



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANDREZA CLÍCIA SOUTO MAIOR LIMA

**AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
MINERAÇÃO DE BAUXITA, PARAGOMINAS - PA**

BELÉM
2014



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

ANDREZA CLÍCIA SOUTO MAIOR LIMA

**AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
MINERAÇÃO DE BAUXITA, PARAGOMINAS - PA**

**BELÉM
2014**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

ANDREZA CLÍCIA SOUTO MAIOR LIMA

**AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
MINERAÇÃO DE BAUXITA, PARAGOMINAS - PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (MsC).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros.

**BELEM
2014**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANDREZA CLÍCIA SOUTO MAIOR LIMA

AValiação da restauração de áreas degradadas pela
mineração de bauxita, Paragominas - PA

Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais
da Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, 2014.

Lima, Andreza Clícia Souto Maior

Avaliação da restauração de áreas degradadas pela mineração de
bauxita, Paragominas - PA. / Andreza Clícia Souto Maior Lima. -
Belém, 2014.

92 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal Rural da Amazônia, 2014.

1. Restauração florestal 2. Mineração – bauxita – degradação 3.
Plantio 4. Regeneração natural 5. Fertilidade I. Título

CDD – 634.956



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

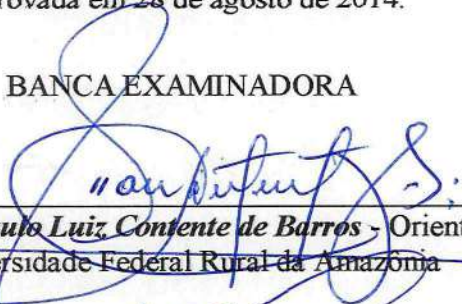
ANDREZA CLÍCIA SOUTO MAIOR LIMA

**AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
MINERAÇÃO DE BAUXITA, PARAGOMINAS - PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, nível de Mestrado, área de concentração Silvicultura e Manejo de Ecossistemas Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

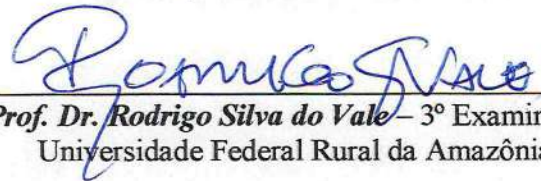
Aprovada em 28 de agosto de 2014.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia


Dr. Lucas José Mazzei de Freitas – 1º Examinador
Embrapa Amazônia Oriental


Prof. Dra. Gracialda Costa Ferreira – 2ª Examinadora
Universidade Federal Rural da Amazônia


Prof. Dr. Rodrigo Silva do Vale – 3º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia

Às pessoas mais importantes da minha vida:
Minha mãe D. Clêre,
Meu esposo Jorge Luiz e meu filho Leonardo
E meus queridos irmãos, Clailton e Adriana.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho envolveu a inspiração e a colaboração de muitas mãos e mentes. Agradeço a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho se concretizasse, em especial:

À meu Amado Deus, que é a força motriz que move tudo, que colocou as pessoas certas no meu caminho e que me deu forças para superar os momentos mais difíceis;

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade de realizar o curso.

À Capes pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador Paulo Luiz Contente de Barros, pela disponibilidade sempre e por prestar toda orientação que precisei ao longo deste trabalho; pela confiança, compreensão e conhecimento compartilhado.

À Prof^a Gracialda Costa Ferreira, pela oportunidade de realizar este trabalho, pelo apoio e orientação.

À Mineração Paragominas S.A, pela oportunidade de realização deste estudo em sua área em Paragominas e pelo apoio logístico durante a coleta de campo, em especial a Sabrina Ribeiro e Elísio Lopes.

À equipe de campo: Rodrigo Barbosa, Afonso Raniery Pinto, José Marques (Tatu) e Raimundo Goulart (cabeça), pelo apoio na coleta dos dados e pela amizade construída.

À minha mãe Clêre, por apoiar a minha busca pelo conhecimento; pelo amor e dedicação.

Ao meu querido esposo Jorge Luiz, pelo incentivo, paciência, companheirismo e principalmente pelo seu amor. Te amo muito!

Ao meu amado filho Leonardo, pela compreensão nos momentos ausentes e por ser o motivo de todo meu esforço.

Aos meus irmãos, Adriana e Clailton, pelo incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

À todos os meus colegas da turma do mestrado, pela amizade e por compartilhar os momentos de dificuldade ao longo do curso, em especial a Ana Cláudia, Hirailene, Suanny, Adriano, Keliane, Paulo André e Nere Leila.

A coordenação e aos funcionários da secretaria do PPGCF, pelo apoio e auxílio sempre que necessário, em especial a Mylenna, que nunca mediu esforços para ajudar quando precisei.

Aos meus amigos da turma de graduação que perto ou distante me deram força e me fizeram sorrir quando eu estava triste, em especial a Aline, por sempre me dar uma palavra de apoio nos momentos difíceis.

Ao Prof^o Rodrigo Vale, pela amizade e por compartilhar seus conhecimentos e experiência de vida.

Ao Prof^o Fernando Jardim e à Lucas Mazzei, pelas valiosas contribuições para melhoria deste trabalho.

Ao Prof^o Marcos André Piedade e à Fabiano Balieiro, pela disponibilidade e orientação na interpretação das análises de solos.

À Sérgio Brazão pelas informações e contribuições no entendimento do universo pedológico.

À Ana Paula pelo auxílio nas pesquisas e pela construção de uma nova amizade.

Ao primo Uracy Friaes (Tica), pela gentileza de traduzir o resumo deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Que pode necessitar o organismo humano que não contenham as frutas e as sementes, produtos que a Natureza pôs todas as suas galas, concentrou toda sua seiva e acumulou todas as suas energias? Cegueira incompreensível é pois, a do homem que desdenha os tesouros que com generosidade e simplicidade a Natureza lhe oferece, para procurar no artificial, complicado e mortífero, o que à sua vaidade e mente enferma apraz.”

M. Lezaeta Acharan

RESUMO

Com o objetivo de avaliar áreas restauradas a partir do plantio de mudas e da condução da regeneração natural após mineração de bauxita foi realizado este estudo nas áreas que compõem o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S. A, município de Paragominas, Pará. Para isso, foram instaladas parcelas para a avaliação da vegetação e coleta de amostras de solos para determinar a fertilidade dos solos. Para as análises da vegetação foram utilizados a composição florística, parâmetros fitossociológicos, dendrométricos e índice de Shannon. Já para a análise de solos foram determinados os atributos químicos (pH em H₂O), teores de carbono orgânico (C_{org}), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e alumínio (Al), a saturação por bases (V%), soma de bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T), saturação por alumínio (m%). As espécies registradas foram determinadas cientificamente e, classificadas quanto ao hábito e grupo ecológico. No total foram amostrados 3.461 indivíduos de 35 famílias botânicas, 123 gêneros e 203 espécies, sendo as famílias mais representativas: Fabaceae (92 espécies), Malvaceae (14) e Bignoniaceae (9). Houve maior predominância de espécies com hábito arbóreo e de estágio sucessional inicial (pioneiras e secundárias iniciais) em ambos os métodos. As áreas restauradas pelo método de plantio apresentaram alta diversidade, e estrutura fitossociológica e dendrométrica superiores às do método de condução da Regeneração Natural. Em relação à fertilidade do solo, as áreas de condução de RN apresentaram valores relativamente melhores em relação às do plantio para a maioria dos atributos.

Palavras-chave: restauração florestal, mineração de bauxita, plantio, regeneração natural, fertilidade.

ABSTRACT

Aiming to evaluate restored areas from planting seedlings and conduct of natural regeneration after bauxite mining this study was conducted in the areas that make up the Plan for Recovery of Degraded Areas of Mining Paragominas S.A, Paragominas municipality, Pará. Therefore, plots were established for vegetation assessment and collection of soil samples to determine soil fertility. For the analyzes of vegetation floristic composition, phytosociological parameters dendrometric and Shannon index were used. As for soil chemical properties were determined (pH H₂O), levels of organic carbon (C_{org}), organic matter (OM), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and aluminum (Al), base saturation (V%), sum of bases (SB), Cation Exchange Capacity at pH 7.0 (T), aluminum saturation (m%). The sampled species were identified and classified into life and ecological group. Altogether 3,461 individuals from 35 botanical families, 123 genera and 203 species were sampled, being the most representative families: Fabaceae (92 species), Malvaceae (14) and Bignoniaceae (9). There was a predominance of species with woody and initial successional stage (pioneer and early secondary) in both methods. The restored areas by planting method showed high diversity, and vegetation structure and superior to the method of conducting the Natural Regeneration dendrometric. In relation to the fertility of the soil, areas of driving of NB exhibited relatively better values in relation to the planting attributes to most.

Keywords: forest restoration, bauxite mining, planting, natural regeneration, fertility.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Mineração de bauxita	14
3.1.1 Aspectos legais da mineração e restauração ambiental	15
3.1.2 Impactos ambientais causados pela mineração de bauxita	16
3.2 Restauração florestal de áreas mineradas	17
3.2.1 Plantios de espécies nativas	20
3.2.2 Condução da Regeneração Natural	21
3.3 Relação solo-planta em áreas degradadas	23
3.4 Monitoramento e avaliação de áreas restauradas	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Características da área de estudo	26
4.1.1 Caracterização do Platô Miltônia 3	27
4.1.2 Procedimentos operacionais da extração de bauxita	28
4.1.3 Histórico de restauração do Platô Miltônia 3	28
4.2 Coleta dos dados	29
4.2.1 Vínculo do projeto de pesquisa	29
4.2.2 Instalação das parcelas do monitoramento ambiental	30
4.2.3 Coleta de solos	32
4.3 Processamento e análise dos dados	33
4.3.1 Análise dos dados da vegetação	33
4.3.1.1 Florística e diversidade	34
4.3.1.2 Variáveis dendrométricas	35
4.3.1.3 Fitossociologia	35
4.3.2 Análise dos atributos do solo	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1 Vegetação	37
5.1.1 Composição florística e estrutural	37

5.1.1.1 Método de Plantio.....	40
5.1.1.2 Método de condução da Regeneração Natural.....	44
5. 1. 2 Avaliação do crescimento.....	48
5.1.2.1 Avaliação da Altura	48
5.1.2.2 Avaliação do diâmetro	51
5.2 Atributos do solo	53
6. CONCLUSÕES	65
7. REFERÊNCIAS	66
ANEXOS	78

1. INTRODUÇÃO

Na busca pelo progresso e desenvolvimento, o homem modificou o meio em que vive por todos os anos de sua existência, encontrando na natureza as alternativas de tornar melhor sua condição de vida, porém, a forma com que isto foi feito, vem acarretando impactos negativos consideráveis ao meio ambiente.

Dentre as várias atividades modificadoras do meio ambiente, a mineração é uma das mais antigas praticadas pelo homem, com fins de produção de bens e serviços para o seu bem estar (KOPEZINSKI, 2000). A extração de minerais é atualmente considerada um dos setores de grande relevância para o crescimento econômico de uma nação, devido os recursos minerais estarem presentes em quase todas as atividades humanas (MARQUES; BAPTISTA, 2012). Dentre eles, a bauxita destaca-se por ser a principal fonte para a produção de alumina, matéria-prima do alumínio.

Pela sua localização, a extração da bauxita envolve a supressão da vegetação e a alteração do solo como um todo, remove as suas camadas férteis, mistura os horizontes, sujeitando-o a compactação e erosão, e, portanto, é geradora de danos profundos ao sítio onde é realizada a atividade (MARTINS, 2010). Devido a essas e outras modificações, a mineração se enquadra no grupo de empreendimentos utilizadores de recurso mineral, e, segundo a legislação brasileira, é exigido às empresas mineradoras que recuperem as áreas que degradam.

A restauração de áreas degradadas por mineração, não é um processo simples, e requer a intervenção antrópica para o efetivo restabelecimento do ecossistema (RODRIGUES; MONTEIRO; CULLEN JÚNIOR, 2010). Tal processo é dependente de ações multidisciplinares que englobam estudos do solo, da vegetação e da atmosfera de forma interligada, visando a elaboração de propostas que integrem os processos biológicos, incluindo nesse processo eventuais problemas e a obtenção de soluções para estes (CASAGRANDE; REIS-DUARTE; SOARES, 2006).

Dentro desse contexto, a literatura referente à restauração de áreas mineradas ainda não está consolidada (SOARES; CASAGRANDE, 2006), principalmente em relação às experiências na Amazônia. As principais pesquisas na região estão concentradas principalmente em Porto Trombetas, na Mineração Rio do Norte (MRN), onde a restauração das áreas da empresa é feita a partir do plantio de espécies arbóreas nativas e indução da regeneração via adição de solo superficial (*topsoil*) (SALOMÃO, ROSA e MORAIS, 2007). Esse método tem servido de modelo para outras mineradoras instaladas na região amazônica.

