e demais áreas cujos solos deverão ser recuperados.

Sucedendo o decapeamento, a lavra da turfa, ou colheita no jargão técnico, será feita pela mesma unidade escavo-transportadora, com operações sucessivas de raspagem, carregamento e transporte para o pátio de armazenamento. Nesse local, para facilitar a perda de umidade e homogeneização do minério, a turfa passará por secagem natural, com operações de tombamento feitas por pá-carregadeira. A turfa seca para comercialização - umidade entre 10 % e 20 % - deverá ser armazenada sob cobertura lonada ou expedida de imediato.

Nas áreas onde a turfa se sobrepõe diretamente à areia, sua colheita exporá o leito basal arenoso a uma profundidade média de 1,0 m. O lençol freático no contexto da planície aluvial é sempre raso, situação que deve propiciar a inundação progressiva da cava à medida que se avança na colheita da turfa. Uma vez completada a extração da turfa tem-se as condições para início da lavra da areia, cuja extração será executada por meio de dragagem em cava submersa.

Sequenciamento similar de operações deverá ser implantado na porção sul da jazida, onde a argila constitui o minério superficial. Nesse caso, as operações de lavra se iniciam com a extração da argila com emprego de escavadeira sobre esteira. Atingindo-se o topo do lençol arenoso, a extração avança por meio de dragagem.

No caso da porção central da jazida, onde ocorrem camadas dos três minérios, após a colheita da turfa com *scraper* sucede-se a extração da argila por meio de escavadeira até o nível de afloramento do leito arenoso, a seguir minerado por dragagem em cava submersa.

O plano de lavra prevê a extração da camada de argila até a profundidade de 2,5 m, haja vista a dificuldade operacional para sua retirada por escavação mecânica a partir do lençol freático. A argila será lavrada em tiras contínuas e depositada de forma contígua à faixa de extração, para expedição imediata, *in natura*. O seu carregamento será feito diretamente em caminhões de consumidores, com emprego de pá-carregadeira frontal de médio porte. Acessos temporários dentro da jazida são mantidos para propiciar o escoamento da argila.

O sequenciamento do avanço nos módulos é projetado de modo que enquanto a areia é extraída num módulo, uma próxima cava estará sendo preparada por decapagem do horizonte superficial e colheita da camada de turfa e/ou argila.

O avanço da lavra deverá deixar uma parede de contenção nas bordas dos módulos. Esses “diques” efêmeros entre os módulos, de cerca de 5 m de largura, têm o intuito de possibilitar o isolamento temporário das cavas, permitindo: (i) melhor controle do nível freático; (ii) funcionamento das cavas como tanques de recepção e decantação das águas de retorno das pilhas de areia; (iii) trânsito de máquinas para operações de apoio e manutenção periódica de drenos; e (iv) favorecer a recuperação da área em decorrência da colmatação pelos finos e estéreis de parte das cavas.

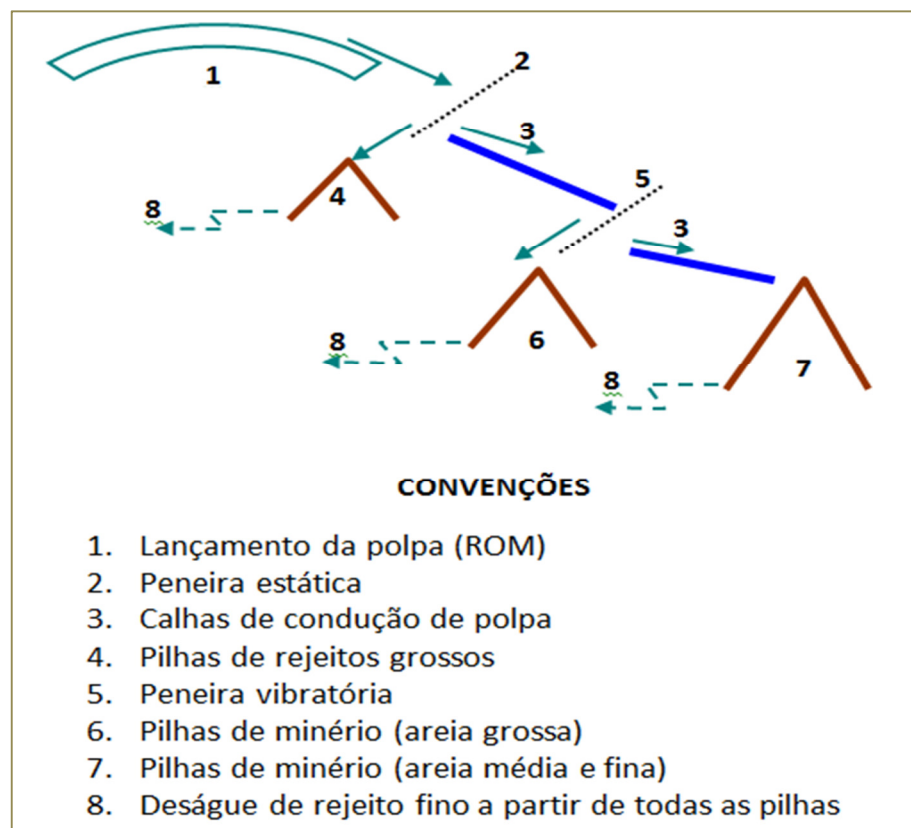
Para a instalação da draga e o início da extração da areia na primeira tira pode ser necessária a escavação mecânica de uma pequena bacia pioneira. Essa bacia, além de permitir o começo da operação de dragagem, servirá também para receber o desague do beneficiamento da areia. Para as cavas subsequentes o avanço da dragagem será facilitado pela segmentação localizada dos diques e acesso sucessivo aos novos módulos.

Para a dragagem serão utilizados equipamentos convencionais para esse tipo de operação, consistindo, basicamente, na montagem de um sistema de bombeamento sobre uma barçaça móvel, autopropulsora. Este sistema contará com bomba hidráulica para a sucção do leito arenoso aluvionar e o recalque da polpa para a unidade de beneficiamento localizada na margem da cava. A condução da polpa se faz por meio de tubulação sustentada por tambores flutuantes.

As operações de beneficiamento têm por objetivo tornar o bem mineral adequado para utilização como agregado na construção civil, com a seleção do material na faixa granulométrica  $< 4,8 \text{ mm}$  a  $> 0,075 \text{ mm}$ .

A rota de beneficiamento inicialmente prevista é tecnologicamente simples e relativamente de baixo custo, envolvendo, basicamente, dois estágios de peneiramento. A Figura 10 ilustra esquematicamente a sequência de operações e os equipamentos utilizados na rota de beneficiamento concebido para o empreendimento.

Figura 10 – Unidade de beneficiamento de areia



Fonte: Do Autor

O primeiro estágio será efetuado pela passagem da polpa por uma peneira estática que terá a função principal de reter partículas de granulometria acima de  $4,8 \text{ mm}$ . O material retido na peneira, composto predominantemente por cascalho e fragmentos vegetais, será encaminhado para pilhas de estocagem de cascalho e rejeito.

O material passante nesse primeiro ciclo de peneiramento (polpa arenosa com 20% a 30% de sólidos) segue em calha para o segundo estágio de

peneiramento, que deverá ser feito por peneira vibratória. Inicialmente, prevê-se a separação da areia em dois produtos para comercialização: (i) areia grossa - material retido > 1,0 mm; e (ii) areia fina e média - material passante < 1,0 mm.

As duas polpas (grossa e fina) seguem para pilhas desaguadoras individuais que serão confinadas por canaletas escavadas e diques dispostos em círculos com cerca de 25 m de raio. Os diques serão construídos com os materiais estéreis de decapeamento e depois com rejeitos de materiais grossos (cascalho), ou a própria areia.

O material fino e a água do beneficiamento são direcionados para as estruturas de clarificação e reuso da água. Para a primeira tira de extração haverá a necessidade da construção de pequenas bacias para clarificação por decantação da fração fina proveniente do deságue das pilhas de areia - principalmente silte e argila. Nestes casos, o deságue das pilhas verterá por gravidade em canaletas abertas no terreno e se acumulará nas bacias de decantação. Com o avanço da lavra, a sequência de cavas abertas receberá diretamente o deságue, funcionando como bacias de decantação de finos e clarificação da água.

Sistema similar de canaletas também será providenciado para coleta das águas pluviais na área de beneficiamento e pátios, com adução para as mesmas bacias de decantação utilizadas para a clarificação das águas provenientes das pilhas de areia.

As areias armazenadas nas pilhas, depois de seca, estarão prontas para a expedição. Como no caso da argila, o carregamento será efetuado por meio de pá-carregadeira frontal sobre rodas, de médio porte, em caminhões dos consumidores.

Apesar da relativa simplicidade da rota tecnológica adotada, a alta qualificação do sedimento arenoso, com baixa porcentagem de finos (fração menor que 200 Mesh inferior a 10%), facilitará sobremaneira o processo de beneficiamento, o que deverá propiciar uma elevada recuperação do minério.

Para a unidade de beneficiamento projetada é prevista a possibilidade de deslocamento, acompanhando paulatinamente o avanço da lavra.

