

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JAMILSON PAULO DE SOUZA

**RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE SISTEMA COMPLEXO: PROPOSTA DE
MODELO PARA RECUPERAÇÃO FLORESTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA
PELO USO COMO DEPÓSITO DE TORTA DE ENXOFRE FILTRADO**

DOIS VIZINHOS

2023

JAMILSON PAULO DE SOUZA

**RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE SISTEMA COMPLEXO: PROPOSTA DE
MODELO PARA RECUPERAÇÃO FLORESTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA
PELO USO COMO DEPÓSITO DE TORTA DE ENXOFRE FILTRADO**

**COMPLEX SYSTEM FOREST RESTORATION: MODEL PROPOSAL FOR
FOREST RECOVERY OF AN AREA DEGRADED BY USE AS DEPOSIT OF
FILTERED SULFUR CAKE**

Trabalho de conclusão de curso de pós-graduação apresentado como requisito para obtenção do título de especialista em Restauração Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Mauricio Romero Gorenstein

Coorientador(a): Juarês José Aumond

DOIS VIZINHOS

2023



Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JAMILSON PAULO DE SOUZA

**RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE SISTEMA COMPLEXO: PROPOSTA DE
MODELO PARA RECUPERAÇÃO FLORESTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA
PELO USO COMO DEPÓSITO DE TORTA DE ENXOFRE FILTRADO, CAJATI,
SÃO PAULO**

Trabalho de conclusão de curso de pós-graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
especialista em Restauração Florestal da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 06 de março de 2023

Mauricio Romero Gorenstein
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniela Aparecida Estevan
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Raoni Wainer Duarte Bosquilia
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOIS VIZINHOS

2023

Deus, pelo seu infinito amor, à minha esposa,
Danieli Fernandes, nossa filha Cecília, minha família
e a equipe de meio ambiente do Complexo
Mineroquímico de Cajati.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo seu infinito amor, por estar comigo todos os dias direcionando minha compreensão da vida e dando-me sabedoria para viver com respeito e amor.

Agradeço a minha esposa, Danieli Fernandes, por estar sempre comigo incentivando meus sonhos e os vivendo comigo, e a nossa amada filha Cecília que do ventre de sua mãe já fornece as forças necessárias ao seu pai.

Agradeço aos meus familiares, por todo apoio e pela ajuda, em especial ao meu pai de coração Luiz Carlos da Silva, que sempre acreditou em mim, nunca me desamparou e fez de tudo para eu conquistar meus sonhos, graças a ele, seu amor por mim, estou vivendo sonhos que nem cheguei a sonhar, sei que do céu continua torcendo e cuidando de mim, em meu coração você vai sempre estar.

Agradeço aos meus colegas e amigos, especialmente a equipe de meio ambiente do Complexo Minerquímico de Cajati, os quais compartilho diariamente experiências incríveis, e que ao meu lado, conhecendo-os, irão se dedicar de corpo e alma para o sucesso deste trabalho.

Agradeço a coordenadora Prof.(a) Dr.(a) Daniela Aparecida Estevan, por estar sempre à disposição, por compreender as dificuldades de cada aluno durante um período atípico de pandemia, e por não medir esforços para ajudar a todos, reconheço o seu amor pela profissão, você foi luz neste percurso.

Aos meus colegas de sala, por todo apoio e ajuda, e aos docentes incríveis que tive o privilégio de conhecer neste programa.

Seja a mudança que você quer ver no mundo.
(DALAI LAMA).

RESUMO

Em Cajati (SP), a extração de minério fosfático para produção de fosfato bicálcico e suas atividades correlatas, estão entre as atividades industriais e de mineração que impactam o ambiente. As atividades de mineração, beneficiamento e processamento, provocam modificações no ambiente que refletem alterações nos processos ambientais, entre os usos, temos a ocupação de áreas para dispor e armazenar resíduos e rejeitos. Diante dos desafios da sociedade contemporânea, o modelo econômico linear se tornou ineficaz, sendo, a economia circular um dos caminhos para enfrentamento desses problemas, ou seja, a economia circular associa o desenvolvimento econômico a um melhor uso de recursos naturais, promovendo novos modelos de negócios e tecnologias que viabiliza o reaproveitamento e comercialização de materiais antes considerados resíduos e rejeitos. Dentre as oportunidades potencializadas por este modelo, surge a retomada de áreas antes ocupadas e sua disponibilização para restauração dos processos ambientais. No ano 1997, instalou-se em Cajati no complexo industrial um depósito para dispor e armazenar o resíduo de torta de enxofre filtrado obtido no processo de fabricação de ácido sulfúrico. O empreendimento, desenvolveu um produto a partir deste resíduo, consumindo sua geração e eliminando a necessidade de disposição e armazenamento. No entanto, o estoque não obteve as especificações necessárias para produção, sendo, de acordo com suas características estudado e aplicado em outra modalidade de negócio, iniciativa que permitiu realizar a expedição do resíduo estocado, descomissionamento do depósito e disponibilização da área para restauração dos processos ambientais. Neste contexto, este projeto de restauração florestal apresenta uma proposta que se baseia no modelo ecológico integrador para a recuperação da área degradada, tratando a área degradada como um sistema dinâmico, complexo e hipersensível às condições iniciais de preparação do terreno.

Palavras-chave: área degradada, processos ambientais, restauração, sistema complexo.

ABSTRACT

In Cajati (SP), the extraction of phosphatic ore for the production of dicalcium phosphate and its related activities are among the industrial and mining activities that impact the environment. The activities of mining, processing and processing, cause changes in the environment that reflect changes in environmental processes, among the uses, we have the occupation of areas to dispose and store waste and tailings. Faced with the challenges of contemporary society, the linear economic model has become ineffective, and the circular economy is one of the paths to face these problems, that is, the circular economy associates the economic development to a better use of natural resources, promoting new business models and technologies that enables the reuse and commercialization of materials previously considered waste and tailings. Among the opportunities enhanced by this model, there is the resumption of previously occupied areas and their availability for restoration of environmental processes. In 1997, a deposit was installed in Cajati in the industrial complex to dispose of and store the residue of filtered sulfur cake obtained in the sulfuric acid manufacturing process. The enterprise developed a product from this waste, consuming its generation and eliminating the need for disposal and storage. However, the stock did not obtain the necessary specifications for production, being, according to its characteristics studied and applied in another business modality, an initiative that allowed the dispatch of stored waste, decommissioning of the deposit and availability of the area to restoration of environmental processes. In this context, this forest restoration project presents a proposal that is based on the integrating ecological model for the recovery of the degraded area, treating the degraded area as a dynamic, complex and hypersensitive system to the initial conditions of land preparation.

Keywords: degraded area, environmental processes, restoration, complex system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Legislação ambiental	14
2.2	Complexo mineroquímico de Cajati	19
2.3	Restauração florestal de sistemas complexos	20
3	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DOS FATORES DE DEGRADAÇÃO/CONSERVAÇÃO	21
3.1	Diagnostico ambiental	21
3.1.1	Hidrografia	21
3.1.2	Clima	22
3.1.3	Geologia	24
3.1.4	Geomorfologia	24
3.1.5	Pedologia	25
3.1.6	Flora	25
3.2	Ecologia da paisagem	27
3.3	Mapeamento e topografia	29
3.4	Histórico de degradação e condição atual do solo	29
4	SELEÇÃO DE TÉCNICAS	30
5	AÇÕES DE ISOLAMENTO DOS FATORES DE PERTURBAÇÃO	32
6	IMPLANTAÇÃO DA PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL	33
6.1	Redução do grau de compactação do solo	33
6.2	Reafeiçoamento topográfico	33
6.3	Disposição de topsoil	33
6.4	Plantio das mudas	34
7	MANUTENÇÃO FLORESTAL	38
7.1	Replante de mudas	38
7.2	Controle de plantas invasoras	38
7.3	Adubação de manutenção	38
7.4	Combate de formigas cortadeiras	38
7.5	Condução da regeneração natural	39
8	MONITORAMENTO	39
9	ORÇAMENTO	40
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
11	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Os principais desafios da sociedade contemporânea, tornam o modelo econômico linear de produção, consumo e descarte, ineficaz diante do cenário de necessidade de redução da pobreza e das desigualdades sociais, mudanças climáticas, escassez hídrica, perda de biodiversidade e exaustão dos recursos naturais, tendo atingido seu limite (CNI, 2018). Um dos caminhos para o enfrentamento desse problema é por meio de um modelo econômico circular, que associa o crescimento econômico a um ciclo de desenvolvimento positivo contínuo, que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos, com a administração de estoques finitos e fluxos renováveis (FOUNDATION, 2017). Este modelo de economia circular já traz muitas oportunidades para a economia e a indústria brasileira, agregando e recuperando valor de modo mais resiliente e sustentável (CNI, 2018). Um novo modelo de negócio com horizonte de inovação e captura de novos valores que integram, por exemplo, reuso, remanufatura e reciclagem, potencializa variados benefícios, dentre eles a recuperação das áreas degradadas pela disposição e armazenamento de rejeitos e resíduos.

No município de Cajati, localizado no interior do estado de São Paulo, na região do Vale do Ribeira, se encontra em operação um Complexo Minerquímico com atividades que compreende lavra e beneficiamento de rocha fosfática, fabricação de ácido sulfúrico, ácido fosfórico e fosfato bicálcico. Neste empreendimento, como consequência deste novo modelo de negócio, os rejeitos e resíduos, se tornaram especialidades com horizonte de inovação e aplicação de soluções de engenharia que possibilitou a retomada de estoques. Dentre os resíduos, temos a torta de enxofre filtrado obtida no processo de produção de ácido sulfúrico na etapa de filtragem do enxofre fundido. Este resíduo químico, por meio desta modalidade de negócio se tornou matéria prima para produção de insumo de enxofre voltado a cadeia de nutrição animal, eliminando a demanda de estocagem em pilhas de armazenamento. Neste processo, uma parcela do material estocado no empreendimento não apresentou as características necessárias para aplicação na modalidade desenvolvida, e após estudos, foi possível aplicar este material na cadeia de fertilizantes, sendo, encerrado totalmente o processo de disposição e armazenamento deste resíduo no empreendimento.