O plantio de árvores tem sido um dos métodos mais utilizados no processo de restauração de áreas degradadas por mineração. Porém, por muito tempo, os projetos de restauração florestal tiveram o objetivo único de recompor a cobertura florestal sem a preocupação com a escolha ou a disposição e combinação de espécies dentro do plantio (BELLOTTO et al., 2009b).

Apesar da obrigatoriedade de recomposição florestal e critérios que o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) deve atender, muitos programas de restauração ambiental em áreas de mineração não atingem resultados satisfatórios. Isto ocorre devido a vários fatores de ordem administrativa, técnica e econômica (ALMEIDA; SANCHEZ, 2005).

Os insucessos e os gastos no passado, decorrentes da escolha inadequada dos métodos, oportunizaram o interesse por métodos mais eficientes. Mérito deve ser dado aos trabalhos de restauração realizados na Mata Atlântica, que auxiliaram na evolução dos modelos utilizados atualmente no país, principalmente no que diz respeito à utilização de espécies de diferentes grupos ecológicos. Modelo este, baseado na sucessão ecológica, o qual há uma substituição de espécies ao longo do tempo até chegar a um estágio de floresta madura, chamado de clímax (BRANCALION et al., 2009).

Em relação à introdução de métodos a partir de plantio, pesquisadores são unânimes em dizer o quão importante é a escolha das espécies que serão plantadas, principalmente porque se estas não apresentarem característica de adaptabilidade a condições hostis, o processo de restauração poderá ser comprometido, devido a alta mortalidade, implicando em maiores gastos com replantios. Para Kageyama e Gandara (2004), as espécies a serem plantadas nas áreas em processo de restauração devem ser tolerantes à seca, possuir sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, boa disponibilidade de sementes, facilidade na propagação, tolerar condições de baixa fertilidade e serem eficazes na cobertura do solo.

Algumas intervenções de melhoria do solo na fase inicial do processo de restauração também são imprescindíveis para o bom desenvolvimento das espécies a serem plantadas, como uma boa reconformação topográfica, espalhamento de *topsoil*, preparo do solo com subsolagem e adubação para suprir as deficiências nutricionais, comum em substratos minerados.

A condução da regeneração natural é outro método que tem sido amplamente usado na restauração de ambientes minerados, só que mais comumente de forma integrada com o método de plantio. Isso porque, o processo de regeneração é bastante lento, e o recrutamento de indivíduos na fase inicial é baixo, o que compromete a rápida cobertura do solo. Uma das grandes vantagens da integração desses métodos é a capacidade de proporcionar uma maior

riqueza de espécies para às áreas em restauração, tendo não só espécies de todos os grupos ecológicos, mas também de diferentes formas de vida.

O monitoramento é uma atividade de grande importância, pois vai indicar, ao longo do tempo, se o método proposto está sendo eficaz, ou seja, se apresenta os resultados esperados para a restauração de determinada área. Entretanto, existe uma grande dificuldade de realizar tal atividade, pois ainda não há um consenso na literatura em relação aos indicadores mais adequados para avaliar a eficiência da restauração florestal (SIQUEIRA e MESQUITA, 2007).

Para Rodrigues e Gandolfi (2004), os indicadores de avaliação devem abranger não só a paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal, de tal forma que estas áreas consigam tornar-se autossustentáveis e exercer seu papel na conservação da biodiversidade remanescente. No que diz respeito a cobertura vegetal, Bellotto et al. (2009a) relataram que tanto a fisionomia quanto a composição e a estrutura da comunidade, podem ser bons indicadores de avaliação e monitoramento de áreas restauradas, sem esquecer que todos os estratos e as formas de vida presentes no povoamento também devem ser considerados.

Comumente a avaliação da vegetação em áreas degradadas tem sido realizada através de parâmetros fitossociológicos, considerados fundamentais para determinar o estágio de degradação, a eficácia do modelo de recuperação proposto (MELO, 2008), e avançar no que tange aos conhecimentos científicos para subsidiar novas propostas para a restauração de áreas mineradas (RODRIGUES; MONTEIRO; CULLEN JUNIOR, 2010).

A avaliação dos parâmetros relacionados ao solo também são relevantes, visto que o solo é a base para o desenvolvimento das plantas, precisa apresentar boas condições para o sucesso da restauração, além de que a avaliação auxiliará na mitigação de eventuais passivos. Alguns dos indicadores aplicáveis aos solos minerados são obtidos através de análise física, química e biológica.

Dessa forma, o sucesso da restauração de sítios minerados depende da retirada dos fatores de degradação e o estabelecimento de uma vegetação que ao longo do tempo consiga desenvolver-se sem depender mais das ações humanas de tal maneira que as espécies se perpetuem, através dos seus processos fenológicos como floração, frutificação e propagação de suas sementes, gerando descendentes capazes de se desenvolver a ponto de substituir as árvores matrizes quando estas senescerem (BEGON, TOWNSEND e HARPER, 2006)

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o processo de restauração de áreas degradadas pela mineração de bauxita a partir do plantio de mudas e somente com a condução da regeneração natural espontânea na Mineração Paragominas S.A, no Estado do Pará.

2.2 Objetivos específicos

- i. Comparar a estrutura fitossociológica da vegetação estabelecida em áreas revegetadas por dois processos de restauração florestal;
- ii. Avaliar o crescimento em altura e diâmetro, das espécies do plantio e da regeneração natural nas áreas em processo de restauração florestal, identificando as espécies consideradas chaves para o uso em restauração de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Paragominas, Pará;
- iii. Determinar as condições de fertilidade do solo nas áreas revegetadas por dois processos de restauração florestal;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mineração de bauxita

A bauxita é considerada atualmente como a principal fonte para a produção de alumínio no mundo (XAVIER, 2012), portanto é um elemento de grande importância para a economia global, pois é matéria-prima para a fabricação de inúmeros produtos utilizados no cotidiano da população mundial.

A bauxita é um tipo de rocha constituída de minerais conhecidos como oxi-hidróxidos de alumínio (SAMPAIO; ANDRADE; DUTRA, 2005), encontrada a vários metros do subsolo, sendo necessário remover várias camadas de solo para extraí-la. Sua extração pode ser realizada por vários métodos, que podem variar conforme a natureza dos corpos mineralizados das jazidas. Os métodos de mineração consistem num conjunto de atividades específicas de planejamento das operações, dimensionamento e execução das tarefas de acordo com a peculiaridade de cada tipo de lavra (BARROS et al., 2012).

A mineração a céu aberto é um método comumente utilizado em muitas partes do mundo (BORŮVKA et al., 2012), inclusive no Brasil, no qual prevalece a prática dos tipos *strip mining*, *cast mining* e *open pit mining* (SAMPAIO; ANDRADE; DUTRA, 2005). No Estado do Pará e especificamente na área do presente estudo predomina o uso do *strip mining*, caracterizado por ser feito em tiras ou faixas contínuas de tamanho variado, onde o estéril retirado de uma tira é colocado na área da tira anteriormente trabalhada (Figura 1).

Figura 1 – Croqui evidenciando as etapas do processo de extração de bauxita pelo método a céu aberto do tipo *strip mining*, praticado nas áreas de exploração de bauxita da Mineração Paragominas, Paragominas, Pará.



Fonte: Hydro (2003)

Para a efetiva extração da bauxita, inicialmente é feita a supressão da vegetação, que é selecionada, ou seja, as árvores com tronco de diâmetros maiores são medidas e serradas em toras, e os galhos finos e árvores finas são trituradas e armazenadas para incorporar ao solo na

fase de revegetação. Em seguida, é feito o decapeamento, operação realizada por tratores de esteira e carregadeiras hidráulicas frontais, no qual são removidas as camadas superficiais do solo (*topsoil*), geralmente de 0 a 30 cm, assim como as camadas do solo ricas em argila (estéril). O *topsoil* e o estéril retirados são acondicionados para posterior utilização no processo de reconformação da área minerada, assim como o material vegetal suprimido.

Após o decapeamento, inicia-se a lavra do minério, com a utilização de retroescavadeiras, seguida do desmonte do material que é realizado mecanicamente, sem a utilização de explosivos. Após a extração, a bauxita é transportada para uma usina por caminhões, onde passa por lavagem e britagem, antes de ser refinada.

Os resíduos provenientes da extração da bauxita, constituídos por frações de lamas (partículas muito finas de minério misturadas com a água), são depositados em tanques de rejeitos, reaproveitados na etapa de reconformação da área após a extração do minério.

Após o esgotamento da mina, inicia-se a reconformação topográfica do solo, seguida de subsolagem e estabelecimento do sistema de drenagem definitivo, finalizando com a revegetação da área com espécies nativas.

3.1.1 Aspectos legais da mineração e restauração ambiental

A legislação brasileira é bastante completa no que tange aos aspectos legais do setor mineral e ambiental. Antes da promulgação da Constituição Federal de 1988, a atividade de mineração era controlada pelo governo federal e regimentada pelo Código de Mineração (Decreto-lei Nº 227, de 28/02/1967), o qual dispõe sobre a administração, execução das operações da mina e penalidades, não havendo qualquer menção a questão ambiental. Com a criação da nova Constituição, o controle das atividades passou a ser dos Estados e às empresas mineradoras foi dado o dever de responder pelos impactos negativos da mineração, assim como a obrigação de restabelecer as áreas afetadas.

A lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 foi o primeiro instrumento legal criado com o intuito de prevenir e amenizar os impactos ambientais causados por empreendimentos poluidores e degradadores do meio ambiente, incluindo atividade minerária. A referida lei é regulamentada pelo Decreto Federal Nº 88.351 de 01 de julho de 1983, o qual dispõe, entre outros, sobre o licenciamento ambiental e penalidades para o não cumprimento das normas.

Em 1986, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução Nº 001 de 23 de janeiro de 1986 estabeleceu que empreendimentos modificadores do meio ambiente, só receberiam licenciamento diante da apresentação do Estudo de Impactos

Ambientais (EIA) juntamente com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), devidamente aprovados pelo órgão ambiental competente.

Em relação à reparação de danos ambientais, a Constituição Federal (1988), estabeleceu no seu artigo 225, § 2º que empreendimentos exploradores dos recursos minerais do país são obrigados a recuperar as áreas por estes degradadas, que deverá ser realizada através de métodos de restauração ambiental, preferencialmente, de eficácia comprovada.

Os métodos de restauração ambiental a serem empregados deverão ser apresentados no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), assim como todos os tratamentos silviculturais e demais medidas mitigatórias. A empresa ou interessado deverá apresentar junto ao órgão ambiental, Relatórios de Monitoramento periodicamente (mínimo seis meses) e um Relatório de Avaliação ao final do projeto de recuperação. As atividades descritas no PRAD estarão sujeitas a vistorias nas áreas degradadas em processo de recuperação (BRASIL, 2011).

3.1.2 Impactos ambientais causados pela mineração de bauxita

A mineração é uma atividade que modifica a paisagem local, mas que normalmente não apresenta impactos em grandes áreas, afetando, em sua maioria, apenas a área de influência do empreendimento. No entanto, causa efeitos negativos ao meio ambiente, uma vez que remove totalmente a vegetação e as camadas do solo, altera o regime de escoamento de águas e polui o ar (BARROS et al., 2012). Tais modificações podem resultar em processos erosivos do solo, transporte de sedimentos para os recursos hídricos, perda de biodiversidade, fragmentação de habitat naturais, entre outros (AQUINO-SILVA et al., 2010).

A extensão dos impactos da mineração depende dos métodos de extração utilizados, do tamanho da operação na lavra e da natureza do mineral. Os impactos são mais expressivos na vegetação, que é totalmente suprimida e no solo, que pode ser modificado profundamente, tendo como consequências: compactação, acidificação, salinização, esgotamento de nutrientes, exaustão do solo e diminuição do carbono orgânico (MOREIRA, 2004). Além disso, a movimentação e as escavações feitas no solo removem o banco de sementes e outros propágulos importantes, deixando estas áreas com baixa resiliência (BONINI; ALVES, 2010).

A degradação dos solos pela mineração também afeta o ciclo hidrológico local, inviabilizando o armazenamento de água, pois não há infiltração através das precipitações, o que acarreta o empobrecimento do substrato, logo não há como as plantas emergirem ou se desenvolverem (CORREA, 2007). Além disso, na mineração a céu aberto ocorre comumente

o desvio dos cursos d'água, destruição dos leitos, alteração da vazão, represamento e deposição de rejeitos nos rios e igarapés, modificações que comprometem a qualidade e quantidade de águas superficiais e subsuperficiais, poluindo física e quimicamente estes recursos e, conseqüentemente, prejudicam a fauna aquática (CORREA, 2007).

Os impactos sobre a fauna também são consideráveis no ambiente terrestre, destrói os habitats naturais, diminui o fornecimento de alimento para os animais, causam isolamento genético e eliminação de algumas espécies (RODRIGUES et al., 2009).