## 7.2 Disposição do solo orgânico e estéril

Em função das características da jazida e dos seus minérios, a geração de rejeitos será pouco significativa.

Os materiais finos - silto-argilosos - provenientes da lavagem da areia ficarão depositados nas bacias de decantação pioneiras e depois nas cavas exauridas, servindo para o assoreamento e reafeiçoamento de parte das tiras mineradas.

Os solos orgânicos e argilo-arenosos oriundos da decapagem da jazida serão dispostos em local específico, constituindo depósitos efêmeros, pois o material será usado para preenchimento final de parte das cavas colmatadas pelos rejeitos e na reconstituição de pequenas parcelas da Área de Preservação Permanente junto ao rio Mogi Guaçu que será afetada pelo empreendimento.

O material grosso gerado no beneficiamento da areia terá uso diverso, como na limitação das pilhas de estocagem de areia, na perenização e recuperação de pátios e de trechos de vias de acesso à mina.

## 7.3 Máquinas e equipamentos

Os equipamentos a serem utilizados estão descritos na Tabela 3.

Manutenção e reparos imediatos de máquinas e equipamentos serão executados no próprio local, que disporá de oficina e rampas para lavagem e manutenção. Caso haja necessidade de reparos mais complexos, tem-se apoio nas cidades próximas.

## 7.4 Infraestrutura

A capacidade de extração projetada determina um empreendimento de pequeno porte, com poucos funcionários. Para dar apoio a operações da mina serão edificados escritório para atividades administrativas, vestiário com banheiros, refeitório e área de descanso acoplada, almoxarifado e estrutura de abastecimento e manutenção. Esta estrutura contará com oficina e rampa para lubrificação, lavagem e reparos rápidos de equipamentos, com pisos cimentados e coleta de água com derivação para caixas separadoras de água e lubrificantes.

Tabela 3 - Descrição dos equipamentos utilizados na mina.

Quantidade	Descrição	Capacidade
2	Pá carregadeira	2,8 m <sup>3</sup>
1	Retroescavadeira	2,8 m <sup>3</sup>
1	Trator agrícola sobre esteira e scraper	5,0 m <sup>3</sup>
1	Caminhão basculante	10 m <sup>3</sup>
1	Draga com bomba de sucção	100 m <sup>3</sup> /h
2	Bomba (recalque de polpa)	100 m <sup>3</sup> /h
1	Bomba (auxiliar drenagem)	100m <sup>3</sup> /h
1.000m	Mangueiras e tubulações diversas	
700m	Tubulação metálica	8 in
1	Peneira estacionária	100 m <sup>3</sup> /h
1	Peneira vibratória	100 m <sup>3</sup> /h
1	Balança	-
1	Tanque (pulmão)	30 m <sup>3</sup> /h
1	Tanque (pulmão)	5 m <sup>3</sup> /h

Fonte: Do Autor

O armazenamento de combustível será feito em tanque metálico aéreo com capacidade de 10.000 litros. Este será posicionado no interior de caixa de alvenaria impermeável para proteção contra vazamentos, com capacidade compatível.

Essas instalações estão indicadas na planta do APÊNDICE A e podem sofrer alterações em termos de local de instalação e porte.

A captação d'água para uso será por poço perfurado no local. Efluentes sanitários serão coletados em fossas sépticas. A água para consumo humano será adquirida no comércio, em galões.

A energia elétrica utilizada para as edificações e equipamentos será proveniente da rede elétrica pública, já existente no local.

## 7.5 Recursos humanos

O funcionamento do empreendimento é projetado para turno único de 8 horas, com jornada de trabalho de 44 horas semanais, no período de 8:00 h às 17:00 h de segunda-feira a sexta-feira, considerando uma hora de almoço, e aos sábados das 8:00 h às 12:00 h.

A equipe de funcionários e salários mensais estipulados para o mês de março de 2016 estão discriminados no Tabela 4.

Tabela 4 – Mão-de-obra

Quantidade	Descrição
1	Encarregado Geral
1	Encarregado Administrativo
1	Operador Beneficiamento
1	Operador de Escavadeira / Trato-scrapers
2	Operadores de Pá Carregadeira
1	Operador de Draga
1	Motorista de caminhão
2	Trabalhadores para serviços gerais
1	Engenheiro de Minas <sup>(*)</sup>
<b>Total Mensal</b>	
<i>(*) Em conformidade com o Art. 47, item VI do Código de Mineração, a empresa contratará um engenheiro de minas em regime de visitas semanais, o qual será o Responsável Técnico pela condução dos trabalhos de lavra.</i>	

Fonte: Do Autor

## 7.6 Produção e vida útil da jazida

Como já mencionado, as **reservas medidas** da jazida correspondem a **10.031.752 t de areia, 1.736.060 t de argila e 150.000 t de turfa** (base seca).

Para a quantificação de reservas lavráveis, e que servirão de referência para o dimensionamento da vida útil da jazida, têm que ser consideradas as perdas inerentes aos seguintes condicionantes técnico-legais: **(i)** áreas da jazida com restrição ambiental – domínio de APP e núcleos de vegetação nativa em estágio médio ou maior de regeneração; **(ii)** faixa marginal de inserção da planície na encosta, onde dominam sedimentos coluviais e materiais de assoreamento provenientes do manejo de plantio de cana-de-açúcar na encosta<sup>1</sup>; e **(iii)** método de lavra, que direcionará a conformação das cavas (largura, profundidade, inclinação de talude submerso).

<sup>1</sup> Parte desta área marginal da jazida deverá ser utilizada para implantação das estruturas de acesso, beneficiamento, pátios de manobra e estocagem de minério.

A Tabela 5 sintetiza as reservas lavráveis e a vida útil da jazida.

Tabela 5 – Reservas lavráveis de areia, argila e turfa e vida útil da jazida.

	<b>Areia</b>	<b>Argila</b>	<b>Turfa</b>
<b>Reserva medidas</b>	10.031.752 t	1.736.060 t	150.000 t
<b>Taxa de Recuperação da Lavra *</b>	69 %	29 %	73 %
<b>Reserva Lavrável *</b>	<b>6.879.229 t</b>	<b>505.305 t</b>	<b>109.500 t</b>
<b>Escala de Produção/Ano</b>	384.000 t	120.000 t	24.000 t
<b>Vida Útil / Exaustão das Reservas</b>	17,9 anos	4,2 anos	4,6 anos
* Reserva Lavrável/ Reserva Medida	Perdas relativas à delimitação e conformação das cavas: áreas de encosta, com restrição ambiental, e de taludes marginais remanescentes.	Perdas relativas à delimitação e conformação das cavas: áreas de encosta, com restrição ambiental, e de paredes intermodulares.	Perdas relativas à delimitação e conformação das cavas: áreas de encosta, com restrição ambiental, de paredes intermodulares, e com capeamento e assoalho da turfeira.

Fonte: Do Autor

O projeto de lavra contempla um avanço de cavas em tiras por módulo, sendo que entre cada módulo deverá ser resguardada uma parede com cerca de 5 m de largura. Como os módulos terão largura de 100 m, as paredes intermodulares e a faixa central de acesso representarão uma perda da ordem de 5 % das reservas dos minérios que capeiam a camada de areia (turfa e argila).

No cálculo da reserva lavrável de turfa, além de perdas de reservas relativas às áreas com restrição ambiental **(i)**, e da faixa marginal da planície aluvionar **(ii)**, são ainda subtraídas perdas relativas ao decapeamento da jazida e ao material deixado no assoalho, junto com a camada subjacente de areia e/ou argila, que, em decorrência da pequena espessura da camada de turfa, deve representar uma diminuição de reserva da ordem de 15 %. Portanto, estima-se que a perda total da reserva de turfa deverá se situar em torno de 27%, o que equivale a uma recuperação de 73% da reserva medida.

Para a reserva lavrável de argila computou-se, além das perdas associadas às duas primeiras restrições **(i e ii)**, um abatimento associado à operação de escavação mecânica, que, como visto, deverá alcançar no máximo a profundidade de 2,5 m. Adicionalmente tem-se os diques remanescentes intermodulares, que serão removidos somente durante a dragagem da areia. As

perdas deverão ser significativas, totalizando 71%, o que representa uma recuperação de 29 % da reserva medida de argila.

Quanto à areia, além de pequenas perdas por fatores comuns as demais substâncias (i e ii), a diminuição das reservas será decorrente, sobretudo, da geometria da cava, pois em suas bordas deverão ser preservados taludes submersos com inclinação de 30°, o que implicará uma perda de 31% em relação à reserva medida.

Adicionalmente, para as reservas de areia haverá uma perda de massa no processo de beneficiamento em decorrência da deslamagem (fração silte e argila) e carreamento de partículas finas (areia muito fina). Em função da qualidade do minério, com baixa porcentagem de finos, prevê-se uma recuperação de 85% no seu beneficiamento. Portanto, a reserva lavrável de areia (6.879.229 t) sofrerá ainda um decréscimo de 15%, traduzindo-se em **5.847.345 t de reserva recuperável**, valor utilizado no cálculo da receita bruta e da quota de exaustão do empreendimento.