Neste sentido, considerando que as atividades de disposição e armazenamento do resíduo de torta de enxofre filtrado foram finalizadas pelo empreendimento, e que conforme legislação ambiental aplicável, deve-se promover a recuperação da área degradada, este trabalho realiza a consolidação do processo de fechamento com uma proposta de restauração florestal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Legislação Ambiental

Em termos de legislação ambiental, o Brasil é considerado por especialistas em direito ambiental como um país de referência. Atualmente, todo empreendimento potencialmente poluidor passa por um processo de licenciamento ambiental, em que são assumidos compromissos para adoção de medidas mitigadoras, visando o controle e a compensação ambiental desses impactos. A legislação prevê a participação popular neste processo, e possuímos recursos para responsabilizar e obrigar a todos os empreendimentos, que causem algum tipo de degradação ambiental, a apresentarem e executarem planos de reparação e compensação dos danos provocados (ALMEIDA, 2016). Dentre as principais leis aplicáveis a restauração, podemos citar:

Lei Federal nº 6938/81 – Lei de Política Nacional de Meio Ambiente – lei no sentido de organizar a política de meio ambiente e toda a estrutura governamental no nível federal, estadual e municipal, ligada aos assuntos ambientais. Criou o CONAMA e o SISNAMA, que define como degradação da qualidade ambiental qualquer alteração adversa das características e elementos que integram o meio ambiente (BRASIL, 1981).

Lei Federal nº 7347/85 – Destaca-se como um grande avanço em termos de participação popular em ações relativas ao meio ambiente. Prevê ação civil pública, criando instrumentos que permitem a defesa do meio ambiente na esfera jurisdicional. Cria instrumentos para viabilizar a recuperação de áreas degradadas, através de um fundo específico e de licitação para contratação de empresa para recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 1985).

Resolução CONAMA nº 001/86 – Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Para determinados tipos de empreendimentos exige-se a realização prévia do EIA e RIMA, onde são realizados diagnósticos e planejadas ações de minimização de impactos e mitigação de prováveis danos ambientais (BRASIL, 1986).

Constituição Federal de 1988, Artigo 225 – A floresta atlântica é considerada patrimônio nacional e sua utilização se fará, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. Consolida os instrumentos já existentes, e, a partir da Carta, temos a criação de novos institutos que são aplicáveis na proteção ambiental (ação popular, mandato de segurança coletivo e o mandato de injunção), além de dar maior respaldo para os mecanismos já existentes. No seu parágrafo terceiro, esta lei informa a necessidade de reparar os danos ambientais, onde independente das sanções penais e das multas que possam incidir sobre as pessoas físicas e jurídicas responsáveis pela degradação (BRASIL, 1988).

Decreto-lei n° 97.632/89 – Regulamentou a lei n° 6.938/81, obrigando a recuperação da área degradada como parte do Relatório de Impacto Ambiental. Instituiu o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), que pode ser empregado de forma preventiva ou corretiva, para áreas degradadas por ações de mineradoras. Convém observar que nenhum estado possui legislação específica sobre Recuperação de Áreas Degradadas, complementar à legislação federal já existente. Uma medida interessante seria a ampliação da necessidade do PRAD para outras atividades, para que isto ocorra se faz necessária a ampliação da abrangência das leis por parte do estado, não penalizando somente o setor de mineração e de construção de rodovias, mas também a aplicação em outros setores potencialmente degradadores (BRASIL, 1989).

Lei Federal n° 9.605, de fevereiro de 1998 – Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Através do art. 23, II, obriga o infrator a recompor o ambiente degradado. É a chamada lei dos crimes ambientais, que permite abertura de uma ação e processo penal contra crimes ambientais. Esta lei prevê penalidades como prestação de serviços à comunidade, interdição temporária de direitos, suspensão parcial ou total de atividades, prestação pecuniária e recolhimento domiciliar. A partir deste dispositivo legal, também foi criado o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), que é formalizado pelo órgão ambiental através do Ministério Público,

com o cumprimento das obrigações estipuladas no TAC, traduzidas muitas vezes em ações de recuperação de áreas degradadas, o infrator pode conseguir uma redução de até 90% do valor da multa ambiental aplicada (BRASIL, 1998).

Decreto nº 3.420, de abril de 2000 – Cria o Programa Nacional de Florestas que fomenta a “recomposição e restauração de florestas de preservação permanente, de reserva legal e áreas alteradas” (BRASIL, 2000).

Resolução CONAMA nº 387/06, de 27/12/2006 – Dispõe sobre licenciamento obrigatório de assentamentos rurais. Nesta resolução, estão previstas ações de recuperação ambiental de áreas degradadas, através da elaboração do Plano de Recuperação do Assentamento, onde é programada a recuperação de áreas de reserva legal e de preservação permanente (BRASIL, 2006).

Lei Federal nº 11.428, de dezembro de 2006 – Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Esta lei estabelece as medidas compensatórias para os casos de supressão de vegetação secundária em estágio avançado e médio de regeneração, quando a recuperação será de área equivalente à área do empreendimento, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica e, sempre que possível, na mesma microbacia hidrográfica. Esta lei prevê, em seu art. 10, que “O poder público fomentará o enriquecimento ecológico da vegetação do Bioma Mata Atlântica, bem como o plantio e o reflorestamento com espécies nativas, em especial as iniciativas voluntárias de proprietários rurais” (BRASIL, 2006).

Decreto nº 6.660, de novembro de 2008 – Regulamenta os dispositivos da Lei Federal da Mata Atlântica (11.428/2006). Este decreto, através de seu art. 12, faculta o plantio ou o reflorestamento com espécies nativas, sem necessidade de autorização do órgão ambiental competente, incluindo aí os plantios com finalidade de recuperação ambiental e com finalidade econômica. As espécies florestais nativas plantadas devem ser cadastradas junto ao órgão ambiental competente, o cadastramento permite o corte ou a exploração destas espécies nativas comprovadamente plantadas. O cadastramento deve ser realizado no prazo máximo de sessenta dias, após a realização do plantio ou do reflorestamento (BRASIL, 2008).

Com referência à recuperação ambiental, este decreto prevê o plano de compensação ambiental que, para obtenção da autorização de supressão de vegetação de Mata Atlântica, o requerente deve:

[...] destinar área equivalente à extensão da área desmatada, para conservação, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica e, nos casos previstos nos arts. 30 e 31 da Lei nº 11.428, de 2006, em áreas localizadas no mesmo município ou região metropolitana (art. 26 do Decreto nº 6.660/2008).

Conforme § 2º deste mesmo art. 26 a

[...] execução da reposição florestal deverá seguir as diretrizes definidas em projeto técnico, elaborado por profissional habilitado e previamente aprovado pelo órgão ambiental competente, contemplando metodologia que garanta o restabelecimento de índices de diversidade florística compatíveis com os estágios de regeneração da área desmatada.

Instrução normativa nº 4, de 13 de abril de 2011 – Esta instrução estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada. Esta instrução traz como anexos Termos de Referência e distingue dois tipos de PRAD (PRAD e PRAD simplificado), aplicados conforme cada caso especificado na norma. Na instrução, é determinado que “o PRAD deve reunir informações, diagnósticos, levantamentos e estudos que permitam a avaliação da degradação ou alteração e a consequente definição de medidas adequadas à recuperação da área”. Este dispositivo proposto pelo IBAMA orienta então como elaborar um PRAD para apresentação aos órgãos federais (BRASIL, 2011).

Lei Federal nº 12.651/12, Código Florestal – O novo Código Florestal prevê a recomposição gradual das áreas de reserva legal e recuperação das áreas de preservação permanente em diferentes faixas, conforme o tamanho dos imóveis rurais. As áreas de preservação permanente e de reserva legal, que não possuem mais sua vegetação natural, são consideradas degradadas, portanto necessitam legalmente de serem recuperadas. Em seu artigo primeiro, o novo Código Florestal estabelece, em suas alíneas 6, 7 e 8, a responsabilidade comum de União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais, assim como a inovação para o uso sustentável e a recuperação, além de criação e mobilização de incentivos jurídicos e econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa (BRASIL, 2012).

A recuperação das áreas de Reserva Legal está prevista no artigo 17, do Código Florestal, onde temos: “deverá ser iniciado o processo de recomposição da Reserva Legal em até dois anos contados a partir da data da publicação desta Lei, devendo tal processo ser concluído nos prazos estabelecidos pelo Programa de Regularização Ambiental – PRA”. Também o art. 66, em seu parágrafo segundo, determina que a recomposição da área de reserva legal deverá ser concluída em até 20 (vinte) anos, abrangendo, a cada 02 (dois) anos, no mínimo 1/10 (um décimo) da área total necessária para sua complementação (BRASIL, 2012).

No capítulo X do novo Código Florestal, temos o programa de apoio e incentivo à preservação e recuperação do meio ambiente, no qual são mencionadas linhas de financiamento específicas assim como isenção de impostos e utilização de fundos públicos, também apoio técnico e financeiro (art. 58) e Programas de Regularização Ambiental – PRA (art. 59), onde estão previstas todas as estratégias de recuperação de áreas degradadas na propriedade rural (BRASIL, 2012).

Assim, vários dispositivos legais, principalmente o novo Código Florestal, incentivam a restauração de áreas degradadas, a necessidade de adequação ambiental dos imóveis rurais, conservando as áreas florestais existentes como reserva legal e áreas de preservação permanente e promovendo a recuperação de áreas degradadas é um mecanismo muito importante para conservação dos biomas brasileiros (ALMEIDA, 2016).

Existem outros dispositivos legais relacionados à restauração florestal especificamente para os estados brasileiros, estes dispõem desde as compensações ambientais (alguns estados atrelam a liberação de desmatamento a plantios de restauração compensatórios com a mesma área ou maiores) até o estabelecimento e regras de plantios de restauração como: número de espécies a serem utilizadas, percentagens de uso de espécies ameaçadas de extinção, número de espécies frutíferas, entre outras (ALMEIDA, 2016).

Para a Mata Atlântica, a recomposição/conservação das áreas de reserva legal e a preservação permanente podem significar a recuperação deste bioma. Considerando que, atualmente, mais de 70% dos remanescentes de Mata Atlântica estão nas mãos de particulares, a criação de mecanismos que incentivem a recuperação de áreas degradadas (reservas legais ou preservação permanente) e conservação dos últimos remanescentes pode representar uma recuperação real de nossa floresta atlântica (ALMEIDA, 2016).

2.2 Complexo mineroquímico de Cajati

A história da mineração em Cajati confunde-se com a própria origem do município. A região ganhou evidência no início do século passado, quando foram descobertas jazidas minerais com base em pesquisas conduzidas por técnicos do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo. As pesquisas indicaram a presença de magnetita e apatita na área conhecida como Morro da Mina (SÁNCHEZ; SÁNCHEZ, 2011).