Durante as operação de mineração são liberados gases e poeiras para a atmosfera que são prejudiciais não só ao meio ambiente como à saúde humana. As poeiras são provenientes das atividades de beneficiamento ou da circulação de veículos e máquinas nas vias e acessos não pavimentados durante as atividades de lavra.

Os danos causados pela mineração de bauxita podem ser reduzidos e mitigados sem maiores custos, desde que se tenha conhecimento dos problemas associados a instalação e operações da atividade, através do planejamento ambiental e dos instrumentos de avaliação de impactos ambientais (BARROS et al., 2012).

3.2 Restauração florestal de áreas mineradas

A restauração é um termo, assim como vários outros, que surgiu dentro da vertente de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) e que por muito tempo causou discussões quanto ao conceito, sendo usado por longo tempo de forma restrita, dando a ideia equivocada de que a restauração seria impraticável, pois tinha como objetivo a retomada do ecossistema às suas condições originais (OLIVEIRA; ENGEL, 2011).

Atualmente este conceito de restauração foi reestruturado, acrescentando-se a ele um objetivo mais factível. Sendo assim, conceitua-se aqui restauração como a restituição das condições ecológicas existentes antes da degradação da área, de acordo com um plano previamente elaborado, afim de que a área apresente futuramente uma nova paisagem, porém com fisionomia próxima a anterior. Oliveira e Engel (2011), em uma pesquisa bibliográfica com 672 artigos sobre o tema, constataram que a maioria dos pesquisadores compartilham a visão de que o ecossistema original deve ser referência no processo de restauração.

A prática da restauração florestal de ecossistemas degradados até pouco tempo atrás, era realizada apenas como cumprimento de exigências legais por parte de usuários de recursos naturais, e em alguns casos, para salvaguardar o meio ambiente, no sentido de manter matéria-prima para uso futuro (NBL/TNC, 2013). Atualmente, a recuperação de sítios degradados têm

se expandido não só para atender a legislação, mas também para garantir condições mínimas ao meio ambiente que permitam prolongar as atividades econômicas e os serviços ambientais (NBL/TNC, 2013).

Os estudos na área de restauração têm avançado nas últimas décadas, contribuindo no aprimoramento de práticas de recuperação de sítios degradados. As pesquisas nesta área de conhecimento permitiram que novos métodos fossem criados e os já conhecidos, aprimorados.

A restauração se propõe a recuperar um ambiente degradado, ou seja, um sítio que teve um declínio gradual da qualidade dos seus recursos naturais e sua produtividade, devido à exposição a agentes degradantes, tendo como consequência a redução da capacidade da terra para fornecer benefícios à humanidade (GEBRETSADIK, 2013), sejam eles ambientais, sociais ou econômicos.

Segundo Carpanezzi et al., (1999), um ecossistema degradado tem reduzida a sua capacidade de resiliência, pois juntamente com a retirada da cobertura vegetal, o solo perde seus meios de autorregeneração, como o banco de sementes e de plântulas, dispersão de sementes e rebrota, o que dificulta o seu retorno ao estado anterior.

O processo de restauração de áreas mineradas inicia-se após a lavra, quando são realizadas as primeiras atividades para a revegetação da área (SALOMÃO; ROSA; MORAIS, 2007), sendo a cobertura vegetal de grande importância para a recuperação das propriedades do solo e para diminuir o processo de erosão (PEREIRA; RODRIGUES, 2012).

A restauração de uma área degradada, por menor que seja, pode levar décadas de intervenções ambientais, sendo as ações antrópicas fundamentais nesse processo. No caso de ecossistemas florestais tropicais modificados pelo processo de mineração, há a necessidade da integração de técnicas comprovadas e estratégias de reflorestamento apropriadas às condições específicas do local, incluindo os padrões de biodiversidade da paisagem (PARROTA; KNOWLES, 2001).

Os modelos de restauração existentes podem restituir algumas funções de um ecossistema degradado tanto de forma total como parcial, sendo que a escolha do método mais adequado depende do tamanho da área degradada, do objetivo esperado e do recurso financeiro disponível. Portanto, deve-se ter em mente que um sítio restaurado jamais apresentará as mesmas condições originais, porém terá a capacidade de exercer os mesmos serviços ambientais, desde que, durante o processo de recuperação da área, sejam aplicados os métodos corretos, tendo em vista a manutenção e o monitoramento destas áreas.

Dessa forma, o processo de restauração objetiva acelerar o restabelecimento do ecossistema alterado, tendo como contribuições diretas: reconstrução da paisagem e estabelecimento de um ambiente produtivo dentro dos sítios degradados, aumento da produtividade biológica, aumento da fertilidade do solo e incorporação de matéria orgânica; redução da erosão do solo e controle biótico sobre fluxos biogeoquímicos; (GEBRETSADIK, 2013).

A maioria dos projetos de recuperação de áreas degradadas em áreas de mineração têm-se baseado em técnicas para o estabelecimento da vegetação, porém, esta é apenas uma parte dos objetivos da restauração florestal (COURTNEY et al., 2008). Sendo assim, é de grande importância que seja feita uma adequada seleção das espécies a serem plantadas, as quais deverão ser aptas às novas condições edáficas e acelerar a organização e formação dos horizontes superficiais do solo (CARPANEZZI et al., 1999).

A revegetação de ambientes degradados também pode ser feita sem interferência antrópica, através de processos naturais, como a regeneração natural, auxiliada pela ciclagem de nutrientes e a dispersão de sementes oriundas de fragmentos florestais próximos (GEBRETSADIK, 2013). Isso é possível quando ainda há certa resiliência no ambiente que pode permitir a sua própria regeneração (FERREIRA e SANTOS, 2012). De outra forma, quando a degradação ambiental é severa, este processo pode ser prejudicado, devido à existência de barreiras físicas, químicas e biológicas que reduzem a resiliência de áreas alteradas (SHONO et al., 2007).

O estabelecimento de uma nova vegetação em áreas mineradas pode ser dificultado por diversos fatores como, a modificação das características físicas do solo, a elevada concentração de metais pesados, a baixa disponibilidade e retenção de nutrientes e água (MACHADO et al., 2013). As condições biológicas, hidrológicas e microclimáticas locais também afetam diretamente o desenvolvimento das plantas (BONINI; ALVES, 2010).

O aproveitamento da camada superficial do solo (*topsoil*) está entre os métodos mais utilizados na restauração de áreas degradadas por mineração, por ser rica em matéria orgânica e microorganismos, pode funcionar como banco de sementes para a revegetação local. No entanto, em muitas áreas, esta camada de solo é muito fina e geralmente não suporta longos períodos de armazenamento, reduzindo muito o seu potencial regenerativo (MACHADO et al., 2013).

3.2.1 Plantios de espécies nativas

O plantio de mudas ou regeneração artificial é o método mais utilizado na recuperação de áreas degradadas, pois as plantas recobrem rapidamente o solo sem depender inicialmente de dispersores e de fontes de sementes (VALERI; SENO, 2004).

As atividades de plantio de mudas envolvem diferentes etapas, como a aquisição e transporte de mudas, formação de equipe de plantio, preparo do solo, distribuição das mudas na área e o plantio nas covas, além da manutenção e controle de pragas e doenças, entre outros, sendo, portanto, considerado um método bastante oneroso.

O plantio de mudas oferece diversas vantagens, sendo uma das principais a produção de serrapilheira e húmus imediatamente ao desenvolvimento das espécies pioneiras, que atrairão os agentes polinizadores e os dispersores de sementes, acelerando assim, a restauração do ecossistema e a integração da fauna e da flora (RODRIGUES et al., 2009). Além disso, o estabelecimento das mudas propicia a emergência de plantas de outros hábitos, como as herbáceas e gramíneas, que estimularão o surgimento de indivíduos arbóreo-arbustivos, resultando na sucessão natural do ecossistema (PEREIRA; RODRIGUES, 2012). Os plantios também atuam como catalisadores da regeneração natural, pois possuem características de ciclo longo, propiciando o desenvolvimento de camadas de solo fértil, e consequentemente, a germinação e o estabelecimento de plântulas (VIANI; DURIGAN; MELO, 2010).

Em áreas em processo de restauração revegetadas através de plantio em linhas, por exemplo, a regeneração natural atua ocupando os espaços entrelinhas e entre plantas, através de materiais propagativos, oriundos das espécies plantadas e dos fragmentos florestais próximos a estas áreas (MIRANDA NETO et al., 2012).

A restauração de uma área degradada não é uma tarefa fácil, tendo em vista que é importante ter o conhecimento da ecologia das espécies que serão implantadas para tal atividade. Fatores como competição, resistência a doenças e adaptabilidade das espécies, são questões que devem ser observados, ou seja, deve-se deter o conhecimento do comportamento silvicultural das espécies.

A adequada escolha das espécies implica diretamente na eficiência da revegetação local, sendo recomendado inicialmente o plantio de espécies pioneiras e secundárias iniciais, pois são mais tolerantes e adaptáveis a hostilidade dos ambientes minerados (RIBEIRO et al., 2012). Esse modelo é baseado na sucessão florestal, no qual as espécies vão substituindo outras conforme o desenvolvimento do povoamento, até atingir um estado de floresta madura.

Sendo assim, tem-se a ideia de que a presença de todos os grupos sucessionais permite uma melhor ordenação da diversidade de espécies na área e que a substituição delas ao longo do tempo conduzirá ao ecossistema entre em equilíbrio (BRANCALION et al., 2009).

As plantas leguminosas também têm sido preferência entre os silvicultores, pois além da diversidade de espécies, são capazes de se associar a bactérias fixadoras e a fungos micorrízicos, transformando o nitrogênio em compostos assimiláveis pelos vegetais, e fixando o elemento nos solos degradados (NOGUEIRA et al., 2012).

A revegetação de áreas mineradas, antes realizada apenas com essências florestais nativas, é atualmente feita com outras categorias de espécies, como nativas, exóticas, frutíferas (nativas ou exóticas) e ornamentais de todos os grupos sucessionais. Essa prática se tornou comum, após a autorização do órgão ambiental para a ampliação do leque de espécies para recuperação de áreas alteradas, desde que a porcentagem destas espécies não sobreponha a de essências florestais nativas.

Para Kageyama e Castro (1989,) um plantio heterogêneo deve incluir espécies de diferentes estágios sucessionais, para que este possa apresentar futuramente uma fisionomia próxima a de uma floresta natural e para que os indivíduos atuem com função de árvores sombreadoras ou sombreada. A inclusão de espécies dos vários hábitos de vida também é importante, pois confere ao povoamento maior diversidade.

A avaliação periódica do plantio é uma etapa fundamental para a identificação de problemas no plantio, como a mortalidade de mudas, deficiências nutricionais, ataque de pragas e doenças, entre outros. O monitoramento auxiliará nas medidas de manejo que deverão ser adotadas para solucionar tais problemas, aprimorando o conhecimento científico relacionado aos métodos de restauração aplicados (TRINDADE; SCHULZ, 2009).

3.2.2 Condução da Regeneração Natural

A regeneração natural é considerada uma forma natural de renovar uma floresta (SCOLFORO et al., 2008) e vista apenas como o crescimento ou re-emergência de espécies nativas de um determinado local após uma degradação.

Segundo Cury e Carvalho Júnior (2011), a regeneração natural consiste na substituição gradual de diferentes espécies vegetais, de tal modo que basta abandonar a área a ser restaurada para que esta se recupere naturalmente.

A condução da regeneração natural é um importante método para restaurar áreas florestais, devido ao custo reduzido e ao ganho em diversidade vegetal, pois permite que

espécies diferentes sejam incorporadas a área, aumentando a diversidade florística e genética das formações vegetais em restauração (MARTINS, 2010).

Esse método é comumente adotado em áreas pouco perturbadas e pode desenvolver-se sem a intervenção humana, através da germinação natural de sementes e por brotamento espontâneo de tocos e raízes, sendo, portanto, esses os processos naturais responsáveis pela renovação da vegetação (BOTELHO, 2003).

A regeneração natural é dependente de vários pré-requisitos distintos de cada espécie, que são os mecanismos responsáveis pela sua perpetuação (SCOLFORO et al., 2008). Tais pré-requisitos devem estar sincronizados com as condições ambientais, principalmente a qualidade do solo, que determina a sustentabilidade do ecossistema (SILVEIRA; MARANHÃO, 2012), por ser este a base de sustentação dos vegetais e fornecedor de nutrientes para o desenvolvimento destes.

Algumas espécies arbóreas tem dificuldade em germinar em áreas degradadas, devido a pouca disponibilidade de água e à temperatura excessiva dos solos, bem como o seu desenvolvimento é prejudicado pela infertilidade dos substratos minerados.

Nas áreas com maiores dificuldade de emergência da regeneração natural é necessária a adoção de medidas que auxiliem tal processo, como a eliminação de espécies competidoras e agressivas (CURY; CARVALHO JÚNIOR, 2011), pois atuam como controladoras do recrutamento e estabelecimento dos indivíduos (MARASCHIN-SILVA; SCHERER; BAPTISTA, 2009). A presença de espécies competidoras pode reduzir o número de emergência de plântulas, assim como a diversidade de espécies.