Como definido no item 6.3, considerando a escala de produção projetada de 384.000 t/ano de areia, 120.000 t/ano de argila e 24.000 t/ano de turfa, a vida útil da jazida deve se estender por cerca de 18 anos, com a exaustão das reservas ocorrendo de forma paulatina: 4,2 anos da argila, 4,6 anos da turfa e 17,9 anos da areia.

## 7.7 Uso Futuro da área

O APÊNDICE B traz a *Planta de configuração final da área minerada*, que contempla, basicamente, o assoreamento de parte de módulos no perímetro externo da planície e a formação de lagos nos demais, possibilitando um uso múltiplo para a área minerada. O APÊNDICE C mostra os *Perfis topográficos das situações atual e final da área, ou seja*, dos módulos antes e depois da lavra.

A Tabela 6 apresenta um balanço de massa entre volume de areia a ser minerado **4.299.518 m<sup>3</sup>** (6.879.229 t), o rejeito gerado, da ordem de 15% - **644.928 m<sup>3</sup>** - e capacidade volumétrica dos três primeiros módulos que deverão receber prioritariamente a descarga de finos do beneficiamento - **687.360 m<sup>3</sup>**.

Tabela 6 – Demonstrativo de balanço de massa: volume de rejeito gerado e cavas aterradas

<b>Volume Total de Areia Lavrada</b>		<b>4.299.518 m<sup>3</sup> (6.879.229 t)</b>	
<b>Rejeito Total</b>		<b>644.928 m<sup>3</sup></b>	
		<b>Volume Assoreado</b>	
<b>Módulo 1</b>	Capacidade Volumétrica	204.485 m <sup>3</sup>	100%
	Rejeito Remanescente	440.442 m <sup>3</sup>	
<b>Módulo 2</b>	Capacidade Volumétrica	254.683 m <sup>3</sup>	100%
	Rejeito Remanescente	185.759 m <sup>3</sup>	
<b>Módulo 3</b>	Capacidade Volumétrica	228.192 m <sup>3</sup>	81%
	Rejeito Remanescente	0 m <sup>3</sup>	

*Obs. Considerado espessura média da camada de areia (14,8 m), profundidade constante das cavas de 15 m, taludes marginais com ângulo de 30°.*

Fonte: Do Autor

Estão previstos 20 módulos de lavra conformados em tiras. Os rejeitos gerados no beneficiamento da areia correspondem, basicamente, a 15% do material minerado. Esses finos, que retornarão paulatinamente à área minerada, serão suficientes para colmatar totalmente os módulos 1 e 2 e cerca de 80% do Módulo 3. A porção aterrada abrangerá uma área equivalente a 3,5 ha.

A recuperação dos módulos aterrados será completada pelo espalhamento superficial de solo orgânico oriundo do decapeamento do depósito. Dessa forma, a parcela das cavas colmatada comportará ocupações diversas, quer seja por meio da expansão da área agrícola atual (cana-de-açúcar) ou pela introdução de silvicultura ou mesmo de outras culturas temporárias.

Os dois lagos remanescentes constituirão uma área de 38,8ha e poderão ser utilizados para suprir demandas das atividades rurais ou mesmo para lazer. Outra importante função complementar dessas bacias lacustres é possibilitar a agregação local de um novo ecossistema que permitirá, sobretudo, a fixação de aves aquáticas silvestres. Está prevista a suavização da topografia da borda desses lagos para a estabilização de sua margem e evitar eventuais acidentes.

Embora o impacto visual tenha caráter subjetivo, a depender da evolução da lavra cogita-se a possibilidade da implantação de uma cortina vegetal na margem externa do depósito aluvionar, junto à encosta.

A APP junto ao rio Mogi Guaçu, na borda oeste da jazida, deverá ser reflorestada com espécies nativas, imposição da legislação ambiental incidente sobre a propriedade.

Todos os equipamentos utilizados na lavra serão removidos ao final da atividade. Edificações na encosta poderão ser conservadas, se de uso para as atividades da propriedade rural. Pátios e acessos internos terão o solo escarificado e a fertilidade recuperada para o retorno da ocupação agrícola.

## **7.8 Cronograma de Atividades**

O Quadro 1 apresenta o cronograma de atividades do empreendimento mineiro. A programação do desenvolvimento da mina considera as atividades a partir do início das operações na jazida até o final da sua exploração.

Para o conjunto de atividades, o cronograma ilustra uma simples indicação de procedimentos que avança ininterruptamente ou sempre que necessário. As primeiras atividades envolvem medidas de preparação da área para a implantação da lavra, como obras de infraestrutura, sistema drenagem e instalação de equipamentos de beneficiamento e apoio. No decorrer dos anos intermediários tem-se basicamente a lavra e a implantação das medidas de recuperação e manutenção da área. O período *n* abrange datas posteriores à exaustão da jazida, com atividades de recuperação ambiental da área minerada e monitoramento das medidas adotadas.

Quadro 1 – Cronograma de atividades.

ATIVIDADES	ANOS									
	1/2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16	17/18	n
Implantação e manutenção de infraestrutura – acessos e pátios	xxxxxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	
Sistema de drenagem superficial: implantação e manutenção	xxxxxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
Operações de lavra, beneficiamento, carregamento e expedição	xxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	
Conformação das áreas lavradas	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x
Reposição vegetal nativa*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desmobilização e recuperação final									xx	x
Monitoramento	xxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xx

*O cronograma pode ser redefinido no procedimento de licenciamento ambiental.*

Fonte: Do Autor

## 8 PLANO DE CONTROLE DE IMPACTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO – PCIAM

O conjunto de medidas para adequar ambientalmente a área durante e após a lavra é apresentado detalhadamente aos órgãos ambientais quando da solicitação de licenças de instalação e operação. Os pedidos de licença são instruídos com instrumentos e roteiros determinados pelas legislações em vigor. Nos documentos técnicos de instrução são apresentadas as características do meio físico e biótico, os impactos previstos com a atividade projetada e as medidas de prevenção e mitigação dos mesmos, bem como as medidas de recuperação da área degradada. A proposição de medidas ambientais compensatórias e de uso futuro da área em equilíbrio dinâmico com o meio circundante é obrigação legal.

As medidas de prevenção, mitigação e recuperação são implementadas concomitantemente à lavra. Ou seja, ao final do empreendimento a área estará preparada para sua destinação futura.

Para permitir uma visualização dos impactos esperados e das medidas mitigadoras a serem implantadas, apresenta-se uma síntese do plano de controle ambiental do empreendimento.

### 8.1 Operação de máquinas e equipamentos

**Impacto** – Máquinas, equipamentos e veículos com motores de combustão interna são as fontes de **ruídos** e **gases** do empreendimento.

A formação de **poeira** decorre do tráfego em pátios e acessos internos à área de lavra. O transporte de minério para fora do empreendimento também origina poeira, pois estrada plana de chão batido e cascalhada, em bom estado de conservação.

**Medidas mitigadoras** – A atividade ao ar livre em meio rural permite boa dissipação de ruídos, gases e poeira.

A localização da lavra, distante de qualquer ocupação populacional e em área rebaixada de planície aluvial, constitui outro fator mitigador para os ruídos, minimizando propagação e eventuais incômodos. Manutenção e regulação periódica das máquinas e equipamentos, principalmente dos sistemas de combustão e exaustão, completam as medidas mitigadoras quanto a ruídos e gases.

Para evitar a formação de poeira, principalmente nos períodos de estiagem mais prolongada, é promovida umectação de pátios e vias de acesso. Na estrada de expedição do minério prevê-se, adicionalmente, implantação de lombadas para controle de velocidade.

## 8.2 Escoamento das águas pluviais

**Impacto** – O escoamento pluvial, principalmente durante eventos torrenciais, pode propiciar o aparecimento de processos erosivos na encosta, nas áreas de beneficiamento e em acessos internos e pátios. O tráfego de máquinas sobre o solo provoca a cominuição e conseqüente formação de grande quantidade de particulado fino e solto, que pode ser carregado pelo escoamento pluvial, adentrando a planície aluvial.

**Medidas mitigadoras** – A prevenção se baseia no controle do escoamento superficial, que constará de um sistema de drenagem concebido para direcionamento do fluxo total para as cavas exauridas e, no início, para bacias de decantação provisórias. Ao longo de vias de acesso são implantadas pequenas bacias laterais de contenção, espaçadas adequadamente para não minimizar escoamento e erosão no greide, protegendo-o da ação abrasiva de enxurradas mais vigorosas. As bacias recebem, retêm e infiltram a água e, se extravasadas, quebram a energia hidráulica do escoamento.

Taludes marginais de cavas que originam lagos recebem cobertura de gramíneas e as cavas aterradas recebem culturas, proteção suficiente para controle da erosão.

## 8.3 Alteração do perfil pedogenético

**Impactos** – Perdas de solo agrícola por remoção nas cavas e por compactação nas áreas externas de acessos e pátios pelo tráfego de maquinário e veículos pesados.

**Medidas mitigadoras** - Na área de encosta, onde serão instaladas unidades de beneficiamento e apoio às operações da mina, deve ser lembrado que a compactação já existe devido a mecanização da lavoura de cana-de-açúcar. Ao término da lavra essas áreas podem ser escarificadas e terem sua fertilidade recuperada, inclusive com solos e turfa provenientes da área de extração. O mesmo

procedimento será adotado para a recuperação das cavas aterradas, que também serão recobertas por camada de solos orgânicos.