As primeiras atividades de lavra de apatita foram iniciadas na década de 1930, quando uma empresa ligada ao Grupo Moinho Santista requereu autorização para explorar as jazidas locais, com o direito de lavra sendo concedido em 1938 (BRASIL MINERAL, 1984). A mineração, é uma atividade de grande importância econômica, é com frequência altamente impactante ao meio ambiente (SILVA, CAMPAGNA; LIPP-NISSINEN, 2018).

Hoje, o Complexo Mineroquímico de Cajati, desempenha operações de lavra, beneficiamento mineral, produção de ácido sulfúrico, produção ácido fosfórico e fosfato bicálcico, além dos subprodutos gerados no beneficiamento do minério e no processo industrial, que também são comercializados, tais como calcário (calcítico e dolomítico) e a magnetita (TRAÇOS; OFÍCIOS, 2015).

No setor mineral, se realiza os processos de lavra a céu aberto e beneficiamento do minério lavrado, o minério após desmonte, carregamento e transporte é britado nas unidades de cominuição e encaminhado para usina de beneficiamento, onde é sequenciado em processos de moagem, separação magnética e flotação, produzindo o minério concentrado e os rejeitos de calcários e magnetita (TRAÇOS; OFÍCIOS, 2015).

No setor químico, é produzido o ácido sulfúrico a partir do processo de fusão do enxofre, filtragem de enxofre fundido, nesta etapa é obtido o enxofre filtrado que segue o processo produtivo e a torta de enxofre caracterizada pelo resíduo sólido retido na filtração do enxofre. O ácido sulfúrico é enviado para unidade de produção de ácido fosfórico, o qual é obtido a partir da reação química entre o ácido sulfúrico e o minério lavrado. O ácido fosfórico é encaminhado para unidade de fosfato bicálcico, o qual é obtido por meio da reação química entre ácido fosfórico e calcário calcítico moído (TRAÇOS; OFÍCIOS, 2015).

2.3 Restauração florestal de sistemas complexos

As mineradoras, têm apresentado iniciativas tímidas para minimizarem os problemas ambientais oriundos da mineração (BORTOT, 2004). A revegetação é parte essencial no processo de recuperação de áreas degradadas pela mineração. No entanto, com objetivo de atender a legislação e se obter respostas rápidas nos processos de recuperação e restauração de áreas degradadas, simplesmente transferiu-se para mineração técnicas e procedimentos utilizados na monocultura e nos reflorestamentos homogêneos, contribuindo para elaboração de manuais e propostas de projetos para recuperação e restauração ambiental de áreas degradadas que carecem de uma concepção metodológica integradora (AUMOND, 2019).

Logo, os esforços se concentram na redução do impacto visual, com a regularização topográfica e paisagística, por meio da revegetação homogênea, conhecida como técnica do tapete verde. Uma superfície rugosa, heterogênea e irregular, preparada adequadamente, tem efeito benéfico no processo de recuperação ambiental de área degradada pela mineração. Porém, a regularização topográfica de áreas mineradas e a revegetação homogênea disfarçam o problema e não garantem a sustentabilidade de recuperação (AUMOND, 2019).

A recuperação e a restauração necessitam de uma abordagem multidisciplinar e interdisciplinar, auxiliada por um modelo ecológico teórico que envolva o máximo dos componentes do sistema degradado, incluindo o solo, a morfologia do terreno (rugosidade), vegetação, fauna (invertebrados), água, microclima, o homem e o ambiente (AUMOND, 2019). Desta forma, faz-se necessário novos modelos para preencher a lacuna do conhecimento na arte da recuperação e restauração ambiental.

Neste sentido, Aumond (2019), selecionou uma das mais expressivas jazidas de argilas exploradas ao longo de 35 anos no estado de Santa Catarina para desenvolvimento de uma abordagem sistêmica e de um novo modelo ecológico integrador para auxiliar na recuperação de áreas degradadas. Após duas décadas de esforços aplicando modelos convencionais, os resultados obtidos eram frustrantes, tanto para a empresa, como para o ambiente e para quem conduzia os trabalhos. Diante dos resultados e das observações, conclui-se que o fluxo de matéria (nutrientes, matéria orgânica, sementes e microrganismos) para fora da área em recuperação era muito elevado e eram diminuídas as possibilidades de ocorrer interações ambientais da água e nutrientes com a flora e fauna regionais. Esses fatos,

levaram o pesquisador a uma reflexão sobre a distribuição da água no ecossistemas e sua influência ecológica nas áreas em processo de recuperação. A água provocara erosão, comportando-se como um fator ecológico negativo. A água em trânsito rápido no sistema expandia a degradação ambiental. Assim, a retenção da água no sistema não só seria fator relevante, mas também poderia ser um indicativo do estado de recuperação da área degradada. Desta forma, idealizou-se então fixar temporariamente a água dentro do sistema, de forma que em seu trânsito desencadeasse efeitos positivos. Esse novo foco na recuperação permitiu constatar que em pequenas irregularidades da superfície do terreno (microtopografias), onde a água ficou depositada, havia diversidade vegetal com recolonização espontânea de espécies herbáceas nativas. Esses núcleos de vegetação que se estabeleciam espontaneamente mostravam certas especificidades não esperadas no processo de restauração. A vegetação era mais frequente nas superfícies do terreno não regularizadas, caracterizadas por pequenas rugosidades. O estabelecimento vegetal espontâneo ocorria especialmente nas superfícies côncavas, porém, ocorria diferenciadamente também nas superfícies convexas dessas rugosidades, assim, emergiu, a ideia de tratar as áreas degradadas como um sistema na ótica da Teoria do Caos. (AUMOND, 2019).

Aumond (2019), conclui que em recuperação ambiental tem que trabalhar com a perspectiva de que as áreas degradadas se configuram como sistemas abertos e, temos que induzir o sistema ao fechamento organizacional, porém, mantendo-o aberto ao fluxo de matéria e energia, de forma a manter um equilíbrio dinâmico. As rugosidades provocaram a introspecção da entropia ou sua transformação, de negativa em positiva (sintropia), com reflexos positivos sobre as variáveis ecológicas.

3 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DOS FATORES DE DEGRADAÇÃO/CONSERVAÇÃO

3.1 Diagnostico ambiental

3.1.1 Hidrografia

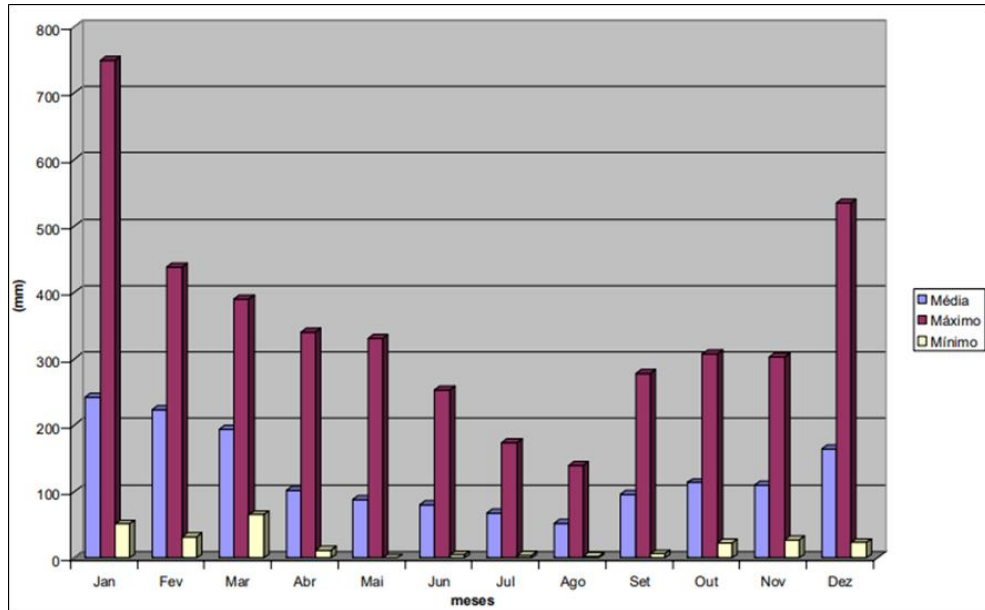
O Complexo Mineroquímico de Cajati está inserido na bacia hidrográfica do rio Jacupiranguinha, afluente do rio Jacupiranga, que deságua no rio Ribeirade Iguapé em sua margem direita, em seu baixo curso, entre as cidades de Registro e Iguapé. Uma porção ao norte do empreendimento encontra-se na bacia hidrográfica do rio Turvo.

Trata-se da sub-bacia hidrográfica do rio dos Lemes, afluente do rio Turvo, que deságua no rio Jacupiranga. A densidade de drenagem é de média à alta e, de modo geral, o padrão de drenagem é dendrítico a retilíneo nas cabeceiras, denotando o condicionamento dos traçados às estruturas geológicas. Em outro setor, no médio e baixo curso apresenta padrão tipicamente meândrico, como é o caso dos rios Jacupiranguinha, Bananal e Santa Flora. O rio Jacupiranguinha possui valores de vazão médios anuais por volta de 5 m³/s, sendo que a vazão máxima não ultrapassa ao 10 m³/s, e sua bacia de contribuição possui cerca de 204 km⁴.