A distribuição do material vegetal estocado durante a supressão florestal, antes da lavra é também uma alternativa eficaz para acelerar o processo de regeneração em áreas degradadas, pois propicia a germinação de propágulos na fase inicial de sucessão ecológica (LEAL FILHO; LEME; SENA, 2006).

Apesar da vantagem de ser um método pouco oneroso e de fácil condução, a regeneração natural atua de forma lenta, portanto, não é recomendada para programas que visam à proteção do solo e de cursos d'água, onde é necessário um resultado mais imediato (RIBEIRO et al., 2012).

A regeneração natural pode ser considerada como um indicador ambiental, pois responde ao processo dinâmico de uma sucessão, e representa o estoque ou o potencial de indivíduos dentro do ecossistema (SIQUEIRA, 2002).

3.3 Relação solo-planta em áreas degradadas

Os solos são corpos naturais estruturados e constituem ambientes onde os organismos se desenvolvem de acordo com as fontes de água e nutrientes minerais (MEURER, 2010). Sendo assim, uma planta, durante o seu crescimento, desenvolve suas raízes para o interior do solo, abrindo espaços entre os agregados de terra em busca de água e minerais (ROSA; ROCHA, 2003). As plantas e o solo vivem, portanto, uma relação dinâmica perfeita. Os nutrientes fornecidos a planta são absorvidos e depois restituídos ao solo através da decomposição dos resíduos perdidos pelo vegetal, que é realizada pela microfauna, tendo como resultado a produção de húmus e matéria orgânica.

Dessa forma, quando o equilíbrio entre solo e planta é interrompido, ou seja, quando há uma alteração no ecossistema, o solo empobrece e não consegue mais garantir o crescimento saudável da vegetação (SANTOS et al., 2011), principalmente quando são reduzidos os teores de matéria orgânica e fósforo. Neste sentido, a supressão da vegetação realizada durante o processo de extração da bauxita interrompe a interação solo-planta, fazendo com que a biota local fique parcial ou totalmente em perigo (BARROS et al., 2012).

A mineração, por ser uma atividade severa, transforma os solos em substratos com alta compactação, baixa capacidade de armazenamento de água, falta de matéria orgânica, baixa capacidade de troca catiônica e redução da fertilidade (SILVA; CORREA, 2010). Estas transformações “restringem o estabelecimento de plantas, assim como, limitam a condutância estomática, reduz a biomassa microbiana de solo e a eficiência na fixação de carbono” (SILVA; CORREA, 2010, p. 836).

O processo de recuperação de áreas mineradas deve levar em conta não só a restauração das propriedades químicas e físicas do solo, mas a sua proteção, através da incorporação de carbono e nutrientes, essenciais ao retorno da atividade biológica e a regularização da temperatura e do ciclo hidrológico local, resultando em um novo habitat para os microrganismos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A formação da cobertura vegetal é indispensável nesse processo, pois além de proteger o solo, contribuirá para a estabilização do ecossistema e atuará como atrativo para o retorno da fauna.

O uso de resíduos orgânicos triturados provenientes da supressão vegetal no processo de mineração também é importante para a revegetação de áreas mineradas, pois auxiliam na fixação das plantas (MACHADO et al., 2013), tornam a temperatura do solo mais amena e propiciam maior retenção de água.

A dificuldade de estabelecimento da vegetação em solos minerados requer que inicialmente sejam utilizadas espécies rústicas e agressivas, mais adaptadas a ambientes hostis e menos exigentes com relação à fertilidade do solo (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011).

Com relação a qualidade dos solos minerados, a baixa fertilidade pode ser resolvida com aplicação de fertilizantes e corretivos durante as atividades de restauração florestal, que ao longo do processo manterão o equilíbrio entre o fornecimento e a utilização de nutrientes pelo solo e plantas (SANTOS et al., 2011).

Assim, conforme a evolução da revegetação, o solo voltará a exercer suas funções normalmente. Ao longo deste processo, é necessário fazer avaliações da qualidade do substrato minerado, que podem ser feitas através da mensuração de atributos físicos, químicos e biológicos (DORAN; ZEISS, 2000).

3.4 Monitoramento e avaliação de áreas restauradas

A recuperação de uma área degradada, seja por qualquer atividade ou fator, não se restringe apenas a aplicação de métodos de restauração, mas também ao acompanhamento do processo, que é feito através de monitoramento e avaliação do ecossistema como um todo.

As atividades de monitoramento devem ser realizadas em todas as fases do processo de restauração a fim de determinar a eficiência das intervenções na área e se estas favorecem a recuperação do ambiente (NBL/TNC, 2013). Dessa maneira, os parâmetros de monitoramento podem ser vistos como uma atividade capaz de subsidiar melhorias dos métodos aplicados.

A avaliação da restauração é comumente realizada através de indicadores ambientais que visam verificar o desempenho das espécies utilizadas na revegetação, a capacidade de resiliência do solo (AQUINO-SILVA et al., 2010), a fisionomia vegetal e a diversidade de espécies provenientes da regeneração natural (NBL/TNC, 2013). Assim, o uso de indicadores favorece o conhecimento do papel dos indivíduos de uma espécie para a estruturação de uma floresta e a sua relação com o solo, água e fauna (AQUINO-SILVA et al., 2010).

De acordo com Manoliadis (2002), o uso de indicadores ecológicos resulta em uma análise que categoriza numericamente ou descritivamente os dados ambientais. Segundo Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2009), os indicadores podem ser qualitativos ou quantitativos, sendo que os primeiros podem ser obtidos a partir de observação, e os segundos são mensuráveis e podem ser determinados por parâmetros fitossociológicos, composição florística, estrutura e dinâmica da comunidade vegetal.

Um estudo realizado por Almeida e Sánchez (2005) concluiu que os indicadores utilizados por eles (aspecto visual, densidade de plantas, altura média de plantas, número de espécies arbóreas, mortalidade de mudas e atributos do solo) no monitoramento e avaliação do desempenho de vegetação e solo em áreas degradadas foram eficazes, além dos procedimentos serem de baixo custo, demandarem pouco tempo, e não exigirem conhecimento especializado.

De acordo com o manual de restauração florestal da NBL/TNC (2013), o monitoramento e avaliação de áreas plantadas e da regeneração natural podem ser feitos utilizando-se indicadores e procedimentos semelhantes, como o processo de amostragem e o tamanho das parcelas. Segundo o referido manual, o monitoramento de áreas revegetadas procede de acordo com suas fases, tais como: fase pré-implantação das ações de restauração, a qual é utilizada somente nos casos em que há potencial de aproveitamento da regeneração natural, a fase inicial pós-implantação das ações de restauração, onde as avaliações devem ser realizadas mensalmente, sendo caracterizada como fase crítica e que exige rápida tomada de decisão.

Existe uma variedade de indicadores ambientais que podem ser utilizados na avaliação da restauração de ambientes degradados. Estes devem ser selecionados de acordo com o tamanho da área, objetivos do plano de restauração e recursos disponíveis.

Portanto, para que uma área restaurada torne-se autossustentável, esta deve ser avaliada de acordo com os princípios ecológicos, como a estabilidade dos solos e ciclagem de nutrientes, o estabelecimento da vegetação e retorno da fauna (DORGBETOR et al., 2012).

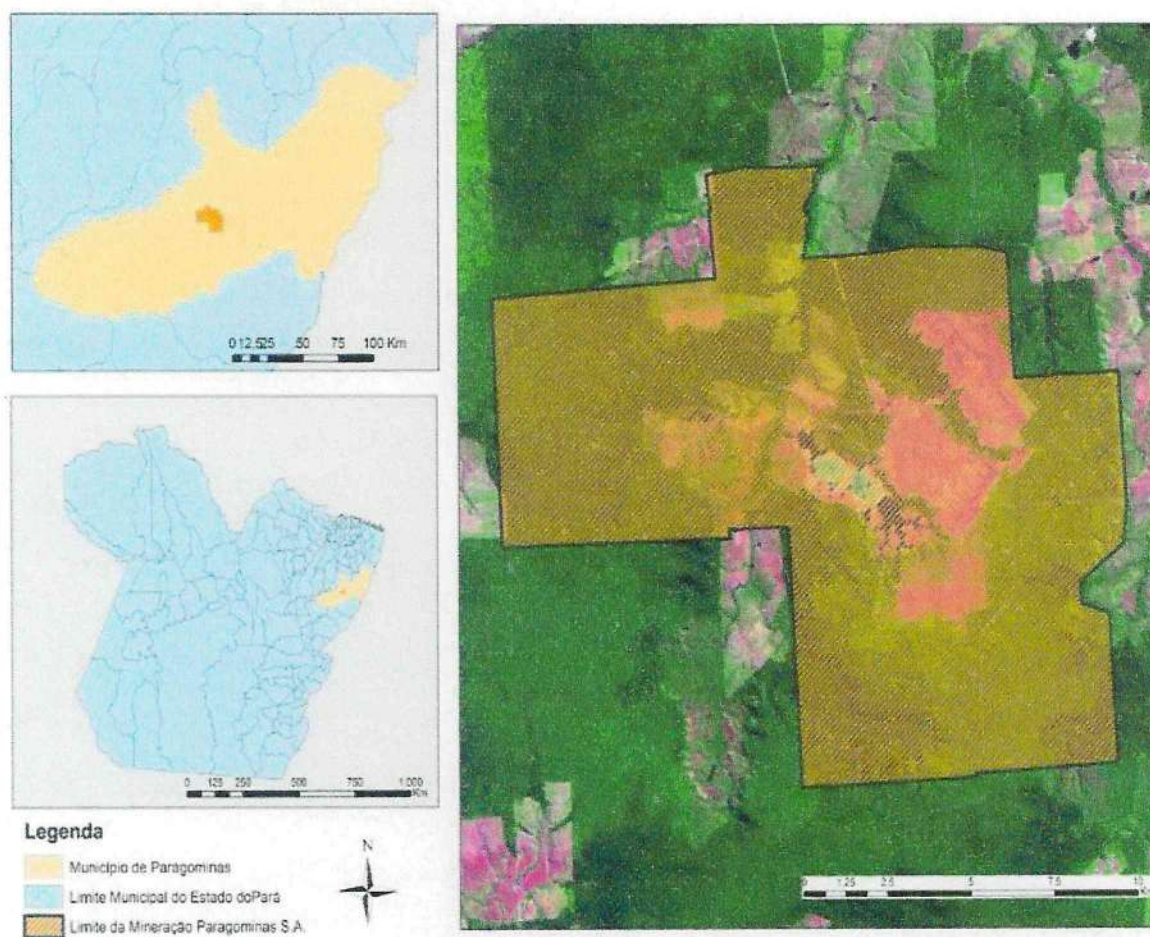
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características da área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área de atividade minerária, denominada Platô Miltônia 3, pertencente à Mineração Paragominas S.A., localizada no município de Paragominas, na mesorregião do Sudeste Paraense, sob as coordenadas $3^{\circ}15'50''\text{S}$ $47^{\circ}44'19''\text{W}$ (Figura 2), distante da capital paraense, Belém, cerca de 307 Km.

A Mineração Paragominas S.A pertence ao grupo Hydro, e qual teve início a extração da bauxita no ano de 2007 com produção anual de 14 milhões de toneladas (HYDRO, 2013).

Figura 2 – Mapa de Localização do Platô Miltônia 3, área de extração minerária da empresa Mineração Paragominas S.A, no município de Paragominas, Pará.



Fonte: Projeto 4600001886 – MPSA/FUNPEA/UFRA, 2013.

O município de Paragominas possui uma economia diversificada que gira em torno das atividades de criação de gado bovino, exploração madeireira, manejo florestal, reflorestamento, cultivo de soja (e outros grãos) e mineração. Possui um elevado nível de áreas alteradas antropicamente, e ao longo do tempo teve sua ocupação e uso das terras através da prática indiscriminada de queimadas e corte de madeira, tendo como consequência a modificação da sua vegetação original (HYDRO, 2003).

A tipologia florestal original de Paragominas, segundo a classificação proposta pelo Projeto Radam Brasil é floresta ombrófila densa (IBGE, 2012), entretanto, por conta do seu histórico de degradação ambiental, atualmente a região apresenta uma cobertura vegetal com menor diversidade de espécies e em diversos estágios de uso e conservação (PINTO et al., 2009).

O clima da região é do tipo “Aw”, conforme a classificação de Köppen (1948), caracterizado como quente e úmido com estações de chuva e de seca, bem definidos, temperatura média anual elevada, em torno de 26° C e regime pluviométrico anual de 1.800 milímetros. A umidade relativa do ar gira em torno de 81% (EMBRAPA, 1986).

Os solos predominantes são do tipo latossolo amarelo distrófico, solos de textura média a argilosa que apresentam alto grau de intemperismo, são profundos, ácidos e ricos em alumínio (RODRIGUES et al., 2003). Outros tipos de solos podem ser encontrados em menor proporção, tais como: gleissolo háplico, argissolo amarelo, neossolo fúlvico e plintossolo háplico (PINTO et al., 2009).