#### 8.4 Contaminação das águas

**Impactos** – Poluição por compostos químicos (como graxas e óleos), esgoto e lixo são os impactos mais característicos nas águas superficiais e subsuperficiais.

**Medidas mitigadoras** – A manutenção preventiva e os cuidados com o abastecimento de máquinas podem eliminar a possibilidade de vazamentos de produtos químicos de máquinas e demais equipamentos de lavra, beneficiamento e transporte do minério.

O sequenciamento da lavra em módulos e o circuito fechado do uso de água possibilitam mitigar e evitar a propagação de qualquer acidente.

Fossas sépticas construídas em conformidade com a norma NBR 7229, - Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição de Efluentes, da ABNT, são bastante eficazes no controle de contaminação das águas por efluentes sanitários.

No contexto da infraestrutura de apoio à produção, além do escritório e refeitório o local contará com uma oficina e estruturas de manutenção e abastecimento. Serão edificadas segundo as normas de segurança para evitar contaminação do solo e recursos hídricos por lubrificantes e combustíveis, contando com caixas de separação de água e óleo dimensionadas para atender a demanda dessas estruturas de apoio.

#### 8.5 Alterações em flora e fauna

**Impactos** – As intervenções a serem realizadas no local não causarão impactos relevantes na flora e na fauna, pois os atributos naturais do local e de seus entornos estão totalmente alterados há muito tempo.

Os impactos a serem gerados na flora inexistem ou são muito tênues, pois a área de lavra corresponde a uma planície coberta por gramíneas predominantemente exóticas e utilizada no passado para plantio de cana-de-açúcar, quando a várzea foi totalmente drenada. Ou seja, uma área já descaracterizada de suas funções ecológicas.

Quanto à fauna presente, a descaracterização do ambiente, principalmente da vegetação original, determinou a presença de poucas espécies que habitam a interface flúvio-terrestre, acostumada a ambiente aberto. A presença de mata ciliar ao longo de boa parte do trecho de rio contíguo à poligonal abriga fauna mais diversificada e menos habituada à presença humana.

**Medidas mitigadoras** – Será preservada e enriquecida com espécies nativas a única faixa de mata remanescente na área da poligonal, que corresponde à mata riparia ao longo da APP do rio Mogi Guaçu.

Outra salvaguarda que será adotada refere-se a recomendações e avisos de cuidados para trabalhadores e demais pessoas com acesso à mina em relação a eventual presença de fauna no local. Após o fechamento da mina e estabilização das condições locais, a área se integrará normalmente as condições de entorno, acrescentando o ambiente lacustre.

## 8.6 Ambiente de trabalho

**Impactos** – A mineração projetada traz desconfortos ao trabalhador em decorrência de vários dos impactos anteriormente listados, mais diretamente por ruído e poeira. Acrescente-se o desconforto de execução de atividades ao ar livre, sujeito a intempéries.

**Medidas mitigadoras** – Fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual – EPI adequados, minimiza os efeitos adversos de ruído e poeira, consistindo basicamente de protetores auriculares e máscaras contra pó.

As máquinas que serão utilizadas no empreendimento possuem cabines cobertas, fornecendo proteção a sol e chuva.

As necessidades básicas com higiene, alimentação, descanso e primeiros socorros serão atendidas pelas edificações de apoio à lavra, com cômodos disponíveis para esses usos. Além disso, nos entornos próximos, a pouco mais de 7 km de distância tem-se a infraestrutura da cidade de Pradópolis e mais 30 km adiante o suporte do centro urbano de Ribeirão Preto, bem mais aparelhado para qualquer eventualidade.

## 9 SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE OCUPACIONAL

O empreendimento utiliza um número pequeno de máquinas. O maior risco de acidente é na operação de dragagem e embarque do minério. Entretanto, a situação é bastante conhecida pelos trabalhadores, que adotam procedimentos muito simples para evitar acidentes.

Outro aspecto a considerar é a sistemática de operação do empreendimento, que não exige a presença de todos os indivíduos ao mesmo tempo num mesmo local, o que minimiza o risco de acidentes por descuido com as operações de lavra. A possibilidade da presença de dois indivíduos no mesmo local só ocorre durante a operação de carregamento do minério, pois além do operador da pá carregadeira, tem-se o motorista do caminhão.

As condições de segurança para circulação de caminhões e pessoal é mantida com sinalização e barreiras físicas estrategicamente posicionadas.

A questão relativa a saúde ocupacional pode ser entendida como uma extensão das leis trabalhistas. Não existe agente insalubre físico digno de cuidados na área de trabalho, pois as operações se realizam a céu aberto. Merecem ser citados ruído, poeira e emissão de gases dos motores. Contudo, neste tipo de empreendimento estes agentes só ocorrem pelo funcionamento dos motores e movimentação de caminhões no embarque da produção. O uso de EPIs e o ambiente rural e aberto favorecem a minimização destes impactos. No tocante a aspectos de higiene e descanso do trabalhador, tem-se a edificação projetada apropriadamente para tais finalidades.

Os resíduos sólidos gerados no empreendimento são de pequena monta, basicamente de materiais de escritório e restos de alimentação. Serão coletados em sacos plásticos e dirigidos periodicamente para o depósito de lixo municipal.

## 10 PLANO DE RESGATE E SALVAMENTO DE EMERGÊNCIA

O presente plano foi elaborado de acordo com a NRM – Portaria nº 237, de 18/10/2001, onde são apresentados os procedimentos para o Plano de Resgate e Salvamento nos casos de emergências. Porte e tipo do empreendimento não exigem planos complexos.

Define-se como emergência ou calamidade para as finalidades deste plano qualquer evento ou situação que tenha potencial de causar lesões aos funcionários ou então causar danos materiais de porte. O plano compreende exclusivamente o ambiente de extração e das áreas em recuperação. Os cuidados com tráfego, operação de máquinas e caminhões e estabilidade de taludes englobam os principais fatores que podem causar acidentes. Intempéries e animais peçonhentos ou agressivos, como abelhas, basicamente completam o quadro de riscos.

O plano de resgate e salvamento de emergência é um conjunto de procedimentos lógicos e estruturados para serem desencadeados prontamente em situações de emergência, permitindo a ação coordenada dos responsáveis por resgate e salvamento, minimizando consequências e danos ao acidentado. No caso da lavra em apreço, extração de turfa, argila e areia em planície aluvionar, tem-se uma das situações mais simples possível para as operações, praticamente inexistindo situação de risco maior.

Na mina sempre haverá um veículo pronto para atendimento de emergências. Como são dois trabalhadores fixos – encarregados - são os responsáveis pela observância e cumprimento dos preceitos de segurança e higiene estabelecidos. No caso de acidente, uma vez avaliado, o acidentado é conduzido ao hospital mais próximo ou a posto de saúde, no caso de pequenos cuidados. Para outras intervenções conta-se com a rede hospitalar de Ribeirão Preto. No local da mina haverá uma caixa de medicamentos para pequenas indisposições ou ferimentos (dores musculares, cortes pequenos, picadas de insetos etc.). Todos os empregados serão registrados e terão o respaldo do INSS.

Tanto operadores no pátio de lavra como o encarregado geral portarão telefones móveis e rádio para comunicação, dinamizando qualquer cuidado no caso de imprevisto, com facilidade para socorro imediato por instituições como SAMU e corpo de bombeiros.

## 11 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS – PGR

Sendo uma lavra a céu aberto em área rural, os riscos à saúde não são agudos e, no caso em questão, podem ser assim referenciados:

**Ruído e vibração** – O emprego de poucas máquinas origina baixo nível de ruído e vibração, que se alia a operações a céu aberto e em área rural, onde a dispersão é facilitada. Deste modo, pode-se concluir que ruído e vibração são toleráveis e não causam problemas.

**Poeira** – A formação de poeira pode causar problemas de saúde. Ocorre em pátios e vias de acesso. Além das operações a céu aberto e em área rural, onde a dispersão é facilitada, a formação de poeira é minimizada com medidas de controle de velocidade e umectação.

**Umidade e Friagem** – A extração de areia por dragagem propicia exposição à umidade, desde que se negligencie o uso de EPIs. Durante o período mais chuvoso a atividade é interrompida, o que automaticamente minimiza riscos decorrentes de intempéries.

**Insolação** – A exposição pode ser prolongada, mas cuidados simples de proteção controlam possíveis problemas.

**Afogamento** - A extração de areia por dragagem propicia o risco de afogamento. O simples cuidado com uso de salva-vidas e no caminhar pela estrutura flutuante minimiza sobremaneira os riscos.

O Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) e o Plano de Resgate e Salvamento de Emergência, contemplando os aspectos da NRM, bem como atendimento e procedimentos de primeiros socorros, serão revisados e discutidos periodicamente com os trabalhadores.

## 12 PLANO DE CONTROLE MÉDICO E SAÚDE OCUPACIONAL – PCMSO

Em termos de elementos capazes de afetar a saúde dos trabalhadores, com relação à lavra de areia, argila e turfa em cava a céu aberto e ambiente rural, tem-se emissão de poeira, ruído e insolação durante o período de funcionamento.