3.1.2 Clima

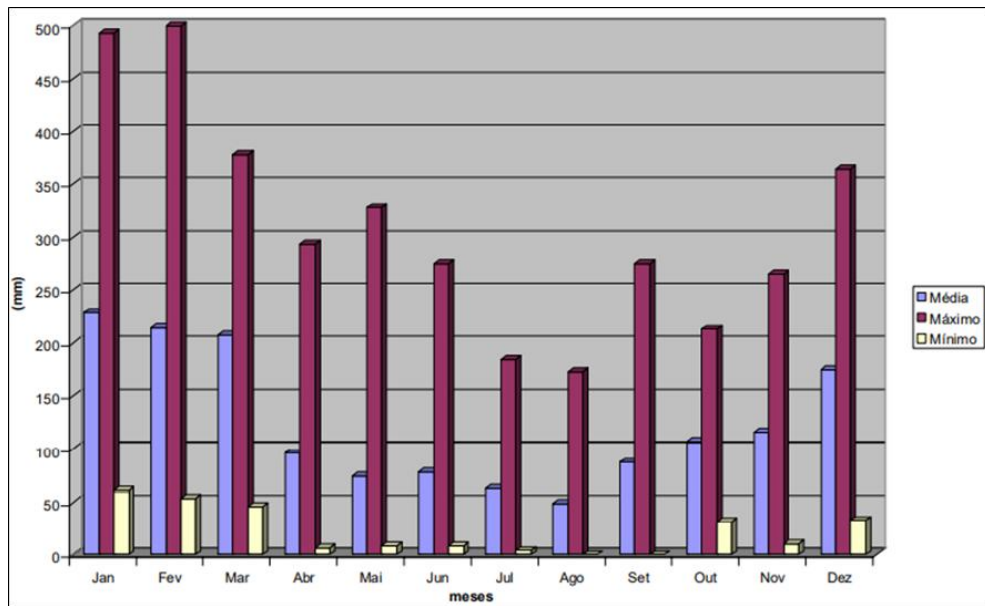
Segundo Prominer (2009), as principais características climáticas da região na qual se situa o município de Cajati estão expressas pelos índices de chuvas e variação das temperaturas. A notável diversificação do regime de temperatura e variação dos índices de chuvas (apesar de sua gênese permanecer a mesma) influenciam o clima da região, em função de fatores estáticos (aspectos geográficos) e de natureza dinâmica (circulação atmosférica), que atuam simultaneamente e em constante interação. A temperatura média anual fica na faixa dos 22 °C. As temperaturas máximas absolutas podem atingir de 36 °C a 38 °C e as mínimas absolutas podem variar de 0 °C a 4 °C, porém a média das mínimas fica por volta de 16 °C. Com relação aos índices pluviométricos, utilizou-se dados de dois postos do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, localizados próximos ao Complexo Minerquímico de Cajati, o que permitiu estabelecer uma análise quantitativa entre os valores de chuva registrados nesses locais. A análise dos dados revela o típico clima tropical, com grande influência da massa polar, com ocorrência de chuvas em boa parte do ano, mas com período característico de seca entre maio e setembro, quando se observa ausência de precipitação em alguns meses. Por outro lado, os meses mais chuvosos vão de dezembro a março, por vezes com registro atípicos, como 749 mm de chuvas em janeiro de 1963 e precipitações acima de 400 mm em 1981, 1988, 1989 e 1997, quando a média desse mês fica em torno de 240 mm (Figura 1 e Figura 2).

Figura 1. Gráfico da pluviometria mensal (média, máxima e mínima) do posto Serrana do Sul em Cajati do DAEE.



Fonte: Prominer (2009)

Figura 2. Gráfico da pluviometria mensal (média, máxima e mínima) do posto Barra do Azeite em Cajati do DAEE.



Fonte: Prominer (2009)

3.1.3 Geologia

Segundo Bonás (2007), o empreendimento está inserido no Complexo Alcalino de Jacupiranga, uma ocorrência brasileira clássica de alcalinas e ultrabásicas com manifestações carbonatíticas associadas que constituem um depósito fosfático de afiliação magmática.

3.1.4 Geomorfologia

De acordo com Almeida (1974) e IPT (1981), o Complexo Mineraloquímico de Cajati encontra-se no grande domínio da Província Costeira. A Província Costeira corresponde à área do estado de São Paulo drenada diretamente para o mar, constituindo o rebordo do Planalto Atlântico, tendo como limite as escarpas da Serra do Mar e Paranapiacaba. Esta área possui um relevo muito complexo com características geomorfológicas peculiares, devido à maior diversidade estrutural. As escarpas limítrofes da Província Costeira recuaram até uma centena de quilômetros de orla litorânea, refletindo em modelados erosivo.

Segundo Ross e Moroz (1997), regionalmente o projeto se insere em três feições morfoesculturais, sendo elas: Depressão do Baixo Ribeira, Planalto Ribeira/Turvo e as Planícies Fluviais, todos pertencentes ao litoral Sul do estado de São Paulo, conforme descrito a seguir.

O Planalto Ribeira/Turno, pertencente ao Cinturão Orogênico do Atlântico, apresenta formas de relevo denudacionais, com morros altos, como a Serra do Guaraú. Suas cotas altimétricas localizam-se entre 700 e 900 m e sua dominante varia de 20 a 30%. Essa feição apresenta forma de dissecação e densidade da drenagem de média à alta com vales entalhados.

A Depressão do Baixo Ribeira pertence à unidade morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozoicas. Nesta feição também predominam as formas de relevo denudacionais, com cotas disse altimétricas variando de 0 a 30 metros. As declividades dominantes são de 10 a 20%. Sua forma de dissecação é muito intensa, com valores de entalhamento pequena e densidade de drenagem alta.

As Planícies Fluviais são caracterizadas por terrenos planos, de natureza sedimentar quaternária, onde predominam formas de relevo de agradação. Essas planícies acham-se dispostas junto às margens dos rios, sujeitas às inundações periódicas por serem áreas baixas e planas com declividades inferiores a 2%.

3.1.5 Pedologia

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas-IAC em conjunto com a Embrapa Solos (1999), na área da propriedade do Complexo Mineroquímico de Cajati e em seu entorno ocorrem solos classificados como Latossolos Amarelos, Chernossolos Argilúvicos e Organossolos méssicos ou háplicos.

No entanto, nos levantamentos de campo de detalhe realizados pela Prominer (2009), na área do Complexo Mineroquímico de Cajati, foram identificados, ainda, solos classificados como Argissolos Vermelho-amarelos, Cambissolos Flúvicos, Chernossolos Argilúvicos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos.

3.1.6 Flora

O Complexo Mineroquímico de Cajati insere-se fitogeograficamente no domínio da Mata Atlântica (Figura 3). Considerado o segundo maior ecossistema florestal do Brasil, superado somente pela Amazônia, a Mata Atlântica estende-se de forma contínua ao longo de toda a costa brasileira, penetrando de forma disjunta até o Paraguai e o sul do Brasil (LEAL; CÂMARA, 2003).

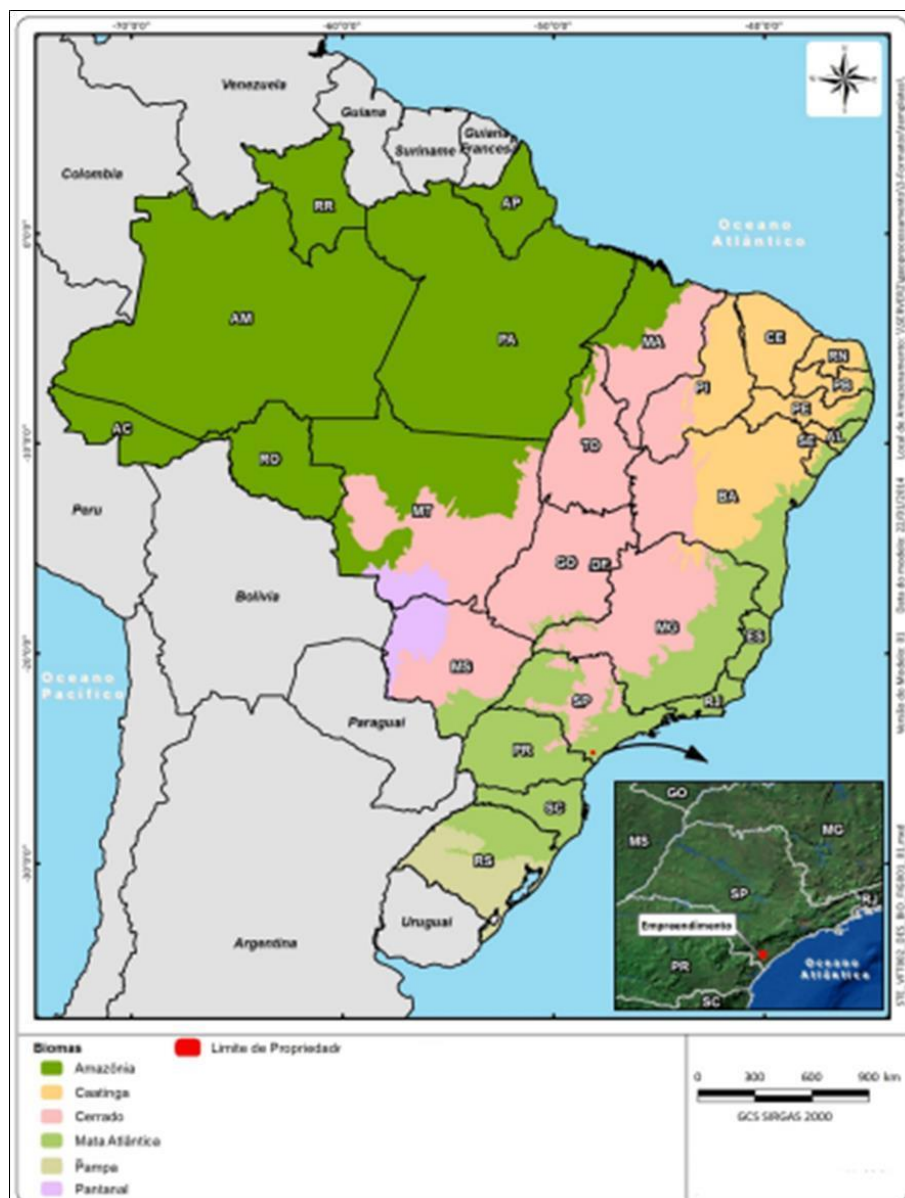
A Mata Atlântica apresenta elevada biodiversidade e grande heterogeneidade ambiental, com alta variação altitudinal, grande amplitude latitudinal e longitudinal e diferentes taxas de precipitação determinadas pelas zonas climáticas do domínio (FRANÇA; STEHMANN, 2013). Esses fatores, reunidos com o curso evolutivo das espécies, são responsáveis pela elevada riqueza biológica do domínio (aproximadamente 20.000 espécies vegetais e 2.300 animais) com altos índices de endemismos (9.000 espécies animais e vegetais) e de espécies ameaçadas devido à distribuição restrita e à destruição dos habitats naturais.

Historicamente, a Mata Atlântica é o ecossistema brasileiro que a mais tempo sofre com a exploração de seus recursos. Desde as épocas coloniais até os dias atuais a utilização dos recursos florestais e minerais, a substituição da cobertura vegetal nativa pela agropecuária e o desenvolvimento urbano-industrial tem removido extensas áreas dessa floresta. Nesse contexto, hoje estima-se restar somente 11% de toda a sua cobertura original de 1,5 milhões de km² (RIBEIRO *et al.*, 2009). Os fragmentos restantes encontram-se quase todos na forma de pequenas “ilhas” sobre forte efeito de borda e pouca, ou nenhuma, conectividade entre eles.