4.1.1 Caracterização do Platô Miltônia 3

O Platô Miltônia 3 é uma das áreas de ocorrência de depósitos de bauxita dentro da área de influência da Mineração Paragominas. Esta área localiza-se nas regiões de extensos platôs encontrados no município de Paragominas, que possuem declives que variam de planos a levemente inclinados e caracterizados por uma superfície tabular, aplainada, e bastante recortada, em estágio típico de relevo de dissecação (HYDRO, 2003).

Nas proximidades da área de influência da Mineração, encontram-se os igarapés Cachoeirinha e Parariquara, afluentes do rio Capim, que nas mediações onde se juntam, formam o rio Potiritá (HYDRO, 2003). Essas drenagens são as principais responsáveis pelo relevo de dissecação dos platôs, assim como pela fitofisionomia existente na região (HYDRO, 2003).

Os solos predominantes no Platô são os latossolos, encontrados também nas áreas de platô e de encostas (HYDRO, 2003). Nas terras intermediárias entre os platôs e as terras baixas, prevalecem os solos tipo podzólicos, já nas terras baixas e ao longo dos igarapés, predominam solos aluvionais, hidromórficos e areias quartzozas (HYDRO, 2003).

O histórico de uso do solo em Paragominas influenciou na diversificação da vegetação do município, não sendo diferente para a área do Platô Miltônia 3, onde anteriormente a implantação da Mina, predominava a utilização de grandes extensões de terra para a atividade agropecuária (HYDRO, 2003). Segundo o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da mineradora, existiam na área antigas lavouras de subsistência e pastagens artificiais abandonadas que contribuíram para uma cobertura vegetal em vários estágios de sucessão, denominadas de capoeiras ou capoeirões (HYDRO, 2003). As áreas ainda cobertas por matas, existentes na área de influência do empreendimento, encontram-se também alteradas, seja pelo fogo, retirada de madeira ou são resultantes da regeneração após sua utilização como área para agricultura ou pasto.

4.1.2 Procedimentos operacionais da extração de bauxita

A lavra da bauxita realizada na área do presente estudo é realizada a céu aberto pelo método *strip mining* e é totalmente mecanizada, sem a utilização de explosivos. As operações de lavra consistem resumidamente na supressão da vegetação, decapeamento, extração, transporte e restauração florestal, como já mencionado anteriormente.

4.1.3 Histórico de restauração do Platô Miltônia 3

O PRAD do Platô Miltônia 3 foi implantado em 2009 em uma área de 92 hectares dos quais, 71 hectares recuperados pela técnica de plantio florestal e outros 21 ha pela indução da regeneração natural iniciados com a reconformação do terreno e revegetação local após as atividades de extração da bauxita. Atualmente, a área total em processo de restauração compreende 1.042 hectares, apresentando áreas com diferentes idades de plantio e estágio de sucessão.

A primeira etapa da recuperação da área é caracterizada pelo fechamento da mina e posterior reposição do material estéril na cava e espalhamento do solo superficial (*topsoil*) (mais ou menos 30 cm) juntamente com a biomassa vegetal estocados, anteriormente à atividade de lavra do minério, atividade de grande importância para a melhoria das condições

do solo e auxílio ao processo de regeneração natural do sítio.

Geralmente, o *topsoil*, quando retirado no período seco é armazenado por um período máximo de seis meses, e na época das chuvas, é encaminhado diretamente para as áreas que estão em fase de restauração.

Esses procedimentos são realizados todos os anos a cada fechamento de uma mina, seguido da revegetação da área pelos métodos de plantio em linhas e condução da regeneração natural. Desta forma as atividades de lavra e restauração ocorrem paralelamente.

Para a etapa de revegetação, a empresa responsável realiza a condução da regeneração e plantio em linhas com espécies florestais e frutíferas nativas da região e que constam nos inventários florestais que norteiam as autorizações de supressão, sendo as mudas, em sua maioria, produzidas no viveiro da mineração.

Os tratos silviculturas, comumente utilizados nas áreas em recuperação, são determinados pela análise física e química do solo, sendo frequente a utilização de calcário, fosfato, diferentes dosagens de NPK e composto orgânico. Nas áreas selecionadas para plantio é realizada aplicação 800 kg de calcário dolomítico por hectare para correção da acidez do solo, subsolagem e adubação (fosfato e adubo orgânico), antes de receber as mudas. Posteriormente foram plantadas 1.111 mudas/ha em linhas, inicialmente de 105 espécies, em um espaçamento de 3 x 3m e coveamento de 0,30 x 0,30 x 0,30m. A manutenção do plantio consistiu no controle de formigas e capinas. Nas áreas revegetadas pela indução da regeneração natural foi realizada apenas a reconformação do terreno e aplicação do *topsoil*.

O monitoramento da revegetação é realizado periodicamente, no qual é avaliada a sobrevivência e o crescimento das plantas.

4.2 Coleta dos dados

4.2.1 Vínculo do projeto de pesquisa

O presente estudo está inserido nas atividades de monitoramento das áreas revegetadas do grupo Hydro, o qual é realizado semestralmente e faz parte do Plano de Controle Ambiental – PCA, instrumento que subsidiou a licença de operação do empreendimento.

A atividade de monitoramento ambiental é realizada pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) em parceria com a Hydro, e teve início no ano de 2011 com inserção do Projeto “Estudos para o monitoramento de áreas degradadas e, dos eventos fenológicos de

espécies ameaçadas de extinção como subsídio a conservação da flora nas áreas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas-PA”.

A realização do monitoramento das áreas que compõem o PRAD da MPSA consiste na avaliação de toda a recuperação de áreas já implantadas no empreendimento a partir de 2009, para determinar os indicadores de recuperação da vegetação e do solo nas referidas áreas. Para isso foram implantadas parcelas permanentes para avaliar o processo de revegetação na Mineração Paragominas, objeto deste trabalho.

4.2.2 Instalação das parcelas do monitoramento ambiental

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos entre abril e maio de 2013 em uma única medição nas áreas do Platô Miltônia 3 que foram revegetadas com os métodos de plantio em linhas, e somente com a condução da regeneração natural, sendo instaladas 30 parcelas por método de restauração, totalizando 60 unidades.

As unidades amostrais instaladas foram divididas em subparcelas para amostrar os indivíduos em diferentes níveis (Figura 3). Para a obtenção dos dados foi registrado e sinalização com placas de alumínio os indivíduos ocorrentes em cada classe de inclusão (Tabela 1) e contagem de indivíduos de ervas e gramíneas. A mensuração da altura total e circunferência foi realizada em algumas plantas à altura do peito (CAP) e outras a altura do coleto, ao nível do solo, por possuírem ramificações muito próximas ao solo.

As parcelas foram alocadas aleatoriamente nas áreas revegetadas no período compreendido entre os anos de 2009 e 2012 (Figura 4), tendo, portanto, cada área diferentes idades de restauração. Do total de 599 hectares revegetados até 2012, 331,03 ha foram revegetados pelo método de plantio e 268 ha por meio da condução de regeneração natural.

Para todas as espécies registradas foi obtido material botânico de acordo com normas padronizadas de coleta e herborização de material botânico que foram levados ao Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, (Pará) para a determinação científica. As amostras após a determinação foram incorporadas ao acervo do Herbário Felisberto Camargo da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Figura 3 - Croqui das parcelas permanentes instaladas para o monitoramento das áreas em processo de restauração na Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Para. Onde: A - Parcelas instaladas nas áreas com regeneração natural; B - Parcelas instaladas nas áreas com método de plantio.

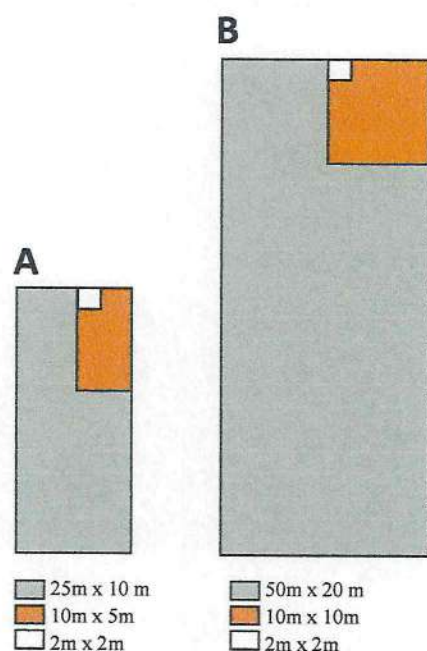
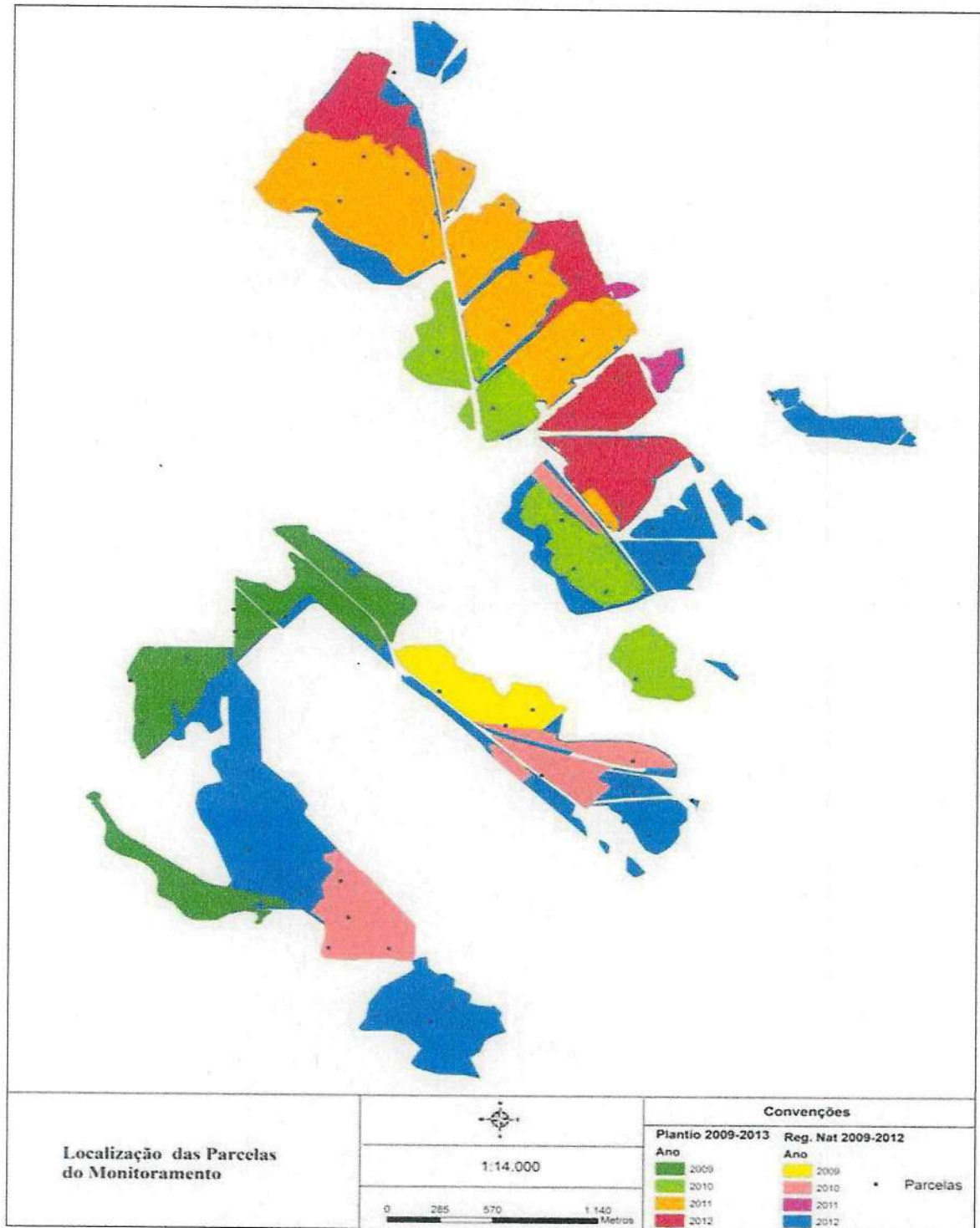


Tabela 1 - Tamanho e número das parcelas e subparcelas implantadas nas áreas em restauração pelos métodos e de condução da regeneração natural (A) e plantio (B) nas áreas que compõem o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.