No caso de doenças causadas por poeira, as possibilidades são rinite, asma e bronquite. O ruído pode trazer deficiências auditivas e a exposição ao sol, principalmente doenças de pele. Entretanto, em ambiente rural e aberto, bem como com a utilização de EPIs e cuidados de umectação dos locais com potencial de gerar poeira, desde que não haja predisposição do indivíduo são mínimas as possibilidades de contrair esses problemas.

Outro fator de insalubridade nesse ambiente de mina é atribuído à exposição periódica a frio e umidade. Roupas e calçados adequados deverão ser utilizados para resguardar a saúde e conforto dos trabalhadores, e, como já mencionado, a suspensão dos trabalhos durante períodos de chuva inibem a suscetibilidade dos profissionais às intempéries.

Antes de serem contratados, os trabalhadores passarão por exames médicos, enfocando, entre outras, as tendências individuais a doenças auditivas, respiratórias e pulmonares.

Para o monitoramento da saúde do trabalhador, outros procedimentos rotineiros a serem adotados envolverão a realização de exames médicos periódicos e exames de retorno ao trabalho após qualquer interrupção.

Todos os trabalhadores serão registrados, portanto com direito a utilizarem o sistema INSS, incluindo o SUS. Adicionalmente, a empresa poderá utilizar médicos e laboratórios particulares para cumprir o planejamento de exames de controle de saúde ocupacional.

### 13 PLANO DE FECHAMENTO DA MINA

O fechamento da mina será precedido de comunicação prévia e pleito ao Ministro de Estado de Minas e Energia abordando os seguintes aspectos:

1. **Relatório dos trabalhos executados;**
2. **Caracterização das reservas remanescentes;**
3. **Desmobilização** - no caso em questão corresponde apenas a paralisação das atividades extrativas, retirada de máquinas e equipamentos empregados na extração e beneficiamento e recuperação da área;
4. **Apresentação de planta da situação topográfica** da área ao final da atividade, considerando sua adequação ao uso futuro;
5. **Monitoramento de taludes e águas superficiais e subterrâneas** – as escavações não formarão taludes a céu aberto. Como já abordado, apenas nos contornos dos lagos remanescentes haverá a necessidade de suavização de taludes marginais, definindo-se uma rampa de aprofundamento suave. Obviamente, o monitoramento periódico corresponde a melhor maneira de evitar qualquer problema, permitindo a intervenção em tempo hábil. Não haverá depósitos de rejeitos e solo orgânico, pois serão usados na recuperação e configuração final da cava;
6. **Controle de poluição de solo, ar e água e de lançamento de efluentes** – ao final da lavra não existirá qualquer situação que possa levar a tais problemas ambientais. O empreendimento não gerará lançamentos de qualquer espécie de efluentes, não existindo, pois, medidas a tomar na desativação;
7. **Acesso à área de lavra e problemas de segurança** – não existe o problema no caso desse empreendimento, pois a cava em área aluvionar não deixará taludes ou outras situações topográficas inseguras. Os lagos remanescentes, após reafeiçoamento e suavização de suas margens, deverão ser cercados nos locais de mais fácil acesso a pessoas. Placas distribuídas estrategicamente alertarão quanto a perigo de afogamento.
8. **Impactos ambientais, aptidão de uso futuro e conformação topográfica e paisagística da área** – ao final da atividade a área minerada não gerará impactos de monta, estando preparada para um uso futuro múltiplo, em

equilíbrio dinâmico com o meio circundante. A recuperação referencia tanto cavas aterradas como inundadas. As primeiras deverão ter sua fertilidade recuperada para recobrimento vegetal, possivelmente com ingresso da cultura predominante na região (cana-de-açúcar), enquanto os lagos poderão suprir demandas das atividades rurais ou mesmo atividades de lazer.

9. **Saúde ocupacional dos trabalhadores durante a vida útil do empreendimento** – as condições de saúde ocupacional serão atestadas por órgãos públicos competentes;
10. **Cronograma** – o cronograma apresentado no Quadro 1 (item 7.8) em conjunto com a Tabela 7 (item 14.2), mostra as atividades e os investimentos durante e após o fechamento da mina.

## 14 ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO EMPREENDIMENTO

### 14.1 Parâmetros

A análise econômico-financeira do empreendimento considera valores referentes ao mês de março de 2016. É estabelecida para o ***intervalo de tempo anual***, onde são considerados os conjuntos de itens que compõe a receita e os custos com investimentos e produção, definindo-se assim a rentabilidade do empreendimento. Os elementos que são englobados por essas rubricas são discriminados nos itens correspondentes e foram em grande parte baseados em Souza (1994).

### 14.2 Investimentos e capital de giro

Como investimentos foram consideradas despesas relacionadas com:

- Atividades prévias (trabalhos técnico-legais para regularizações no DNPM e obtenção de licenças ambientais, demais documentos legais e taxas incidentes);
- Implantação e avanço do empreendimento (pátios, acessos e sistema de drenagem);
- Aquisição de máquinas e equipamentos (extração e beneficiamento);
- Infraestrutura de apoio à produção (escritório, refeitório, banheiros, almoxarifado, oficina e estruturas de manutenção e abastecimento);
- Recuperação ambiental da área (retirada de equipamentos, acertos topográficos em pátios e acessos, recuperação de solos e reposição vegetal);
- Contingências (5% do total de investimentos para cobrir eventualidades orçamentárias ou de procedimentos).
- Capital de giro

A Tabela 7 apresenta os desembolsos com relação aos investimentos listados acima.

Tabela 7 - Síntese dos investimentos - total em 18 anos

<b>Atividades</b>	<b>Descrição</b>	<b>Total (R\$)</b>
Atividades prévias	Regularizações no DNPM e obtenção de licenças ambientais e demais documentos legais; taxas incidentes	250.000,00
Avanço do empreendimento	Pátios, acessos e sistema de drenagem	50.000,00
Aquisição de máquinas e equipamentos	Ver Tabela 3	3.415.000,00
Edificação de apoio	Escritório / Refeitório / Banheiro/Oficina/etc	150.000,00
Recuperação ambiental da área	Retirada de equipamentos, acertos topográficos, recomposição de solos e enriquecimento arbóreo da APP.	100.000,00
Contingências	5% do total de investimentos	198.250,00
<b>Total em 18 anos</b>		<b>4.163.250,00</b>

Fonte: Do Autor

O capital de giro corresponde à injeção inicial de recursos, que será recuperado ao final da vida útil, sendo calculado com base nos elementos a seguir, compilados de Souza (1994, modificado).

- a) Recursos financeiros em caixa e depósitos bancários que permitam financiar cerca de um mês de produção;
- b) Reposição de peças;
- c) Contas a pagar referentes a compras a prazo (crédito com fornecedores) e descontos bancários;
- d) Imprevistos e eventuais.

Na Tabela 8 é detalhado o cálculo do capital de giro.

Tabela 8 - Composição do capital de giro.

<b>Descrição</b>	<b>Valor parcial</b>	<b>Total (R\$)</b>
Peças de reposição	05% do valor das máquinas	170.750,00
1 mês de produção	Custo máquinas Custo mão-de-obra	222.875,00
Contas a pagar (compras a prazo)	Estimado em 10% dos custos variáveis anuais	78.057,00
Contas a pagar (desconto bancário)	Estimado em 10% dos custos variáveis	78.057,00
<b>Subtotal</b>		<b>549.726,00</b>
Imprevistos, eventuais	Estimado em 5% do Subtotal	27.487,00
<b>Capital de Giro</b>		<b>577.226,00</b>

Fonte: Do Autor

### 14.3 Receitas e tributos

#### 14.3.1 Receita bruta

Os valores de comercialização da areia e argila foram obtidos com pesquisa do mercado local, junto as principais mineradoras da região. Para a turfa, que possui mercado mais restrito, o preço estimado foi baseado em dados médios históricos obtidos nos anuários do DNPM e em consulta a produtores e consumidores desse insumo mineral no país. Dessa forma, os preços ROM atuais dos minérios para março de 2016 foram estimados em R\$ 20,00/t para areia, R\$10,00/t para argila e R\$ 85,00/t para turfa.

No total deverão ser comercializadas 5.847.345 t de areia, 505.305 t de argila e 109.500 t de turfa, gerando uma **receita bruta global de R\$ 131.307.450,00**.

As receitas com argila e turfa, referentes aos anos iniciais do empreendimento, foram somadas às de areia. O montante foi dividido pela vida útil do empreendimento – 18 anos. Ou seja, distribuiu-se a receita bruta global pela vida operacional do empreendimento, o que redundava em uma **receita bruta anual de R\$ 7.294.858,00**, conforme sintetizado na Tabela 9.

Tabela 9 - Receita bruta.

	Areia	Argila	Turfa	
<b>Reserva Recuperável (t)</b>	<b>5.847.345</b>	<b>505.305</b>	<b>109.500</b>	
<b>Preço / t</b>	R\$ 20,00	R\$ 10,00	R\$ 85,00	
<b>Receita Bruta Total (18 anos)</b>	R\$ 116.946.900,00	R\$ 5.053.050,00	R\$ 9.307.500,00	<b>R\$ 131.307.450,00</b>
<b>Receita Bruta Anual</b>				<b>R\$ 7.294.858,00</b>

Fonte: Do Autor

#### 14.3.2 Tributos - ICMS, PIS e COFINS

As despesas tributárias que incidem diretamente sobre a receita bruta anual são discriminadas na Tabela 10 e correspondem a ICMS, PIS e COFINS.