Estudos recentes classificam a Mata Atlântica como o ecossistema florestal mais ameaçado do mundo. Ainda assim, as pressões existentes contra esse ecossistema resultam em taxas de desmatamento crescente. Por outro lado, esforços na recuperação da Mata Atlântica ultrapassam o de todos os ecossistemas brasileiros, com grandes projetos de recuperação de áreas degradadas já consolidadas e um farto leque de informações a respeito dessas iniciativas.

O Vale do Ribeira e a Serra do Mar são as duas regiões do estado de São Paulo que conservam a maior parte dos relictos mais preservados e externos de Mata Atlântica (PROMINER, 2009). A região do Vale do Ribeira conta com aproximadamente 40 % dos remanescentes de Mata Atlântica do estado de São Paulo (KRONKA *et al.*, 2005).

Figura 3. Mapa com indicações dos biomas do Brasil com destaque para localização do Complexo Minerológico de Cajati



Fonte: Prominer (2009)

Nos estudos florísticos e fitossociológicos realizados pela Prominer (2009), foram observados na área do Complexo Mineroquímico de Cajati, 79 espécies de vegetais lenhosas dispostas em 66 gêneros de 34 famílias botânicas. A família mais rica em espécies foi Fabaceae, com 13 espécies, seguida de Lauraceae, com 6 (seis) espécies e Euphorbiaceae com 4 (quatro) espécies. Juntas essas famílias foram responsáveis por 29,11% de todas as espécies amostradas. O gênero mais rico foi *Nectandra*, com 4 (quatro) espécies, seguido de *Cordia*, com 3 (três) espécies.

Da comunidade vegetal levantada, apenas *Euterpe edulis* (Juçara) encontra-se na categoria vulnerável segundo a Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. Ainda segundo a Lista Oficial das Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do Estado de São Paulo, a *Cedrela fissilis* Vell., (Cedro) encontra-se na categoria vulnerável, e *Virola bicuhyba* em perigo.

3.2 Ecologia da paisagem

A área degradada objeto do projeto de restauração florestal é caracterizada predominantemente por solo exposto e trechos com área de campo antrópico. A região de solo exposto é desprovida de qualquer cobertura vegetal, sendo este local ocupado pelo antigo depósito de torta residual de filtração de enxofre, e, a região de campo antrópico é composta por cobertura vegetal caracterizada por plantas ruderais herbáceas, dentre as quais se destacam as espécies exóticas como *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Panicum maximum* (capim-elefante).

Figura 4. Área objeto do projeto detalhe região solo exposto após descomissionamento da manta de impermeabilização



Fonte: Autoria própria (2022)

O entorno da área objeto do projeto de restauração é caracterizada por áreas de campo antrópico e reflorestamento com eucalipto (*Eucalyptus* sp.) com subosque de vegetação nativa em regeneração, e em menor proporção, remanescente de vegetação nativa estágio inicial (Figura 5).

Figura 5. Área objeto do projeto detalhe do entorno



Fonte: Autoria própria (2022)

A vegetação natural remanescente nos domínios do Complexo Minerquímico de Cajati é em sua totalidade típica da Mata Atlântica, da formação ecológica denominada Floresta Ombrófila Densa Montana. A vegetação nativa que recobre a área apresenta-se bastante heterogênea, com características fisionômicas peculiares, podendo ser classificada como secundária em estágio inicial a médio de regeneração (PROMINER, 2009).

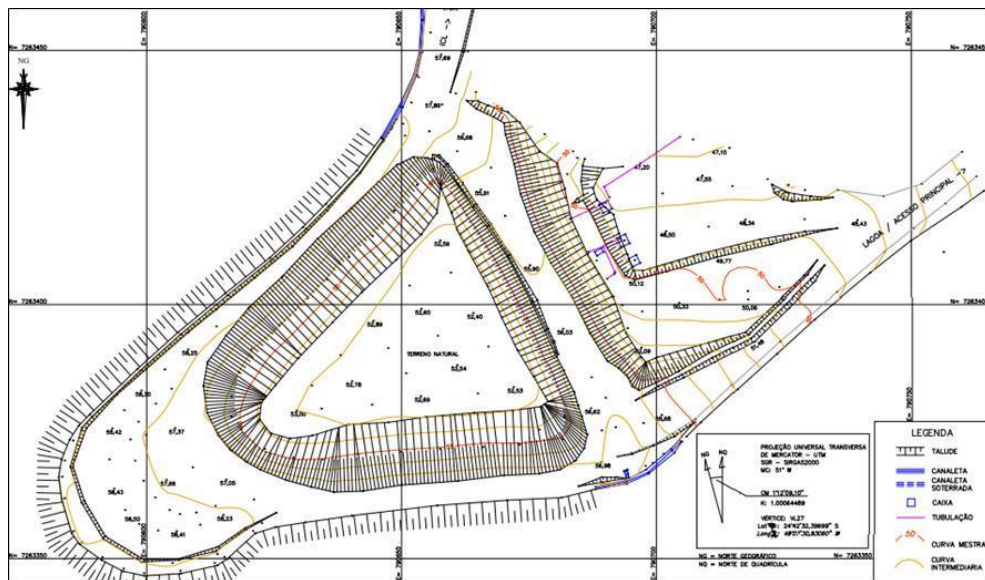
Logo, em uma análise de maior abrangência territorial da área objeto do projeto, temos, que as porções limítrofes se configuram em campo antrópico, reflorestamento com eucalipto, vegetação pioneira e vegetação nativa em estágio inicial de regeneração, também, observa-se que nas proximidades da área se encontra um fragmento secundário em estágio médio de regeneração, bem como recursos hídricos, favorecendo a presença da fauna silvestre e possibilitando seu uso na restauração para dispersão e combate de formigas.

3.3 Mapeamento e topografia

A área de 0,79 hectares objeto do projeto de restauração que anteriormente destinava-se ao depósito de torta residual de enxofre filtrado, atualmente descomissionado, localiza-se a sul no interior do Complexo Minerquímico de Cajati.

Para construção do depósito foi necessário desenvolver obras de engenharia para drenagem e impermeabilização da estrutura, bem como configuração para armazenamento do volume disponível de material, esses processos ocasionaram a alteração da topografia original da área, sendo necessário recuperar o relevo natural. Atualmente, tem-se uma variação de 11,40 metros entre as cotas de topo e piso da estrutura.

Figura 6. Levantamento planialtimétrico da área objeto do projeto



Fonte: Topoplan (2022)

3.4 Histórico de degradação e condição atual do solo

O ácido sulfúrico é um composto químico de fórmula H_2SO_4 , classificado como um ácido mineral forte, “oxiácido”, derivado do anidrido sulfúrico. Dentre as aplicações, os principais usos para o ácido sulfúrico são fabricação de fertilizantes, processamento de minérios, síntese química, processamento de efluentes líquidos e refino de petróleo (LOURENÇO; ARAUJO, 2020).

A principal matéria prima para produção de ácido sulfúrico é o enxofre, o qual pelo método de contato é purificado. Nesta etapa, ocorrem as operações de fusão, sedimentação e filtração do enxofre com objetivo de remover as impurezas sólidas, já que estas afetam a eficiência do processo (LOURENÇO; ARAUJO, 2020).

Ao final da filtração do enxofre líquido é formada uma torta residual de filtração, que é removida do meio filtrante e enviada para caçambas, onde irá resfriar e será armazenada em local apropriado na unidade (COSTA, 2020).

Neste sentido, o Complexo Mineraloquímico de Cajati, construiu em suas instalações uma estrutura adequada com sistema de drenagem e impermeabilização com manta para armazenar a torta residual de filtração de enxofre gerada em seu processo produtivo de ácido sulfúrico.

Em linha com o modelo da economia circular, foi desenvolvido um processo produtivo no Complexo que tem a torta residual de filtração de enxofre como matéria prima. Essa solução possibilitou processar a torta rotineiramente gerada no processo sem a necessidade de armazenamento, e a recuperação (Consumo) da torta armazenada na unidade. Assim, o depósito de torta residual da filtração de enxofre foi exaurido e sua estrutura descomissionada, estando a área disponível para restauração. Atualmente, o solo da área se encontra exposto, pois com a desmobilização da estrutura sua manta de impermeabilização foi removida e devidamente destinado, este solo é compactado.

4 SELEÇÃO DE TÉCNICAS

Nas últimas décadas, tem-se utilizado para restauração de áreas degradadas pela mineração a devolução do solo superficial que foi retirado antes da extração do minério (SALOMÃO *et al.*, 2007). O topsoil, como é denominado o solo superficial em inglês, é caracterizado como o horizonte A do solo que contém uma grande quantidade de sementes e outros propágulos, além de matéria orgânica nos mais variados estágios de decomposição e uma série de microrganismos decompositores, considerados importantes no processo inicial de restauração de ecossistema degradados (KOCH, 2007).

Alguns modelos têm sido aplicados para restaurar ambientes que foram degradados, predominando o plantio de mudas de diversas espécies (SALOMÃO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2015), pois tem-se teoricamente uma maior garantia de sucesso das mesmas na unidade. No entanto, a indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (topsoil) é outro modelo utilizado para restaurar áreas degradadas de maneira integrada com o plantio ou isoladamente. Esse método também é simples e muito eficaz, principalmente a regeneração visando acelerar o desenvolvimento das espécies (SHONO *et al.*, 2007).

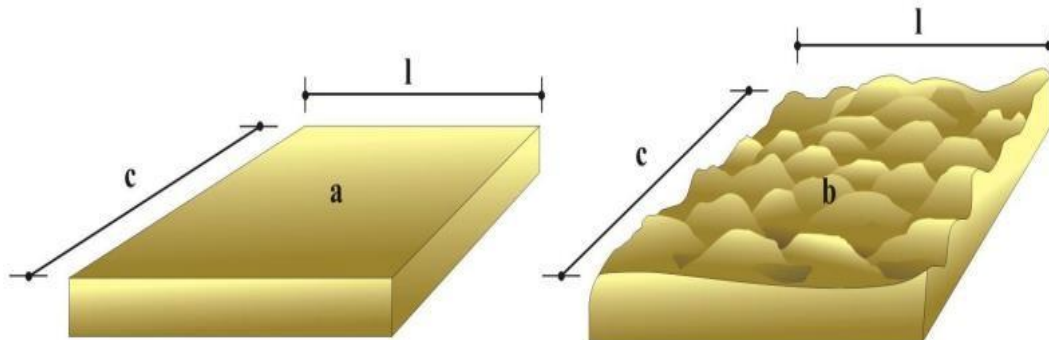
A concepção em se utilizar o topsoil para restauração de áreas degradadas é fornecer condições para a germinação e desenvolvimento acelerado das espécies pioneiras exigentes de luz (além de proporcionar matéria orgânica e microrganismos), dando início a sucessão secundária (BRANCALION *et al.*, 2015).