Método de Restauração	Tamanho da U.A (m)	Área (m²)	Nº de U. A/ano				Total U.A	Total (m²)	Variável observada
			2012	2011	2010	2009			
Plantio	20 x 50	1000	6	12	6	6	30	30.000	Todos os indivíduos do plantio
	10 x 10	100						3.000	Indivíduos da RN com caule formado
	2 x 2	4						120	Contagem de ervas e gramíneas
RN	10 x 25	250	19	2	6	3	30	7.500	Indivíduos com CAP ≥ 10 cm
	5 x 10	50						1.500	Indivíduos com CAP < 10 cm com caule formado
	2 x 2	4						120	Contagem de ervas e gramíneas

Figura 4 – Mapa de localização das parcelas permanentes implantadas nas áreas de 2009-2012 restauradas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



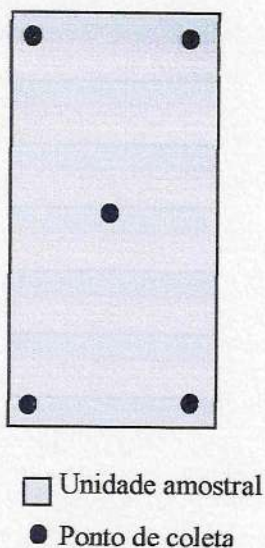
Fonte: Projeto 4600001886 – MPSA/FUNPEA/UFRA, 2013.

4.2.3 Coleta de solos

Para conhecer a fertilidade das áreas em processo de restauração pelos dois métodos

(Plantio e RN), foram coletadas cinco amostras simples de solo para formar uma amostra composta representativa para cada uma das parcelas instaladas, sendo estas retiradas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm (Figura 5). Ao total foram coletadas 180 amostras, utilizadas na análise química completa dos solos, realizada pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Figura 5 - Croqui com a localização dos pontos de coleta de solo nas parcelas permanentes instaladas nas áreas revegetadas que compõem o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



4.3 Processamento e análise dos dados

4.3.1 Análise dos dados da vegetação

Os dados de vegetação, coletados em diferentes tamanhos de unidades de amostra, foram transformados para unidade de área única (hectare), multiplicando-se pelos respectivos fatores de proporcionalidade (Fp), dado por:

$$Fp = \frac{A}{a}$$

Onde:

A = área de 1 hectare

a = área da unidade de amostra correspondente

As ervas e gramíneas amostradas nas subparcelas de 2m x 2m não foram consideradas na avaliação da vegetação do presente estudo.

Todos os parâmetros avaliados foram estimados com o auxílio do *software* Microsoft Excel 2007.

4.3.1.1 Florística e diversidade

A partir da determinação do nome científico dos indivíduos registrados nas áreas avaliadas, foi elaborada a lista completa com todas as espécies, gêneros e famílias ocorrentes nas áreas revegetadas com método Misto e com Condução da Regeneração Natural. Os nomes científicos obtidos tiveram a sua grafia corrigida utilizando a base de dados da Flora do Brasil disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br> e, assim a classificação taxonômica adotada segue o APG III. A lista de espécies foi utilizada para determinar a riqueza florística da área de estudo, que consistiu na determinação do número de espécies, famílias e gêneros encontrados nestas áreas.

Todas as espécies foram classificadas quanto ao hábito em: árvore, arbusto, palmeira, erva, liana. As espécies amostradas também foram classificadas por grupo ecológico conforme critério sugerido por Gandolfi, Leitão Filho e Bezerra (1995), sendo:

- Pioneiras: espécies dependentes de luz.
- Secundárias iniciais: espécies que ocorrem em condições de sombreamento médio ou baixa luminosidade.
- Secundárias tardias: espécies que se desenvolvem em condições de sombra leve ou densa.

A classificação das espécies quanto ao hábito e grupo ecológico foi realizada através de consulta bibliográfica (CARVALHO, 2003; LORENZI, 1992, 1998 e 2002).

A diversidade foi estimada através do índice de Shannon (H'), que expressa a uniformidade dos valores de importância por meio de todas as espécies da parcela. Quanto maior o valor de H' , maior a diversidade florística da população. É dado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log(p_i)$$

Onde:

p_i = proporção da participação da espécie i em relação ao total de indivíduos amostradas, dado por $p_i = (n_i/N)$

$\log$ = logaritmo decimal ou natural ($\ln$)

4.3.1.2 Variáveis dendrométricas

As análises dendrométricas consistiram na determinação da altura total e diâmetro por espécie em cada método de restauração estudado, sendo realizada a comparação das médias pelo teste *t* a 95% de probabilidade, realizado com o auxílio do *software* Minitab 14.

4.3.1.3 Fitossociologia

A fitossociologia compreende estudos das relações entre espécies dentro de uma comunidade, incluindo a composição, estrutura, dinâmica, distribuição e a relação entre os indivíduos (VALÉRIO et al., 2008). Os parâmetros fitossociológicos utilizados são apresentados a seguir.

a) Abundância

Abundância Absoluta (Aa_i): é dada pelo número total de indivíduos pertencentes a uma determinada espécie (i) em relação a área de estudo (ha). A Abundância Relativa (Ar_i) é determinada pela percentagem do número de árvores que corresponde a cada espécie (i) por unidade de área (ha). As abundâncias são calculadas pelas fórmulas abaixo.

$$Aa_i = n^{\circ} \text{ árv. ha}^{-1}$$

$$Ar_i = \frac{Aa_i}{\sum_{i=1}^S Aa_i} \cdot 100$$

b) Dominância

A dominância expressa o grau de ocupação de determinada espécie em uma área, convencionalmente representado pela área transversal do fuste a altura do peito de cada árvore (gi). A somatória das áreas transversais de uma espécie por unidade de área representa a dominância absoluta (Da_i). O percentual da dominância absoluta de cada espécie em relação a área basal total por hectare representa a dominância relativa (Dr_i). São calculadas, pelas equações abaixo.

$$Da_i = \sum_{i=1}^S gi$$

$$Dr_i = \frac{Da_i}{\sum_{i=1}^S Da_i} \cdot 100$$

c) Frequência

A frequência Absoluta (Fa_i) representa o número de unidades amostrais em que uma espécie ocorre em relação ao total das unidades amostrais. Obtem-se por:

$$Fa_i = \frac{N^{\circ} \text{ de unid. de amostra com a espécie}}{N^{\circ} \text{ total de unidades de amostra}} \cdot 100$$

A Frequência Relativa (Fr_i) é o valor percentual da razão entre frequência absoluta de cada espécie e o somatório de todas as frequências, é dada pela equação:

$$Fr_i = \frac{Fa_i}{\sum_{i=1}^S Fa_i}$$

d) Índice de Valor de Importância

O IVI é considerado um dos estimadores da importância ecológica de uma determinada espécie dentro de uma comunidade em relação a outras nela existentes. O IVI é obtido pela somatória dos valores relativos de abundância, dominância e frequência. O cálculo deste parâmetro é realizado pela equação apresentada a seguir.

$$IVI = Ar_i + Dr_i + Fr_i$$

4.3.2 Análise dos atributos do solo

Os atributos químicos dos solos analisados foram pH (H_2O), teores de Carbono orgânico (C_{org}), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e alumínio (Al), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T), saturação por alumínio (m%), determinados seguindo a metodologia descrita por Embrapa (1997). Os atributos dos solos foram classificados em muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto conforme Silva (2003) e Costa, Ferreira e Araújo (2008) (Anexo E) e utilizados para comparar entre as áreas revegetadas pelos dois métodos de restauração florestal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vegetação

5.1.1 Composição florística e estrutural

Considerando todas as áreas avaliadas, foram registrados 3.461 indivíduos (922,9 ind.ha⁻¹), pertencentes a 35 famílias botânicas, 123 gêneros e 203 espécies.

Nas áreas do método de plantio registrou-se 184 espécies do total registrado (90,6%), enquanto nas áreas de regeneração natural foram registradas 45 (22,2%) espécies. Geralmente, a composição florística proveniente da RN em áreas alteradas é reduzida, pois a colonização é dependente do processo de sucessão florestal, onde inicialmente surgem as espécies pioneiras que auxiliam na emergência das espécies de estágios ecológicos mais avançados (CHAUDON, 2012), sendo, portanto este, um processo bastante lento.

A regeneração natural encontrada nas áreas do método de plantio (subparcela de 10x10m) também apresentou menor riqueza florística (20 espécies no total), que pode ter sido ocasionada pelos tratamentos silviculturais realizados no plantio, no caso, a capina das plantas consideradas agressivas às espécies plantadas, principalmente nos anos de 2009 e 2010 (Tabela 2).

Tabela 2 – Riqueza e diversidade registrada nas subparcelas das áreas do Plantio nos diferentes anos de restauração da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.

Variáveis	2009		2010		2011		2012	
	plantados	regenerantes	plantados	regenerantes	plantados	regenerantes	plantados	regenerantes
N. espécies	111	10	54	10	71	12	52	13
N. indivíduos	433	36	311	43	745	378	443	205
Í. Shannon	4,26	1,57	3,48	1,93	3,62	1,78	3,50	1,94

De forma geral, as famílias com maior riqueza foram: Fabaceae (92 espécies), Malvaceae (14 espécies) e Bignoniaceae (9 espécies). As demais famílias apresentaram número de espécies inferior a nove.

Fabaceae teve grande destaque, sobretudo nas áreas do método Misto, por apresentar maior número de espécies (87) e de indivíduos (884). Segundo Silva (2002) a riqueza de espécies apresentada por esta família pode ser atribuída à estratégia de vida que algumas espécies possuem em relação a capacidade de fixar o nitrogênio.

Essa família tem sido comumente encontrada em levantamentos em florestas nativas, como nos estudos de Coelho, Miranda e Mijta (2012) em florestas secundárias no município de Benfica, Pará; de Pinheiro et al. (2007) em floresta ombrófila densa em Paragominas, Pará; de Pereira, Sobrinho e Costa Neto (2011) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru também no Amapá; e de Oliveira et al. (2008) na Estação Experimental do INPA no Estado do Amazonas. Estudos realizados em áreas em processo de restauração florestal também têm registrado a presença de Fabaceae, como nos trabalhos de Silva (2013) em Descoberto, Minas Gerais; de Pires e Pierangeli (2011) na Serra do Patrimônio, Mato Grosso; de Ferreira et al. (2010) no Município de Itutinga, Minas Gerais; e de Pinheiro et al. (2009) em Brasília, Distrito Federal.

Quanto ao hábito, no povoamento avaliado foram registradas árvores (167 espécies), arbustos (25), palmeiras (2), lianas (5), ervas (5), sendo que o hábito predominante tanto nas áreas de plantio quanto nas de RN foi o arbóreo com 158 e 30 espécies, respectivamente. Bellotto et al. (2009a) ressaltaram sobre o papel e a importância de áreas em processo de restauração apresentar outras formas de vida além de árvores, pois confere ao povoamento maior riqueza de espécies vegetais. Segundo Fenner e Thompson (2005) a presença de representantes dos diferentes hábitos de crescimento é de grande importância num ecossistema, principalmente porque as espécies não se sustentam sozinhas, pois dependem da interação entre elas e de seus dispersores.

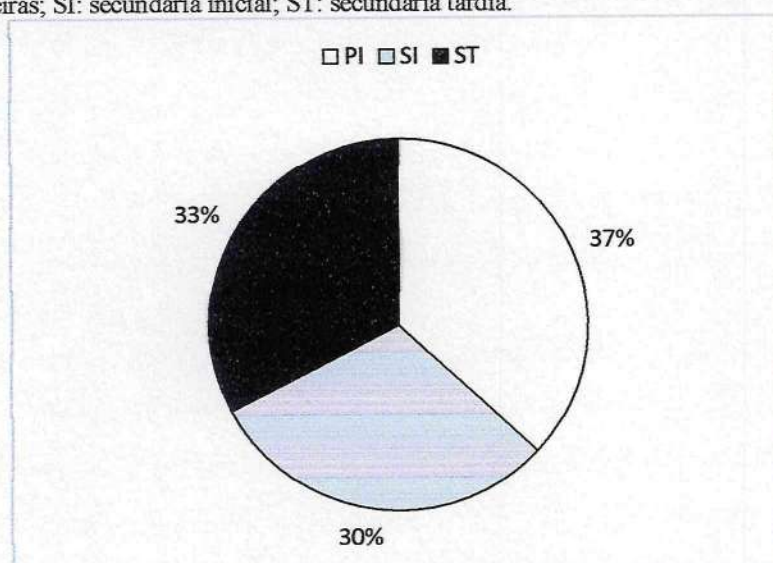
Existem grupos de espécies que são fundamentais para a manutenção da diversidade dos ecossistemas (BELLOTTO et al., 2009a). Lianas, ervas e arbustos, por exemplo, floram e frutificam precocemente, e portanto são importantes na atração de agentes polinizadores e dispersores de sementes, assim como têm a capacidade de se proliferar rapidamente e recobrir o solo, formando assim o estágio inicial de sucessão (BECHARA, 2006).