Tabela 10 - Despesas tributárias (alíquotas sobre a receita bruta)

Tributo	Alíquota (%)	Total Anual (R\$)
ICMS	12%	875.383,00
PIS	3,0%	218.846,00
COFINS	0,65%	47.416,00
<b>Total</b>		<b>1.141.645,00</b>

Fonte: Do Autor

#### 14.3.3 Receita líquida

A receita líquida anual é calculada subtraindo os tributos (Tabela 10) da receita bruta (Tabela 9) e pode ser representada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Receita Líquida Anual} &= \text{Receita Bruta Anual} - \text{Tributos Anuais} \\ \text{Receita Líquida Anual} &= \mathbf{R\$ 6.153.213,00} \end{aligned}$$

#### 14.3.4 Compensação financeira pela exploração de recursos minerais - CFEM

O percentual da CFEM para areia, argila e turfa é de 2%, aplicado sobre o valor da receita líquida. A CFEM é descontada do lucro operacional.

$$\begin{aligned} \text{CFEM} &= \text{Receita Líquida Anual} \times 0,02 \\ \text{CFEM} &= \text{R\$ } 6.153.213,00 \times 0,02 \\ \text{CFEM} &= \mathbf{R\$ 123.064,00 / ano} \end{aligned}$$

#### 14.4 Custos de produção

No presente estudo de viabilidade econômica são considerados os custos diretos e custos indiretos de produção e os custos de administração, reiterando, sempre computados para período anual.

Destaca-se que alguns custos não são considerados nos cálculos, como gastos com transporte de minério da mina para os centros consumidores, pois serão de responsabilidade do comprador.

#### 14.4.1 Custos diretos

**Custos diretos** estão relacionados ao processo produtivo, como mão-de-obra, materiais de consumo e quota de exaustão, (ver Tabela 13).

Em conformidade com o Art. 47, item VI do Código de Mineração, a empresa contará com um engenheiro de minas (ou outro profissional legalmente habilitado), em regime de visitas semanais, o qual será o responsável técnico pela condução dos trabalhos de lavra.

Os encargos sociais incidentes sobre os diferentes profissionais foram considerados como 100%, mesmo considerando o 13º salário nos montantes. A Tabela 11 apresenta a síntese dos custos com mão-de-obra.

Tabela 11 - Custos com mão-de-obra

<b>Mão-de-Obra</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Total Anual* (R\$)</b>
Encarregado geral	1	39.000,00
Encarregado administrativo	1	19.500,00
Motorista de caminhão	1	26.000,00
Operador beneficiamento	1	26.000,00
Operador de escavadeira/trator-scaper	1	39.000,00
Operador de pá-carregadeira	2	78.000,00
Operador de draga	1	29.900,00
Serviços gerais	2	36.400,00
Responsável técnico pela lavra	1	41.600,00
<b>Salários</b>		<b>335.400,00</b>
<b>Encargos Sociais</b>		<b>335.400,00</b>
<b>Total</b>		<b>670.800,00</b>
<i>Valores anuais englobam 13º salário</i>		

Fonte: Do Autor

Os materiais de consumo referem-se aos custos de insumos, que no empreendimento em questão compreendem predominantemente óleo diesel e energia elétrica (Tabela 12).

Tabela 12 - Custo com materiais de consumo

<b>Materiais de Consumo</b>	<b>Total Anual (R\$)</b>
Óleo diesel – 587.520 litros/ano*	1.762.560,00
Energia elétrica	240.000,00
<b>Total</b>	<b>2.002.560,00</b>

\*Considerou-se o valor de R\$ 3,00 / litro de diesel.

Fonte: Do Autor

O sentido econômico da quota de exaustão é o de recuperar o valor aplicado na aquisição/obtenção do direito minerário em virtude da diminuição física das reservas no decorrer da lavra. Conforme Souza (1994), a quota de exaustão é função da relação entre produção anual e reserva medida, relação que determina o índice a ser aplicado sobre o custo de aquisição ou obtenção do direito minerário, conforme discriminado no tópico Atividades Prévias da Tabela 7.

No presente caso utilizou-se a reserva recuperável, haja vista as particularidades da jazida e as taxas de recuperação dos minérios, expressas na Tabela 1. Alia-se, para a areia, a perda de finos d no processo de beneficiamento (item 7.6). Tem-se, pois, produção anual total de 528.000 t e reserva recuperável total de 6.462.150 t, os dois montantes referenciando a soma dos três tipos de minério, o que determina uma relação de **0,0817**.

Considerando o custo dos direitos minerários (Tabela 7), tem-se:

**Quota de Exaustão**

R\$ 250.000,00 x 0,0817 = R\$ 20.425,00 na vida útil da jazida (18 anos)

Ou **R\$ 1.135,00 / ano.**

A Tabela 11 resume os **custos diretos** por ano de atividade.

Tabela 13 - Custos diretos

<b>Tipo de Custo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Total Anual (R\$)</b>
<b>Custos Diretos</b>	Mão-de Obra-	670.800,00
	Materiais de Consumo	2.002.560,00
	Quota de exaustão	1.135,00
<b>Total</b>		<b>2.674.495,00</b>

Fonte: Do Autor

#### 14.4.2 Custos indiretos

Os **custos indiretos** englobam depreciação e manutenção de equipamentos e máquinas. O valor de manutenção dos equipamentos (M) correspondente a 100% do valor de depreciação.

O cálculo do valor de depreciação (D) utiliza a seguinte fórmula:

$$D = (li - 20\% li) / N$$

Onde:

li - investimento inicial;

N - vida útil do equipamento ou instalação.

Os valores de depreciação e manutenção são relacionados na Tabela 14, com os respectivos custos de aquisição de cada máquina e equipamento.

Tabela 14 - Custos indiretos

Custos e Investimentos	Valor dos Investimentos (R\$)	Depreciação Anual (R\$)	Manutenção Anual (R\$)	Custos Indiretos (R\$)
Caminhão	200.00,00	22.857,00	22.857,00	45.714,00
Pá-carregadeira -2	900.000,00	102.857,00	102.857,00	205.714,00
Escavadeira	500.000,00	57.143,00	57.143,00	114.286,00
Trator e scraper	350.000,00	40.000,00	40.000,00	80.000,00
Draga	350.000,00	40.000,00	40.000,00	80.000,00
Bomba 75 HP -2	120.000,00	13.714,00	13.714,00	27.429,00
Bomba 20 HP	25.000,00	2.857,00	2.857,00	64.000,00
Tubulação met.	280.000,00	32.000,00	32.000,00	5.714,00
Mangueiras/tubos	20.000,00	2.285,00	2.285,00	4.571,00
Balança	300.000,00	34.286,00	34.286,00	68.571,00
Peneira estac.	80.000,00	9.143,00	9.143,00	18.286,00
Peneira vibratória	250.000,00	28.572,00	28.572,00	57.143,00
Tanque – 30m³	30.000,00	3.428,00	3.428,00	6.857,00
Tanque – 5 m³	10.000,00	1.143,00	1.143,00	2.286,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.415.000,00</b>	<b>R\$ 390.285,00</b>	<b>R\$ 390.285,00</b>	<b>R\$ 780.571,00</b>

Vida útil dos equipamentos – 7 anos

Fonte: Do Autor

O valor total dos **custos indiretos** monta a **R\$ 780.571,00 / ano**.

#### 14.4.3 Custos de administração

Estima-se os **custos de administração** (CA) em 10% da soma dos custos diretos e indiretos.

$CA = (CD + CI) \times 0,1$ <p>Onde:</p> <p>CD - Custos diretos – R\$ 2.674.495,00</p> <p>CI - Custos indiretos – R\$ 780.571,00</p>
--

Aplicando-se a fórmula tem-se o valor dos **custos de administração**, que montam a **R\$ 345.507,00 / ano**.

#### 14.4.4 Custo total de produção

O **custo total de produção** anual engloba custos de diretos e custos indiretos, acrescidos do valor de custos de administração, conforme demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15 - Custo total de produção

Tipo de Custo		Total
<b>Direto</b>	R\$ 2.674.495,00	R\$ 3.455.066,00
<b>Indireto</b>	R\$ 780.571,00	
<b>Administração</b>	R\$ 345.507,00	R\$ 345.507,00
<b>Custo Total Anual</b>		<b>R\$ 3.800.573,00</b>

Fonte: Do Autor

#### 14.5 Lucratividade do empreendimento

A lucratividade do empreendimento é considerada antes e depois da incidência de imposto de renda e contribuição social no lucro operacional ou tributável.

### 14.5.1 Lucro operacional

O lucro operacional anual é obtido subtraindo da receita líquida anual (item 14.3.3.) o custo total de produção anual (Tabela 15) e da CFEM (item 14.3.4).