Atualmente, o empreendimento se encontram em processo de ampliação de suas estruturas de mineração e vem realizando o processo de supressão de vegetação possuindo topsoil disponível para utilização em processos de restauração. Logo, como técnica a ser empregada por este projeto é previsto o uso do recurso disponível (Topsoil), visto que a área necessita de conformação topográfica para recuperação do relevo natural, matéria orgânica e nutrientes.

Também, de acordo com o previsto no inciso II do art. 11 da Resolução SMA n.º 32 de 2014, este projeto contempla o plantio de mudas de espécies nativas. O plantio misto de espécies arbóreas nativas representa a medida de restauração mais comum em áreas degradadas, nos casos de ausência de regeneração natural ou, quando existente de maneira insatisfatória, e têm a função de acelerar o processo de sucessão secundária, ou mesmo de propiciar condições para que ela ocorra, introduzindo deliberadamente novos indivíduos vegetais nativos na área.

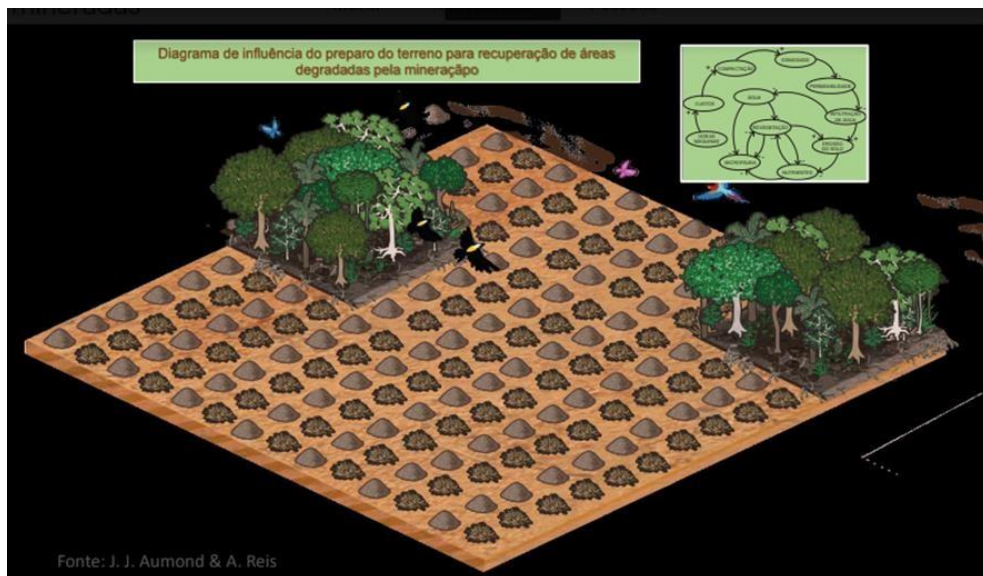
Associado as técnicas de aplicação de topsoil e plantio direto, conforme descrito por Aumond (2019), a recuperação ambiental tem que trabalhar com a perspectiva de que as áreas degradadas se configuram como sistemas abertos e, temos que induzir o sistema ao fechamento organizacional, porém, mantendo-o aberto ao fluxo de matéria e energia, de forma a manter um equilíbrio dinâmico. Logo, é previsto por meio dos recursos disponíveis a aplicação de rugosidades, a fim de viabilizar atratores gravitacionais, produzindo ilhas de diversidade que incorporem ao sistema uma dinâmica hipersensível, funcionando, como nucleadores na retenção de água, nutrientes, sedimentos, atração de fauna, e desencadeando efeitos de amplificação pela realimentação, potencializando e acelerando a recuperação ambiental.

Figura 7. Ilustração esquemática de área regular (A), modelo convencional de restauração, e área irregular (B), modelo a ser usado neste projeto, consiste em ecossistemas fechados com introspecção da entropia



Fonte: Aumond (2022)

Figura 8. Diagrama do preparo do terreno para recuperação.



Fonte: J.J. Aumond & A. Reis (2022)

5 AÇÕES DE ISOLAMENTO DOS FATORES DE PERTURBAÇÃO

Rodrigues e Gandolfi (2004) e Martins (2013) abordam que o isolamento de uma determinada área degradada dos fatores de perturbação é o primeiro procedimento a ser adotado na sua restauração. Os autores afirmam que o cercamento da área impede o acesso de animais (equinos, bovinos e caprinos) e limita espacialmente as atividades realizadas nas adjacências, permitindo que os processos ecológicos se restabeleçam e que promovam a regeneração natural das espécies.

Para área objeto do projeto, não foi identificado fatores de perturbação que necessite de cercamento da área para controle, uma vez que a área se encontram no interior de um Complexo Mineralógico em atividade, logo, é previsto a sinalização da área com objetivo de advertir os colaboradores sobre o processo de desenvolvimento.

As áreas de plantio deverão ser previamente vistoriadas a fim de serem identificados possíveis olheiros e carreadores das formigas cortadeiras. O combate inicial poderá ser feito por meio da aplicação de formicida granulado. A distribuição dos grânulos deve ser feita ao lado dos carreadores e não em cima destes, próximos aos olheiros, sendo que a aplicação deve ser realizada com tempo seco para evitar que ocorra degradação dos grânulos devido à umidade.

6 IMPLANTAÇÃO DA PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

6.1 Redução do grau de compactação do solo

Em solo compactado as raízes das plantas se torcem mudando de direção e têm seu desenvolvimento prejudicado. Ocorre também a baixa capacidade de infiltração e dissipação da água, diminuindo a porosidade do solo e as trocas gasosas entre este e a atmosfera, ocasionando o impedimento da ação capilar da água e o aumento da erosão laminar superficial.

Considerando a alta compactação do solo, deve-se proceder com a execução de atividades de descompactação do solo, podendo ser usado escarificadores até a profundidade de 30 cm, cujo formato das hastas permite que a camada compactada seja rompida sem afetar muito o nivelamento do terreno.

6.2 Reafeição topográfico

A conformação topográfica consiste em um fator limitante para o sucesso deste projeto, visto que o relevo natural foi alterado para implantação da estrutura de depósito. Além de proporcionar a estabilidade geotécnica, a remodelagem topográfica altera a geometria acidentada de forma que as superfícies mantenham uma conformação rugosa (Figura 7), criando melhores condições para o desenvolvimento do plantio e auxiliando o processo de sucessão natural. Esta medida tem como objetivo a reconstrução dos contornos originais da área, em harmonia com a paisagem adjacente. Para a reconformação topográfica deverá ser utilizado topsoil disponível no empreendimento.

6.3 Disposição de topsoil

A camada superficial de solo (também conhecida como a camada fértil ou topsoil) concentra os teores mais altos de matéria orgânica, nutrientes minerais, propágulos, e micro e mesofauna, apresentando potencial de facilitar o recobrimento com a vegetação.

Quando proveniente de áreas recobertas por vegetação nativa, a camada superficial do solo contém banco de sementes com alto potencial para facilitar a revegetação de áreas degradadas. O solo vegetal superficial removido durante as atividades de decapeamento deverão ser manejado de forma que não perca as suas características naturais, para ser aproveitado na área objeto do projeto.

As principais práticas relacionadas ao manejo do solo superficial podem ser agrupadas em:

- As equipes de operação deverão receber orientações para o melhor aproveitamento e conservação deste material;
- Identificar previamente a espessura da camada fértil do solo possível de ser aproveitada;
- Durante a remoção do solo superficial, utilizar equipamento adequado operador treinado de modo a evitar mistura com o subsolo (horizonte C) que possa vir a comprometer a qualidade da camada fértil do solo.

Assim, deverá ser removida uma camada de solo superficial de cerca de 30 cm nas áreas já autorizadas para supressão de vegetação nativa. A camada orgânica superficial do solo será decapeada concomitantemente as operações de supressão, e recomenda-se que seja imediatamente reutilizado na área objeto de restauração, uma vez que, o uso direto do solo nas áreas a serem recuperadas evita que o solo superficial seja manuseado mais vezes. O solo superficial deverá ser disposto na área de restauração em camada heterogêneas de espessura de acordo com o volume disponível, obedecendo a conformação topográfica do terreno com aplicação de rugosidades.

6.4 Plantio das mudas

O plantio das mudas nativas será realizado no espaçamento de 3 x 3 m (3 m entre as linhas de plantio por 3 m entre as covas na linha de plantio), respeitando a densidade de 9 m² por muda. Este espaçamento foi selecionado em virtude da disposição de topsoil na área. O plantio deverá explorar ao máximo a diversidade de espécies da região, evitando-se o plantio de indivíduos da mesma espécie próximos uns dos outros. Uma maneira prática de associar as espécies na restauração é intercalar na linha de plantio espécies do grupo ecológico das pioneiras e não pioneiras.

O alinhamento e marcação das covas no espaçamento adotado poderão ser feitos por meio de cordas com comprimento definido ou por varas guia de madeira. A abertura das covas devem ocorrer nos locais previamente definido pelo espaçamento, com dimensões mínimas de 30 x 30 x 30 cm, sendo também executado o coroamento ao redor da covas em um raio de cerca de 40 cm. As mudas plantadas deverão ser estaqueadas com bambu, que também servirão para facilitar a identificação das mesmas em campo nas operações de manutenção.

A seguir são relacionadas as espécies nativas disponíveis no viveiro florestal do empreendimento para uso nas atividades de restauração florestal (PROBIOTA, 2022).