Bechara et al., (2005) afirmaram que a utilização do método tradicional de plantio de árvores nativas tão comumente utilizado, salta as fases iniciais do processo de sucessão, na qual ocorre a colonização por ervas, cipós, arbustos e arvoretas, inibindo as interações planta-animal e prejudicam o recrutamento de espécies oriundas da regeneração natural, bem como a diminuição da diversidade florística e de hábitos de crescimento. Desse modo, percebe-se a dificuldade de se estabelecer um modelo que possa retomar rapidamente a cobertura vegetal (plantio) e ao mesmo tempo facilitar a emergência de indivíduos da regeneração natural sem prejuízo para as interações biológicas que sustentam o ecossistema. Entretanto, acredita-se, tendo como base os resultados obtidos no presente estudo, que é perfeitamente possível e

viável a integração de um povoamento implantado e o estabelecimento da regeneração natural na restauração de ambientes degradados.

Das 184 espécies amostradas no plantio, incluindo o estrato regenerante, 68 foram classificadas como pioneiras, 56 como secundárias iniciais e 60 como secundárias tardias. (Figura 6). A presença de espécies de diferentes grupos sucessionais no plantio do presente estudo mostra que o povoamento é heterogêneo. Atualmente, têm-se adotado essa forma de revegetação, porque acredita-se que a presença de espécies de todos os grupos seja suficiente para a perpetuação da floresta sem depender de intervenções antrópicas ao longo do processo para que o ecossistema evolua e seja conduzido ao seu equilíbrio até que a substituição das espécies ocorra naturalmente (BRANCALION et al., 2009).

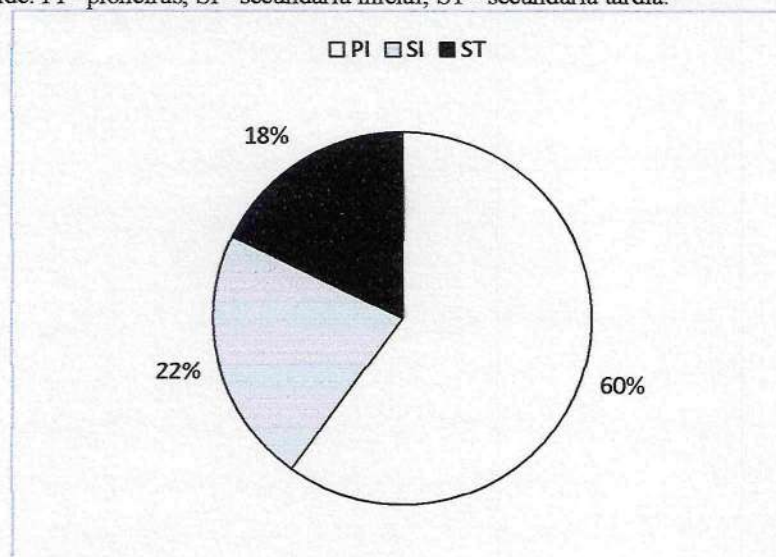
Figura 6 - Classificação sucessional das espécies amostradas (%) nas áreas em processo de restauração pelo método de Plantio do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará. Em que PI: pioneiras; SI: secundária inicial; ST: secundária tardia.



Nas áreas de RN foram registradas 27 espécies pioneiras, 10 secundárias iniciais, 8 secundárias tardias (Figura 7). O número de espécies do grupo ecológico das secundárias tardias é baixo (18%) em relação às das categorias sucessionais iniciais (pioneiras e secundárias iniciais), que reunidas somam trinta e sete espécies, ou seja, 82% do total. Segundo Brandão et al. (2008), quando a quantidade de espécies dos grupos iniciais superam as do grupo tardio, pode-se deduzir que a área estudada se encontra em estágio inicial de sucessão. Além disso, a idade máxima das áreas em restauração do presente estudo é apenas de quatro anos, e, portanto, jovens demais para apresentarem um número considerável de espécies secundárias tardias.

Um aspecto importante neste contexto é que as áreas de RN são circundadas por fragmentos florestais, que poderão ser importantes fontes de propágulos de espécies pertencentes a estágios mais avançados.

Figura 7 - Classificação sucessional das espécies amostradas (%) nas áreas em processo de recuperação pelo método de Condução de RN do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará. Onde: PI= pioneiras; SI= secundária inicial; ST= secundária tardia.



5.1.1.1 Método de Plantio

No levantamento florístico realizado nas áreas em processo de restauração pelo método de Plantio foram registrados, no total, 2.594 indivíduos (75% do total amostrado) distribuídos em, 35 famílias e 115 gêneros e 184 espécies. Deste total, 172 espécies e 30 famílias e 106 gêneros são oriundos da atividade de plantio (subparcelas de 20 x 50m), que totalizam 1.935 indivíduos (Anexo A).

As famílias mais representativas do plantio foram: Fabaceae (865 indivíduos), Euphorbiaceae (218), Malvaceae (203), Cannabaceae (161), Malpighiaceae (133), Bignoniaceae (118) e Solanaceae (106).

Dentre as espécies exclusivas do plantio, seis são exóticas: *Adenanthera pavonina* (99 indivíduos), *Tamarindus indica* (13), *Cassia fistula* (11), *Annona muricata* (8), *Khaya ivorensis* (5) e *Leucaena leucocephala* (4). Esta última é considerada não desejável para áreas em processo de restauração, devido a sua característica de espécie invasora, sendo inclusive listada pela União Mundial para a Conservação da Natureza – IUCN como uma das 100 espécies invasoras mais agressivas do mundo (LOWE et al., 2000). Silva (2013), que também detectou a presença desta espécie em seu estudo, afirmou que esta pode inibir o

estabelecimento de espécies nativas por ter alta capacidade de dispersão e alta fecundidade, ou seja, sua forma de propagação é extremamente rápida e agressiva. O referido autor recomendou inclusive a supressão dos indivíduos e a substituição destes por outras de essências nativas. Nalon et al (2008), assim como Barbosa, Barbosa e Barbosa (2008) também alertaram que a presença de *L. leucocephala* em reflorestamento pode ser prejudicial para as demais espécies do povoamento.

Segundo Brancalion et al. (2009), as espécies exóticas, por serem originárias de outros países, não possuem inimigos naturais (pragas e doenças) no Brasil, e, portanto, conseguem obter bom desenvolvimento, tornando-se invasoras de remanescentes naturais podendo acarretar sérios problemas ecológicos nos ecossistemas. Entretanto, não se pode precisar se a presença de *L. leucocephala* ou das outras espécies exóticas poderá afetar negativamente o plantio nas áreas do presente estudo, pois foi levantado apenas um número amostral que possivelmente não reflete a quantidade total de indivíduos destas espécies que pode existir nestas áreas. Porém, é recomendável que o comportamento das mesmas seja monitorado.

Dentre estas espécies, cinco são comuns entre as plantadas e as oriundas do estrato regenerante, são elas: *Apeiba albiflora*, *Byrsonima crassifolia*, *Cenostigma tocantinum*, *Lecythis lurida*, e *Trema micrantha*. O surgimento destas espécies no estrato regenerante (10x10m) implica em dizer que apesar do plantio ser jovem, já apresenta-se em fases reprodutivas.

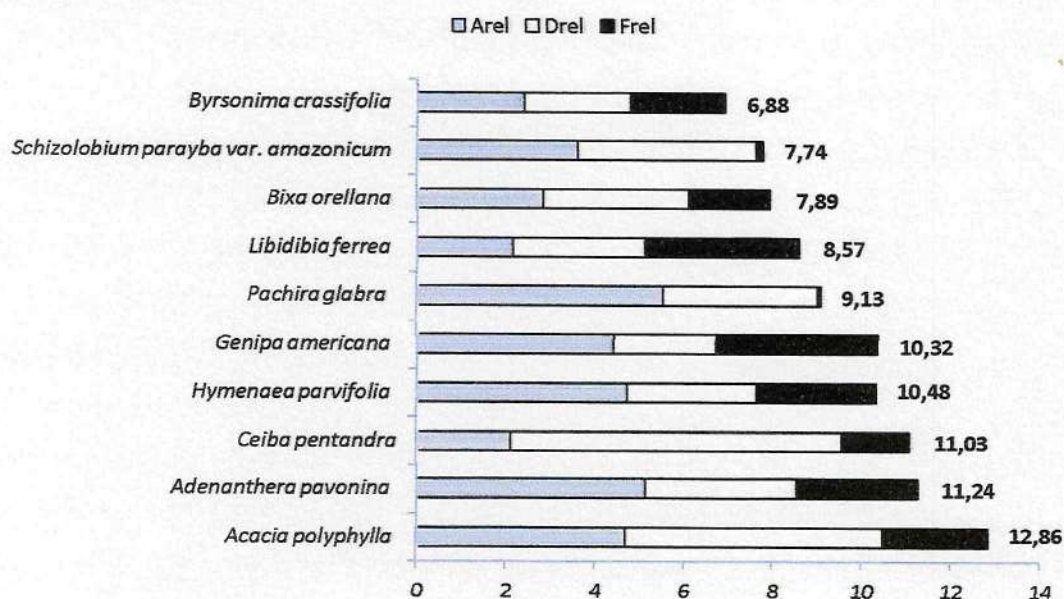
As áreas de plantio do presente estudo apresentaram grande diversidade de espécies, porém a maioria delas apresentou apenas um indivíduo como representante (57 de 184 espécies). Alves e Miranda (2008) no seu estudo em uma floresta de terra firme no município de Almeirim-PA, também registraram de um total de 556 espécies, 377 representadas por um único indivíduo. Silva (2013) registrou em áreas em processo de restauração em Descoberto-MG 12 espécies de um total de 45 com apenas um indivíduo representante. Segundo Barbosa, Barbosa e Barbosa (2008) ecossistemas com alta diversidade de espécies e com poucos indivíduos representantes dentro de um povoamento implantado se assemelha às florestas naturais onde este comportamento é o responsável pela perpetuação de cada espécie. Isso porque, a probabilidade de indivíduos de uma mesma espécie serem atingidos por pragas e doenças, por exemplo, a ponto de dizimá-los é dificultada pela distância entre eles dentro do ecossistema.

Dentre as 172 espécies plantadas amostradas nas parcelas de 20 x 50 m, as que apresentaram maiores valores de Índice de Valor de Importância (IVI) foram: *Acacia polyphylla*, *Adenanthera pavonina*, *Ceiba pentandra*, *Hymanaea parvifolia*, *Genipa*

americana, *Pachira glabra*, *Libidibia ferrea*, *Bixa orellana*, *Schizolobium parayba* var. *amazonicum* e *Byrsonima crassifolia* (Figura 8).

O destacado Índice de Valor de Importância apresentado por *A. polyphylla*, está relacionado à sua elevada dominância, assim como a de *C. pentandra*, *B. orellana*, *S. parayba* e *B. crassifolia*. Já *A. pavonina*, *H. parvifolia*, *G. americana* e *P. glabra*, obtiveram maior IVI devido a abundância. A única espécie, dentre as dez citadas, que teve o IVI influenciado pela frequência foi *L. ferrea*.

Figura 8 - Dez espécies das áreas de Plantio (20 x 50m) com maior Índice de Valor de Importância (IVI), representado pela soma de frequência (Frel), dominância (Drel) e abundância (Arel) relativas, amostradas nas áreas em processo de restauração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



Acacia polyphylla, que apresentou maior IVI, é uma espécie bastante utilizada em projetos de restauração florestal, e também foi amostrada nos trabalhos de Salomão, Brienza Júnior e Rosa (2014) no Platô Saracá em Porto Trombetas (PA); de Leles et al. (2011) no município de Seropédica (RJ); de Lima, Santana e Nappo (2009) no município de Indianópolis (MG); e de Nóbrega et al. (2007) município de Luiz Antônio (SP). É pertencente a Fabaceae, pioneira, com ampla distribuição que vai desde a região Amazônica até o Paraná (ARAÚJO-NETO et al., 2002). Segundo Lorenzi (1992), a introdução de *A. polyphylla* em programas de reflorestamentos para recuperação de áreas degradadas é de grande importância, pois é uma espécie de rápido crescimento e com alta capacidade de se desenvolver em ambientes rústicos.

O índice de diversidade de Shannon (H') encontrado para as áreas do plantio foi de 4,20. Este resultado é próximo ao obtido por Francez, Carvalho e Jardim (2007) ($H' = 4,25$) para florestas nativas manejadas, também no município de Paragominas. Já Salomão et al., (2012), obtiveram uma diversidade de 5,44 na Floresta Nacional do Saracá-Taquera em Porto Trombetas (PA), porém com amostragem superior ao do presente estudo (195 parcelas). Segundo Knight (1975), os valores do índice de Shannon para florestas tropicais amazônicas encontram-se entre 3,83 a 5,85, valores que caracterizam florestas com alta diversidade. Sendo assim, as áreas do plantio possuem elevada diversidade, resultado que pode ser atribuído a não determinação de diâmetro mínimo de inclusão de indivíduos nesta amostragem.

A inclusão de alta diversidade de espécies em reflorestamentos com fins de restauração de áreas degradadas é de grande importância para garantir o sucesso de PRAD's (CORRÊA et al., 2007).