Lucro Operacional Anual = Receita Líquida Anual – Custos de Produção Anual - CFEM

Lucro Operacional Anual = R\$ 2.229.576,00

#### 14.5.1.1 Imposto de renda

O imposto de renda tem como base de cálculo o lucro operacional, com uma alíquota de 15% até o valor de R\$ 240.000,00 e uma alíquota de 25% sobre o excedente, ou seja, sobre R\$ 2.193.576,00.

- IR<sup>(1)</sup>: Cálculo de 15% sobre R\$ 240.000,00 = R\$ 36.000,00
- IR<sup>(2)</sup>: Cálculo de 25% sobre R\$ 2.193.576,00 = R\$ 497.394.

Imposto de Renda = IR<sup>(1)</sup> + IR<sup>(2)</sup> = **R\$ 533.394,00 / ano**

#### 14.5.1.2 Contribuição social

A contribuição social utiliza como base de cálculo uma alíquota de 9% sobre o lucro operacional anual.

Contribuição Social = R\$ 2.229.576,00 x 0,09

Contribuição Social = **R\$ 200.662,00 / ano**

### 14.5.2 Lucro Líquido

O lucro líquido é calculado subtraindo-se do lucro operacional os valores de imposto de renda e contribuição social.

Lucro Líquido = Lucro Operacional – (Imposto de Renda + Contribuição Social)

Lucro Líquido = **R\$ 1.495.520,00 / ano** ou **R\$ 124.627,00 / mês**

### 14.6 Rentabilidade do empreendimento

A rentabilidade anual do empreendimento está sintetizada na Tabela 16, sendo considerada também como um demonstrativo de fluxo de caixa. Este considera as informações apresentadas e consolidadas em bases anuais segundo princípios e conceitos expressos por Souza (1994).

Tabela 16 – Demonstrativo de resultado.

<b>Elemento Financeiro</b>	<b>Valor (R\$)</b>
(1) <i>Receita Bruta Anual (Receita anual)</i>	7.294.858,00
(2) <i>Tributos – ICMS, PIS, COFINS</i>	1.141.645,00
(3) <i>Receita Líquida Anual (1-2)</i>	6.153.213,00
(4) <i>CFEM</i>	123.064,00
(5) <i>Custo de Produção Anual</i>	3.800.573,00
(6) <i>Lucro Operacional (3-4-5)</i>	2.229.576,00
(7) <i>Imposto de Renda</i>	533.394,00
(8) <i>Contribuição Social</i>	200.662,00
(9) <i>Lucro Líquido Anual (6-7-8)</i>	1.495.520,00
<b>Relação Lucro Líquido Anual / Receita Bruta Anual</b>	<b>0,21</b>
<b>Relação Lucro Líquido Anual / Investimento Total</b>	<b>0,32</b>

Fonte: Do Autor

Para determinar o fluxo de caixa do empreendimento considerou-se o horizonte de 18 anos de vida útil e uma Taxa Mínima de Atratividade de 14,25%, correspondente a taxa SELIC para o mês de referência dos cálculos.

O Valor Presente Líquido – **VPL** – do fluxo de caixa determina o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros estabelecida, menos o valor dos custos de investimento inicial (custo do capital). Em síntese, calcular quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estaria valendo no presente momento. O VPL pode ser calculado com o emprego da fórmula:

$$\text{VPL} = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Sendo:

**FC<sub>0</sub>** o Fluxo de Caixa inicial;

**FC** - Fluxo de Caixa no período;

**i** – custo de capital;

**n** – prazo.

A Taxa Interna de Retorno – **TIR** – corresponde a taxa de juros que iguala o VPL “... de uma oportunidade de investimento a R\$ 0,00 porque o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial” (GITMAN, 2007 in RODRIGUES; ROZENFELD, 2015; p. 8). Mede a rentabilidade do Fluxo de Caixa.

$$0 = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n}$$

Sendo:

**FC** - Fluxo de Caixa no período e **FC<sub>0</sub>** o Fluxo de Caixa inicial;

**TIR** – Taxa Interna de Retorno;

**n** - prazo

A Tabela 17 traz o fluxo de caixa com resultados que mostram um empreendimento atraente, com VPL de **R\$ 3.093.333,00**, TIR de **27%** e *payback* alcançado **no início do quarto ano** de atividade.

Finalizando a avaliação, procedeu-se um exercício de análise de sensibilidade através da introdução de alternativas que implicam em probabilidades de retornos e que permitem ao empreendedor se preparar para lidar com variações

mercadológicas, buscando, assim, a manutenção da viabilidade econômica do empreendimento a cada desafio que se apresente.

Para a análise de sensibilidade considerou-se cenários modificados em relação ao empregado na avaliação original, cenários que foram admitidos mais plausíveis de ocorrência para o caso em apreço, sendo abordados pela alteração de valores dos tópicos inicialmente utilizados na análise econômico-financeira. Os demais fatores, ou tópicos, são sempre mantidos fixos, sendo alterados apenas valores de fatores que guardam interdependência com os modificados.

Os cenários considerados foram:

- (i) alteração no preço de venda dos minérios areia e argila;
- (ii) alteração na escala de produção de areia;
- (iii) alteração no custo de produção da areia; e
- (iv) alteração na taxa de atratividade anual.

A análise com **alteração no preço de venda dos minérios** considerou apenas **areia e argila**, pois a turfa tem um mercado local e não sofre interferência direta de variações de demanda, como acontece com agregados em momentos de aquecimento da economia com retomadas da construção civil. Os preços de venda foram majorados em 10% para os dois minérios. Nesse cenário, os parâmetros de avaliação tornam-se bastante interessantes, com VPL atingindo R\$ 5.452.379,00 (aumento de 76%), TIR de 36% (ante 27%) e *payback* no início do terceiro ano de atividade, ou seja, um ano antes do obtido com os dados originais.

Para o exercício com **aumento de 10% na escala de produção de areia**, o principal minério da jazida, passando de 384.000 t/ano para 422.000 t/ano, os parâmetros econômico-financeiros de análise do empreendimento tornam-se extremamente atraentes. Inicialmente pelo *payback* já no segundo ano de operação, depois pelo crescimento extraordinário do VPL, da ordem de 150%, alcançando o valor de R\$ 12.243.142,00, o que implica numa TIR de 60%, mais que o dobro da TIR originalmente obtida.

Considerando um **aumento do custo de produção na faixa de 10%** (investimentos, exceto aquisição de máquinas e equipamentos pesados; mão-de-

obra; materiais de consumo; e manutenção, aqui aliando a depreciação do maquinário) – a potencialidade econômico-financeira do empreendimento obviamente decai, mas ainda no contexto de um panorama interessante. O *payback* é bem mais modesto, pois ao início de quinto ano de operação, com o saldo voltando a ser negativo no sétimo ano, com o reinvestimento em equipamentos. O VPL retrocede a metade do valor originalmente obtido, para R\$ 1.492.813,00, e a TIR diminuiu de 27% para 21%.

Por fim, considerando outro fator negativo, ***aumento da taxa anual de atratividade*** de 10%, passando de 14,25% para 15,675% ao ano, o empreendimento encolhe 20% em relação ao VPL, que passa a R\$ 2.576.801,00, e mantém estável quanto à TIR, em 27%. O *payback* vai ser alcançado em meados do quarto ano de operação.

Considerando que a análise econômico-financeira originalmente elaborada utilizou preços de venda dos minérios areia e argila num patamar relativamente conservador em relação ao mercado e que aumentos de 10% no preço dos mesmos ou de 10% na produção de areia elevam substancialmente os valores de VPL e TIR, e retrocedem o *payback* no tempo, entende-se que o empreendimento é bastante atraente.

Tabela 17 - Fluxo de Caixa

Item \ Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Investimento	(4.163.250)									
Reinvest. equipamento.								3.515.000		
Venda de Ativos		-						351.500		
Capital de Giro	(577.226)									
<b>Receita Bruta</b>		<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>
<i>ICMS, COFINS, PIS</i>		<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>
<b>Receita Líquida</b>		<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>
<i>CFEM</i>		<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>
<i>Mão-de-obra</i>		<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>
<i>Materiais de consumo</i>		<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>
<i>Quota de Exaustão</i>		<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>
<b>Custos Diretos</b>		<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>
<i>Depreciação</i>		<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>
<i>Manutenção</i>		<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>
<b>Custos Indiretos</b>		<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>
<b>Custo Administração</b>		<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>
<b>Custo Total Produção</b>		<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>
<b>Lucro Operacional</b>		<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>
<b>IR</b>		<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>
<b>Contribuição Social</b>		<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>
<b>Fluxo de Caixa (Lucro Líquido)</b>	<b>(4.740.476)</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>(1.667.980)</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>
<b>VP</b>	<b>(4.740.476)</b>	<b>1.308.989</b>	<b>1.145.723</b>	<b>1.002.821</b>	<b>877.743</b>	<b>768.265</b>	<b>672.442</b>	<b>(656.444)</b>	<b>515.160</b>	<b>450.906</b>
<b>Saldo</b>	<b>(4.740.476)</b>	<b>(3.431.487)</b>	<b>(2.285.764)</b>	<b>(1.282.942)</b>	<b>(405.199)</b>	<b>363.066</b>	<b>1.035.508</b>	<b>379.064</b>	<b>894.225</b>	<b>1.345.131</b>