Tabela 1. Tabela com relação de espécies disponíveis no viveiro do empreendimento para uso em restauração

Táxon	Nome vernáculo	Classe
ANACARDIACEAE		
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira-vermelha	NP
APOCYNACEAE		
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	Guatambú-vermelho	NP
ARECACEAE		
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F.Muell.) H.Wendl. & Drude	Palmeira-real-australiana	I
* <i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	Brejaúva	NP
* <i>Attalea dubia</i> (Mart.) Burret	Indaiá	NP
* <i>Bactris setosa</i> Mart.	Tucum	NP
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito-juçara	NP
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	NP
Indet. 1		
BIXACEAE		
<i>Bixa orellana</i> L.	Colorau	
CANNABACEAE		
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Pau-pólvora	P
CELASTRACEAE		
<i>Monteverdia aquifolia</i> (Mart.) Biral	Espinheira-santa	NP
* <i>Monteverdia gonoclada</i> (Mart.) Biral	Cafézinho	NP
COMBRETACEAE		
<i>Terminalia cattapa</i> L.	Chapéu-de-sol	I
EUPHORBIACEAE		
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Tapiá	P
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui	P
<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	I
FABACEAE		
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	NP
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata-de-vaca	P
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	Pata-de-vaca	P
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	Copaíba	NP
<i>Crotalaria pallida</i> Aiton	Cascaveleira	I
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Rabo-de-bugio	NP

Táxon	Nome vernáculo	Classe
<i>Dalbergia</i> sp.		NP
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	Carrapicho	
* <i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Mulungu-do-litoral	NP
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	NP
<i>Inga marginata</i> Wild.	Ingá-feijão	P
<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá-do-brejo	P
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	I
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	Jacarandá-bico-de-pato	NP
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	Jacarandá-bico-de-pato	NP
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	Sapuvá	P
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	NP
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Pau-jacaré	P
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Guapuruvú	P
<i>Senna pendula</i> (Humb.& Bonpl.ex Willd.) H.S.Irwin & Barneby	Piteira	P
LAMIACEAE		
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Tamanqueiro	P
LAURACEAE		
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canelinha	NP
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Canela-branca	NP
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	Canela-ferrugem	NP
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	Canela-preta	NP
<i>Persea americana</i> Mill.	Abacateiro	I
LOGANIACEAE		
<i>Strychnos parvifolia</i> A. DC.		
MAGNOLIACEAE		
* <i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	Pinha-do-brejo	NP
MALPIGHIACEAE		
<i>Bunchosia pallescens</i> Skottsbo.		NP
MALVACEAE		
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira	P
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	Embiruçú	P
MELASTOMATACEAE		
<i>Clidemia</i> sp.	Pixirica	P
<i>Miconia</i> sp.	Pixirica	P
MELIACEAE		
<i>Melia azedarach</i> L.	Cinamomo	I
* <i>Trichilia pallens</i> C. D.C.	Catiguá	NP
MYRTACEAE		
<i>Campomanaesia</i> sp.		
* <i>Eugenia candolleana</i> DC.	Ameixa-da-mata	NP
<i>Eugenia</i> sp.1		
<i>Eugenia</i> sp. 2		
* <i>Eugenia stigmatica</i> DC.	Guamirim	NP
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	NP
<i>Eucalyptus</i> sp. 1	Eucalipto	I
Indet. 1		
<i>Myrcia neolucida</i> A.R.Lourenço & E.Lucas	Guamirim	NP
<i>Myrcia</i> sp. 1		NP
<i>Myrcia</i> sp. 2		NP

Táxon	Nome vernáculo	Classe
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	I
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamelão	I
NYCTAGINACEAE		
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Maria-mole	P
PHYTOLACCACEAE		
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Pau-d'alho	NP
PIPERACEAE		
<i>Piper aduncum</i> L.	Pariparoba	NP
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunt.	Jaborandi	NP
<i>Piper malacophyllum</i> (C.Presl) C.DC.		NP
<i>Piper</i> sp. 1		NP
<i>Piper</i> sp. 2		NP
<i>Piper umbellatum</i> L.	Caapeba	P
* <i>Piper vicosanum</i> Yunck.		NP
PRIMULACEAE		
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	P
RUBIACEAE		
<i>Cordia myrciifolia</i> (K.Schum.) C.H.Perss. & Delprete		NP
* <i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	Chacrona	NP
RUTACEAE		
<i>Citrus medica</i> L.	Limão-cravo	I
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mexirica	I
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-porca	NP
SAPINDACEAE		
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Chal-chal	P
* <i>Cupania furfuracea</i> Radlk.	Camboatá	NP
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	Lichia	I
Indet. 1		
SOLANACEAE		
<i>Solanum scuticum</i> M. Nee	Jurubeba	P
<i>Solanum</i> sp. 1	Jurubeba	P
URTICACEAE		
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Assa-peixe	P
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	P
* <i>Urera nitida</i> (Vell.) P.Brack	Urtiga-roxa	P
VERBENACEAE		
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Tucaneira	P

Fonte: Autoria própria (2023)

7 MANUTENÇÃO FLORESTAL

As operações de manutenção deverão ocorrer no mínimo por 3 (três) anos após o plantio das mudas, período em que as mudas se encontram sensíveis a alterações do meio. Destaca-se que, conforme art. 15 da Resolução SMA n.º 32 de 2014 a manutenção deverá ocorrer até que se comprove o restabelecimento da condição não degradada do ecossistema.

7.1 Replântio de mudas

Cerca de 3 (três) meses após o plantio inicial, deve-se verificar a sobrevivência e vigor das mudas, procedendo-se o replântio das mudas mortas, debilitadas ou mal adaptadas.

7.2 Controle de plantas invasoras

O controle de plantas invasoras pós-plantio deverá ser realizado por no mínimo 2 (duas) vezes ao ano, dependendo do grau de infestação na área, sendo na ocasião executadas capinas e roçagens manuais ou semi-mecanizadas nas entrelinhas do plantio, e executado o coroamento das mudas em um raio mínimo de 40 cm.

7.3 Adubação de manutenção

A adubação de manutenção geralmente é feita quando as plantas apresentam algum sintoma de deficiência nutricional. Assim, cerca de 6 (seis) meses após o plantio, deverá ser realizada uma avaliação do desenvolvimento inicial das mudas e caso necessário, a adubação complementar. Para tanto, recomenda-se a aplicação de fertilizante N-P-K de formulação 20-05-20 (ou similar), na base de 200g por planta, distribuindo-se a lanço o adubo em torno da planta, a uma distância de cerca de 20 cm da muda.

7.4 Combate de formigas cortadeira

Após o plantio, o combate às formigas cortadeiras deverá ser feita com base no monitoramento periódico da área de plantio, sendo identificados os olheiros e carregadores das formigas cortadeiras, além de possíveis ataques às mudas.

Caso detectado o ataque, o combate deverá ser feito em área total o mais rápido possível, pois em poucos dias elas podem desfolhar todas as mudas, comprometendo o desenvolvimento do plantio.

A distribuição dos grânulos deve ser feita ao lado dos carregadores e não em cima destes, próximos aos olheiros, sendo que a aplicação deve ser realizada com tempo seco para evitar que ocorra degradação dos grânulos devido à umidade.

7.5 Condução da regeneração natural

A área de restauração deverá ser periodicamente vistoriadas a fim de se verificar a expressão da regeneração natural. Caso confirmado a presença de indivíduos regenerantes de espécies nativas, deverá ser realizado o coroamento em um raio mínimo de 40 cm da planta.

Em seguida deverá ser realizada a adubação dos indivíduos regenerantes, visando incrementar o seu desenvolvimento e a cicatrização do local em um menor período. Esta adubação poderá ser feita com fertilizantes N-P-K de formulação 10-10-10, ou similar, na base de 200 g por planta, preferencialmente durante o período chuvoso.

8 MONITORAMENTO

De acordo com art. 16 da Resolução SMA n.º 32 de 2014 a área objeto de restauração deverá ser monitorada periodicamente até que a recomposição seja atingida, considerando os seguintes indicadores ecológicos: cobertura do solo com vegetação nativa (%), densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind./ha) e número de espécies nativas regenerantes.

Desse modo, os valores aferidos para cada um dos indicadores ecológicos, a partir dos dados levantados em campo, serão comparados com os valores intermediários de referência previsto na Resolução SMA n.º 32 de 2014, classificados em:

I. Adequado: os valores atingidos são esperados para o prazo determinado;

II. Mínimo: os valores estão dentro da margem de tolerância para o prazo determinado e cumprem as exigências mínimas, mas indicam a necessidade da realização de ações corretivas para não comprometer os resultados futuros;

III. Crítico: os valores mínimos esperados no prazo determinado não são atingidos, sendo exigida a readequação do projeto por meio da realização de ações corretivas.

Na figura a seguir é apresentado os valores intermediários de referência para monitoramento do projeto de restauração para a fisionomia de Floresta Ombrófila, com a classificação dos valores (crítico, mínimo, adequado, conforme estabelecido na SMA n.º 32 de 2014.

Figura 9. Valores intermediários de referência para monitoramento

VALORES INTERMEDIÁRIOS DE REFERÊNCIA PARA MONITORAMENTO DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PARA FLORESTA OMBRÓFILA							
	Nível adequação	Valores intermediários de referência				Valores utilizados para atestar recomposição	
		3 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	
Indicadores Ecológicos	Cobertura do solo com vegetação nativa (%)	crítico	0 a 15	0 a 30	0 a 50	0 a 70	0 a 80
		mínimo	15 a 80	30 a 80	50 a 80	70 a 80	-
		adequado	> 80	> 80	> 80	> 80	> 80
	Densidade indivíduos nativos regenerantes (ind./ha)	crítico	-	0 a 200	0 a 1000	0 a 2000	0 a 3000
		mínimo	0 a 200	200 a 1000	1000 a 2000	2000 a 2500	-
		adequado	> 200	> 1000	> 2000	> 2500	> 3000
Riqueza de espécies regenerantes (nº de spp.)	crítico	-	0 a 3	0 a 10	0 a 20	0 a 30	
	mínimo	0 a 3	3 a 10	10 a 20	20 a 25	-	
	adequado	> 3	> 10	> 20	> 25	> 30	

Fonte: São Paulo (2014)

9 ORÇAMENTO

Na Tabela 2 a seguir, é apresentado o custo estimado para implantação do projeto de restauração, o qual se encontra na ordem de R\$ 339.872,57, a ser desembolsado ao longo de 4 (quatro) anos de projeto. Se destaca, que o custo elevado está diretamente relacionado ao uso de equipamentos móveis para transporte e disposição de topsoil na área de interesse. Os valores de hora máquina forma obtidos com fornecedores dá região que já prestam serviços no empreendimento e atendem todos os requisitos de segurança obrigatórios para ingresso no Complexo.

Tabela 2. Cronograma físico e financeiro do projeto.

CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO														
ITEM	DESCRIÇÃO	TOTAL POR ETAPA	2022			2023				2024		2025		
			OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	JUN	DEZ	JUN	DEZ	JUN	DEZ
IMPLANTAÇÃO														
1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA	R\$ 6.482,16	R\$ 6.482,16											
		100%	100%											
2	CERCAMENTO DA ÁREA	R\$ 15.920,00	R\$ 7.960,00	R\$ 7.960,00										
		100%	50%	50%										
3	PRODUÇÃO DE MUDAS	R\$ 8.500,00	R\$ 1.416,10	R\$ 1.416,10	R\$ 1.416,95	R\$ 1.416,95	R\$ 1.416,95	R\$ 1.416,95						
		100%	16,66%	16,66%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%						
4	DISPOSIÇÃO DE TOPSOIL	R\$ 176.400,00			R\$ 88.200,00	R\$ 88.200,00								
		100%			50%	50%								
5	CONTROLE DE PLANTAS INVASORAS	R\$ 9.502,17						R\$ 9.502,17						
		100%						100%						
6	COMBATE DE FORMIGAS	R\$ 3.420,78						R\$ 3.420,78						
		100%						100%						
7	COVEAMENTO E COROAMENTO	R\$ 6.841,56						R\$ 6.841,56						
		100%						100%						
8	ADUBAÇÃO DE PLANTIO	R\$ 2.584,59						R\$ 2.584,59						
		100%						100%						
9	PLANTIO E ESTAQUEAMENTO	R\$ 7.601,74						R\$ 7.601,74						
		100%						100%						
MANUTENÇÃO														
10	REPLANTIO	R\$ 5.040,70						R\$ 2.520,35	R\$ 2.520,35					
		100%						50%	50%					
11	CONTROLE DE PLANTAS INVASORAS	R\$ 57.013,02						R\$ 9.498,37	R\$ 9.498,37	R\$ 9.504,07	R\$ 9.504,07	R\$ 9.504,07	R\$ 9.504,07	
		100%						16,66%	16,66%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	
12	COMBATE DE FORMIGAS CORTADEIRAS	R\$ 20.524,68						R\$ 3.419,41	R\$ 3.419,41	R\$ 3.421,46	R\$ 3.421,46	R\$ 3.421,46	R\$ 3.421,46	
		100%						16,66%	16,66%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	
13	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO	R\$ 20.041,17							R\$ 6.679,72		R\$ 6.679,72		R\$ 6.681,73	
		100%							33,33%		33,33%		33,34%	
TOTAL GERAL		R\$ 339.872,57												
	PORCENTAGEM MENSAL		4,67	2,76	26,37	26,37	0,42	9,23	4,54	6,51	3,80	5,77	3,80	5,77
	CUSTO MENSAL		R\$ 15.858,26	R\$ 9.376,10	R\$ 89.616,95	R\$ 89.616,95	R\$ 1.416,95	R\$ 31.367,79	R\$ 15.438,13	R\$ 22.117,85	R\$ 12.925,53	R\$ 19.605,26	R\$ 12.925,53	R\$ 19.607,26
	PORCENTAGEM ACUMULADA		4,67	7,42	33,79	60,16	60,58	69,81	74,35	80,86	84,66	90,43	94,23	100,00
	CUSTO ACUMULADO		R\$ 15.858,26	R\$ 25.234,36	R\$ 114.851,31	R\$ 204.468,26	R\$ 205.885,21	R\$ 237.253,00	R\$ 252.691,13	R\$ 274.808,98	R\$ 287.734,52	R\$ 307.339,77	R\$ 320.265,31	R\$ 339.872,57

Fonte: Autoria própria (2023)

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Mata Atlântica é um bioma, composto por diferentes formações vegetais e ecossistemas associados, que se destaca por sua grande biodiversidade, incluindo, por exemplo, várias espécies endêmicas. Atualmente, devido a uma série de fatores, segundo a Fundação SOS Mata Atlântica restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente.

A Mata Atlântica caracteriza-se por sua grande biodiversidade, estima-se que a biodiversidade deste bioma corresponda de 1% a 8% da biodiversidade mundial. Além disto, a Mata Atlântica é extremamente importante tanto economicamente, quanto ecologicamente. As formações florestais encontradas na Mata Atlântica ajudam, por exemplo, na regulação do clima e proteção do solo, bem como protege rios e nascentes, garantindo, o abastecimento de água.

No Vale do Ribeira estão concentrados os mais importantes remanescentes de florestas em área dos ecossistemas da “Mata Atlântica” em suas várias formações florestais e não florestais, cuja importância para proteção é reconhecida mundialmente. Neste contexto, considerando que o empreendimento se encontra inserido na Mata Atlântica, na região do Vale do Ribeira, que compõem a maior porção contínua de floresta Atlântica preservada do Brasil, faz-se necessário promover a restauração florestal de suas áreas descomissionadas, ou seja que cumpriram seu objetivo de uso. Além disto, a restauração das áreas degradadas é um contexto previstos em disciplinas legais aplicáveis.

Destaca-se que este projeto, partiu da hipótese de que a área degradada é sensível as condições iniciais de preparação, sendo abordada como uma área dinâmica e complexa, e que as técnicas selecionadas objetivam resultados satisfatórios a partir do uso de recursos disponíveis no empreendimento, tais como: topsoil, biomassa e calcário, entre outros, promovendo um orçamento saldável de implantação e manutenção.

11 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.S. **Legislação básica aplicada à recuperação ambiental**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3rd ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 32-39.
- ALMEIDA, F.F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1974. 99p. Série Teses e Monografias, 14.
- AUMOND, J. J. **Restauração Ambiental de Sistemas Complexos**. Editora e Livraria Appris, 2019. 1 Edição. Curitiba. APPRIS, 2019.
- BIM, O. J. B.; FURLAN. S. A.; **Mosaico do Jacupiranga – Vale do Ribeira/SP: Conservação, Conflitos e Soluções Socioambientais**. Agrária – USP, São Paulo, n.18, pp. 4-36, 2013.
- BONÁS, B. T. **Aplicação de Índice Mineralógico como Apoio na Avaliação de Reservas da Mina de Fosfato de Cajati-SP**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BORTOT, A. **O uso do CTM na gestão ambiental: experiência em área de mineração**. In: Congresso Brasileiro De Cadastro Técnico Multifinalitário, 1., Florianópolis, 2004.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 428 p.
- BRASIL MINERAL. **Os 40 anos da Serrana em Jacupiranga**. Revista Brasil Mineral, no. 2, 1984, pp. 17-20.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Casa Civil, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BRASIL. **Decreto n. 3.420, de 20 de abril de 2000**. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Florestas - PNF, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3420.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BRASIL. **Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Casa Civil, 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BRASIL. **Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 4, de 13 de abril de 2011**. Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa. Brasília: IBAMA, 2011. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,aplica%C3%A7%C3%A3o%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias. Acesso em: 17 março. 2023.

BRASIL. **Lei n. 7.347, de 24 de junho de 1985**. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1985. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Resolução 387, de 27 de dezembro de 2006**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de projetos de assentamentos de reforma agrária, e dá outras providências. Brasília: IBAMA, 2006. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=113039#:~:text=julho%20de%202013\)-,Estabelece%20procedimentos%20para%20o%20Licenciamento%20Ambiental%20de%20Projetos%20de%20Assentamentos,Agr%C3%A1ria%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias](http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=113039#:~:text=julho%20de%202013)-,Estabelece%20procedimentos%20para%20o%20Licenciamento%20Ambiental%20de%20Projetos%20de%20Assentamentos,Agr%C3%A1ria%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias). Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. **Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986.** Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: CONAMA, 1986. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CÂMARA, I.G. **Brief history of conservation in the Atlantic forest.** In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook.* pp. 31-42. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. D.C. 2003.
com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. Revista árvore, v.39, n.5, p.811-820, 2015.

Confederação Nacional da Indústria - CNI. **Economia Circular, Oportunidade e Desafios para Indústria Brasileira.** Brasília, 2018.

COSTA, D. C. **Estudo cinético por análise térmica do tratamento térmico de torta de filtração de enxofre gerada em unidades produtoras de ácido sulfúrico.** Monografia em Química Industrial - Escola de Química, Rio de Janeiro, 2020.

FOUNDATION. M. E. **Uma economia circular no Brasil: uma exploratória inicial.** Produto da inteligência coletiva dos membros da rede CE100 Brasil. 2017.

FRANÇA, F. S.; STEHMANN. J. R. **Florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica do médio rio Doce, Minas Gerais,** Brasil. Parte da tese de Doutorado, Pós Graduação em Biologia Vegetal, ICB, UFMG. Minas Gerais, 2013.
Grandes minas. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. v.1. p.163-198.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração:** Técnicas de Vegetação. Brasília, 1990.

KOCH, J. M. **Restoring a Jarrah forest understory vegetation after Bauxite mining in Western Australia.** Restoration Ecology, v.15, n.4, p.26-39, 2007.

KRONKA, F. J. N. *et al.* **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretária do Meio Ambiente – Instituto Florestal, 2005. 200p.

LOURENÇO, L. C. C.; ARAUJO, M. C. **Análise de Riscos em uma Planta de Ácido Sulfúrico.** Projeto Final de Curso de Engenharia Química – Escola de Química, Rio de Janeiro, 2020.

MARTINS, D. J. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual de Goiás, Niquelândia, 2013.

PROMINER PROJETOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental.** Licenciamento ambiental. Cajati, São Paulo. 30 out. 2009.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153. 2009.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação das florestas ciliares.** *In*: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F. (Org.). *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 3 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004, v. 1, p. 235-248.

SALOMÃO, R. P; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. **Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v.2, n.2, p.85-139, 2007.

SANTOS, V. S. **Mata Atlântica; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/mata-atlantica.htm>. Acesso em 31 de agosto de 2022.

SHONO, K.; CADAWENG, E. A.; DURST, P. B. **Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands.** *Restoration Ecology*, v.15, n.4, p.620-626, 2007.

SILVA, I. A., CAMPAGNA, A. R., & LIPP-NISSINEN, K. H. (2018). **Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos.** *Pesquisas Em Geociências*, 45(3), e0691.

SILVA, I. A.; CAMPAGNA, A. R.; LIPP-NISSINEN, K. H. **Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos.** *Pesquisas em Geociências*, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; NETO, A. M.; CAMPOS, W. H. **Semeadura direta**

SILVA-SÁNCHEZ, S. S.; SÁNCHEZ, L. E. **Mineração de fosfato em Cajati (SP) e o desenvolvimento local.** *In*: *Recursos minerais & sustentabilidade territorial*.

TOPOPLAN. **Levantamento topografico planialtimetrico do depósito de torta de enxofre filtrado.** 30 out. 2022.

TRAÇOS & OFÍCIOS. **Relatório de Prospecção Arqueológica.** Licenciamento ambiental. Cajati, São Paulo. 10 nov. 2015.