Fonte: Do Autor

(continuação)

Item \ Ano	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Investimento</b>										
Reinvest. equipamento.					3.515.000					
Venda de Ativos		-			351.500					351.500
Capital de Giro										
<b>Receita Bruta</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>7.294.858</b>	<b>351.500</b>
<i>ICMS, COFINS, PIS</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	<i>1.141.645</i>	
<b>Receita Líquida</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	<b>6.153.213</b>	
<i>CFEM</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	<i>123.064</i>	
<i>Mão-de-obra</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	<i>670.800</i>	
<i>Materiais de consumo</i>	<i>2.202.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	<i>2.002.560</i>	
<i>Quota de Exaustão</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	<i>1.135</i>	
<b>Custos Diretos</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	<b>2.674.495</b>	
<i>Depreciação</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	
<i>Manutenção</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	<i>390.285</i>	
<b>Custos Indiretos</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	<b>780.571</b>	
<b>Custo Administração</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	<b>345.507</b>	
<b>Custo Total Produção</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	<b>3.800.573</b>	
<b>Lucro Operacional</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>2.229.576</b>	<b>351.500</b>
<b>IR</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	<b>533.394</b>	
<b>Contribuição Social</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	<b>200.662</b>	
<b>Fluxo de Caixa (Lucro Líquido)</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>(1.667.980)</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>1.495.520</b>	<b>351.500</b>
<b>VP</b>	<b>394.666</b>	<b>345.441</b>	<b>302.355</b>	<b>264.644</b>	<b>(258.347)</b>	<b>202.744</b>	<b>177.457</b>	<b>155.323</b>	<b>135.950</b>	<b>27.968</b>
<b>Saldo</b>	<b>1.739.798</b>	<b>2.085.239</b>	<b>2.387.594</b>	<b>2.652.238</b>	<b>2.393.890</b>	<b>2.596.635</b>	<b>2.774.092</b>	<b>2.929.415</b>	<b>3.065.365</b>	<b>3.093.333</b>
<b>VPL - R\$ 3.093.333,00</b>					Taxa anual - 14,25%				TIR - 27 %	

## 15 COMENTÁRIOS FINAIS

No item introdutório deste estudo, de plano destacou-se a intrincada disposição espacial dos litossomas sedimentares no ambiente de planície aluvial, tanto pela recorrência de estratos de diferentes granulometrias no empilhamento estratigráfico, como pelas inúmeras interdigitações que a dinâmica fluvial impõe no plano horizontal. Decorre, pois, um ambiente complexo onde ocorrem jazidas de três bens minerais, distintos entre si e com possibilidades de exploração por métodos e técnicas bastante diferenciadas.

O modelo proposto para a lavra considerou a complexidade desse arcabouço físico em que se insere a jazida, buscando a recuperação máxima dos recursos naturais disponíveis ante as limitações impostas por características dos minérios e do jazimento. Assim, a concepção do plano de lavra buscou estabelecer um conjunto viável de técnicas, equipamentos e estrutura física de cavas, que será empregado sequencialmente na extração de todos os bens minerais, em etapas que se sucedem. O procedimento permite que equipamentos utilizados não permaneçam ociosos, com o avanço de extração de um bem mineral abrindo caminho para o seguinte, sempre na sequência turfa – argila – areia.

***O plano de extração assim concebido é operacional e a análise econômico-financeira demonstra que pode ser praticado.***

Considerando o nível de investimento e o nível de risco pertinente a este tipo de empreendimento, os valores obtidos no fluxo de caixa (Tabela 17) mostram que o empreendimento apresenta valores atraentes em termos de Valor Presente Líquido - VPL - **R\$ 3.093.333,00**, Taxa Interna de Retorno - TIR de **27%** e de *payback*, ao **início do quarto ano** de atividade.

Alterações de projeto e de operações, *e.g.*, otimizações, elevação da escala de produção e outras variáveis e fatores poderão modificar o fluxo de caixa e conseqüentemente os resultados econômico-financeiros e a rentabilidade do empreendimento.

De acordo com as indicações da análise de sensibilidade realizada para o empreendimento, deve-se manter especial atenção aos *custos de produção*,

pois aumentos de 10% nos itens que mais contribuem com o montante trazem baixas importantes nos valores de VPL e TIR e prejudica de modo severo o prazo de retorno dos investimentos.

A *taxa de atratividade* - baseada nas taxas de juros básicas da economia - mostra uma retração na lucratividade do empreendimento quando aumentada em meros 10%. Deve ser estrategicamente vigiada para o empreendimento não sofrer danos maiores nos momentos mais críticos da conjuntura econômica do país.

Em síntese, a análise do fluxo de caixa - no cenário conservador da avaliação original e com as alterações consideradas nos exercícios de sensibilidade - ***comprovam a viabilidade do empreendimento.***

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. C. **Fontes energéticas brasileiras** – inventário/tecnologia: Turfa. Rio de Janeiro: CHESF, 1987. 2 v.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W. L.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; MELO, M. S.; CREMONINI, O. A.; BISTRICHI, C. A.. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**; escala 1:500.000. Texto Explicativo. São Paulo: IPT, 1981. v. 1. (IPT Publicação, 1184).
- BISTRICHI, C. A.; CARNEIRO, C. D. R.; DANTAS, A. S. L.; PONÇANO, W. L.; CAMPANHA, G. A.C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; CREMONINI, O. A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**; escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1981. v. 2. (IPT Publicação, 1184).
- CABRAL JUNIOR, M.; OBATA, O. R.; SINTONI, A. (Coord.) **Minerais industriais: orientação para regularização e implantação de empreendimentos**. São Paulo: IPT, 2005. (Publicação IPT 3000).
- CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; ALMEIDA, M. A.. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. v. 2. (Publicação, 1183).
- CHAVES, A. P. Classificação. In: CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. 3. ed. São Paulo: Signus Editora, 2006. v. 1, p. 167-214.
- CHAVES, A. P.; NAKAE, T.; SALGADO, O. R. Bombeamento de polpas. In: CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. 3. ed. – São Paulo: Signus Editora, 2006. v. 1, p. 84-113.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. Turfa. In: **Minerais energéticos: carvão, turfa, rochas oprígenas**. São Paulo: CESP, 1985. p. 20-41. (Série pesquisa e desenvolvimento 014).
- GAIDZINSKI, R.; TAVARES, L. M. M.; DUAİLÍBI FILHO, J. Estudo do efeito da umidade no processo de sazonalização acelerado de argilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 15., 2002, Natal. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2002. p. 309-314.
- LENZ, G. R. Turfa - métodos de lavra e opções para uso no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 14, n. 2, p. 111-119, jun. 1984.
- MOTTA, J. F. M.; NAKANO, S.; SHIMADA, H.; NUCCI, O.; MILKO, P.; COELHO, J. C. M. Turfa – a experiência do IPT nos campos geológicos e tecnológico. energia – fontes alternativas. **Revista Tecnológica Brasileira**, v. 4, n. 23, p. 32-43, nov./dez. 1982.
- MULTIGEO. Mineração, Geologia e Meio Ambiente. **Impactos sociais e econômicos da regulamentação CONAMA sobre intervenção em APP sobre o setor de agregados e argilas**. São Paulo: FIESP, 2006. 75 p. (RELTEC / MULTIGEO / RT 06011).

NASCIMENTO, T. M. F. **Uso da turfa na agricultura**. [S.l.]: Escola SENAI / AM Antônio Simões / Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2013. 17 p. (Dossiê Técnico).

NERY, M. A. C. **O problema da estimativa de recursos minerais no estudo de exequibilidade de lavra**. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

OLIVEIRA, B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 64 p.

OLIVEIRA, C. A. **Turfa de São José dos Campos**: estado de São Paulo. São Paulo: CPRM 2002. 14 p. (Informe de Recursos Minerais, Série Oportunidades Minerais. Exame Atualizado de Projeto, nº 24).

QUEIROZ, J. C. B. **Avaliação econômica de projetos de mineração**: Unidade I e Unidade II. Belém: Universidade Federal do Pará / Instituto de Geociências, 2016. (Curso de Especialização em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra a Céu Aberto – GEOMINAS).

RODRIGUES, K. F. C.; ROZENFELD, H. **Sistematização dos métodos de avaliação econômica**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015. 17 p.

SHIMADA, H. MOTTA, J. F. M., CABRAL JUNIOR, M. NAKANO, S. Prospecção de turfa no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA REGIONAL, 3., 1981, Curitiba. **Anais...** Brasília: CNPq, 1981. v. 2, p. 259-273.

SOARES, C. R. L. **Avaliação do processo de dragagem por injeção de água em estuários**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, P. A. **Métodos de avaliação econômica de projetos de exploração mineral**. 1994. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

TOLEDO, L. M. A. Considerações sobre a turfa no Brasil. **Akrópolis – Revista de Ciências Humanas**, v. 7, n. 28, p. 27-41, 1999.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Consulta geral a homepage. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em 15 set. 2015.

ZANCOPE, M. H. C.; PEREZ FILHO, A.; CARPI JUNIO, S. Anomalias no perfil longitudinal e migração dos meandros do rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 1, p. 31-42, 2009.