No estrato da regeneração das áreas de plantio, isto é, na subamostragem de 10 x 10m, foram amostrados 659 indivíduos distribuídos em 20 espécies, 14 famílias e 16 gêneros (Anexo B).

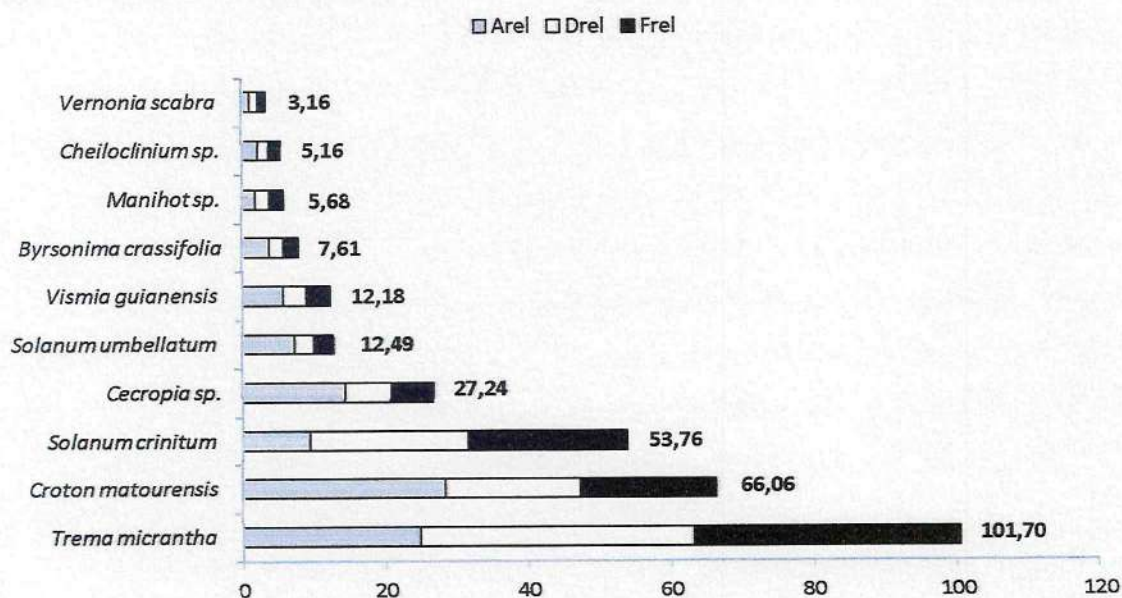
Para esta mesma amostragem as espécies mais importantes foram: *Trema micrantha*, *Croton matourensis*, *Solanum crinitum*, *Cecropia* sp., *Solanum umbellatum*, *Vismia guianensis*, *Byrsonima crassifolia*, *Manihot* sp., *Cheiloclinium* sp. e *Vernonia scabra* Pers., (Figura 9). *T. micrantha* registrou maior IVI dentre as espécies oriundas da regeneração do plantio devido a sua frequência, o mesmo observado para *S. crinitum*, *Manihot* sp. e *V. scabra*. Já *C. matourensis*, *Cecropia* sp., *S. umbellatum*, *I. guianensis*, *B. crassifolia* e *Cheiloclinium* sp. tiveram seus IVI's influenciados pelas suas abundâncias.

T. micrantha, é uma importante espécie colonizadora com características desejáveis para compor projetos de restauração da cobertura vegetal. Ocorre em diversos ambientes, como ao longo de cursos d' água, capoeirões, pastos e terrenos abandonados em zonas urbanas, sendo, portanto adaptável a diferentes ambientes (RIBAS e KAGEYAMA, 2004). Além disso, possui uma eficiente dispersão por pássaros e sementes longevas no solo, o que explica sua abundância no banco de sementes em várias florestas (GROMBONE-GUARATINI e RODRIGUES¹, 2002 citado por MARTINS et al., 2008). Um estudo realizado por Zangaro et al., (2002) comprovou que *T. micrantha* também possui capacidade

¹ GROMBONE-GUARATINI, M. T.; RODRIGUES, R. R. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, n. 5, p. 759-774, 2002.

de associação simbiótica com micorrizas arbusculares, apresentando alta colonização em campo (60-79%) e em casa de vegetação (acima de 80%).

Figura 9 - Espécies da regeneração natural em áreas de Plantio (10 x 10m) com maior Índice de Valor de Importância (IVI), representado pela soma de frequência (Frel), dominância (Drel) e abundância (Arel) relativas, amostradas nas áreas em processo de restauração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



O índice de Shannon do estrato regenerante foi de 2,08, valor que pode representar uma baixa diversidade se comparado com o índice obtido para as espécies plantadas. Porém, em se tratando de regeneração natural, Melo e Durigan (2007) dizem que a evolução da riqueza é determinada pela idade das áreas em processo de restauração, ou seja, quanto mais maduras, maior a diversidade.

5.1.1.2 Método de condução da Regeneração Natural

Nas áreas revegetadas pela condução de regeneração natural foram registrados na amostragem 867 indivíduos, classificados em 17 famílias e 32 gêneros e 45 espécies. Salomão, Rosa e Moraes (2007) registraram um valor superior em 26 parcelas de 250m² na avaliação da RN em áreas de exploração de bauxita em Porto Trombetas, sendo 137 espécies e 1.780 indivíduos.

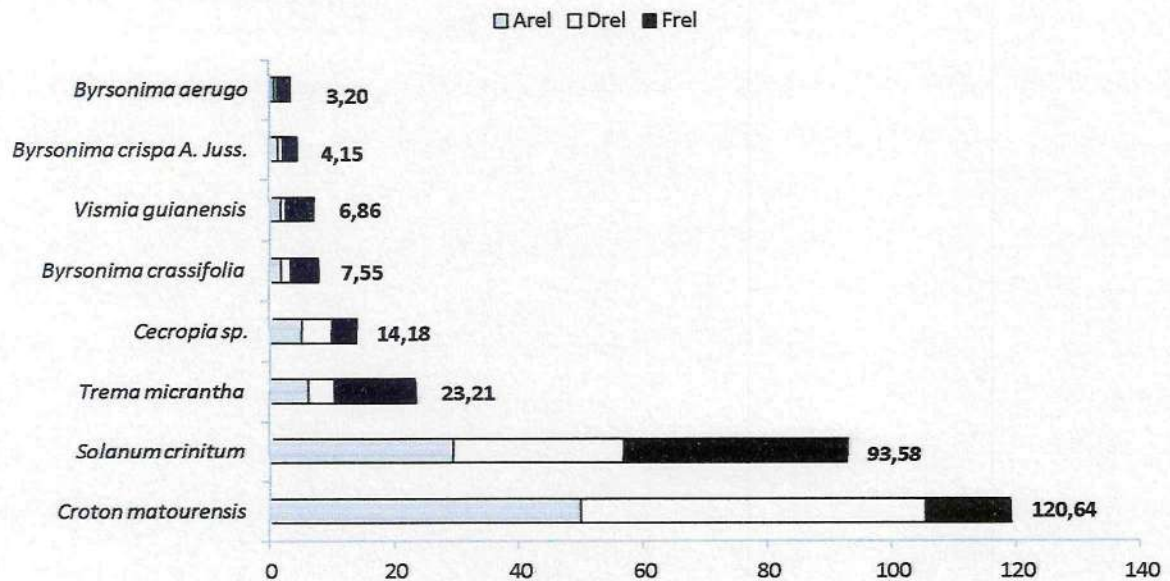
As famílias mais representativas nas áreas revegetadas por condução da RN foram: Euphorbiaceae (281 indivíduos), Solanaceae (170), Cannabaceae (166) e Urticaceae (105 indivíduos).

Das espécies amostradas nas de regeneração natural, 14 são comuns às do plantio: *Apeiba albiflora*, *Banara arguta*, *Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima crispa*, *Cordia goeldiana*, *Chrysophyllum prieurii*, *Hymenaea courbaril*, *Hymenaea parvifolia*, *Inga* sp., *Lophanthera lactescens*, *Mabea fistulifera*, *Tabebuia serratifolia*, *Acacia multipinnata*, *Trema micrantha*. A presença destas espécies nas áreas de RN implica em dizer que estas emergiram a partir do banco de sementes da área e que são mais tolerantes as condições ambientais pós-mineração das áreas da MPSA.

Nas subparcelas de 10 x 25 m foram amostrados 14 espécies, 8 famílias e 9 gêneros para um total de 185 indivíduos (Anexo C). Os números observados nesta amostragem foram baixos, devido aos poucos indivíduos com CAP > 10 cm, havendo sete parcelas que não apresentaram indivíduo nesta classe de tamanho. Este resultado confirma mais uma vez que as áreas em restauração estão em fase inicial de sucessão, e, portanto apresentam poucos indivíduos com diâmetros superiores.

As espécies que apresentaram maior IVI nas subparcelas 10 x 25m das áreas revegetadas pela regeneração natural foram: *Croton matourensis* Aubl., *Solanum crinitum*, *Trema micrantha*, *Cecropia* sp., *Byrsonima crassifolia*, *Vismia guianensis*, *Byrsonima crispa* e *Byrsonima aerugo* (Figura 10). *C. matourensis* e *Cecropia* sp. apresentaram maior IVI em função de suas dominâncias, e as demais espécies pelas suas frequências.

Figura 10 - Espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI), representado pela soma de frequência (Frel), dominância (Drel) e abundância (Arel) relativas, amostradas nas subparcelas de 10 x 25m nas áreas em processo de recuperação pela condução da RN no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



Croton matourensis, *Solanum crinitum* e *Trema micrantha*, além de apresentarem maior IVI, ocorreram em todas as áreas, inclusive na regeneração natural das áreas do plantio. Isto mostra a alta capacidade de colonização destas espécies e adaptabilidade a ambientes rústicos. Dessa forma, pode-se dizer que as referidas espécies são potenciais para a restauração de áreas degradadas.

A presença de *C. matourensis*, *S. crinitum* e *T. micrantha*, por possuírem rápida propagação, podem também auxiliar no desenvolvimento do solo e controle de erosão, assim como fornecer cobertura para a emergência de outras espécies de outros grupos sucessionais. Além disso, suas flores e frutos são atraentes a fauna presentes nos fragmentos florestais, sendo estes aspectos importantes para o processo de dispersão das espécies das áreas em restauração.

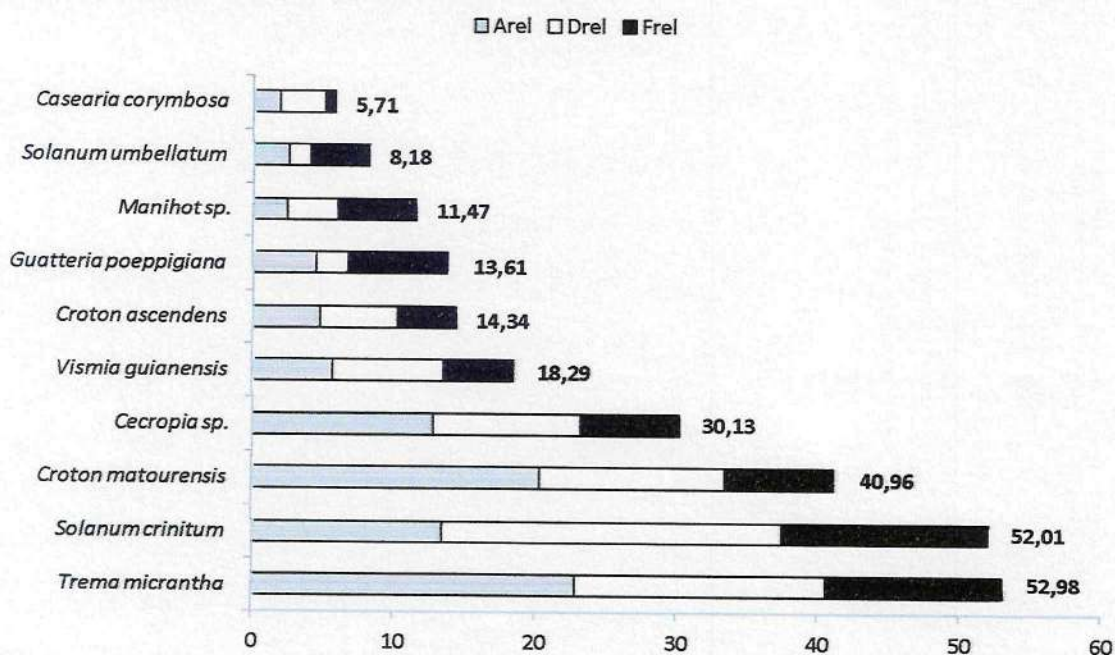
O índice de diversidade para essa amostragem foi de 1,49, o valor mais baixo dentre todas as áreas avaliadas no presente estudo. Esta baixa diversidade provavelmente foi influenciada pela amostragem e o critério de inclusão (> 10 cm), como já mencionado anteriormente.

Na amostragem de 5 x 10m, foram registrados 42 espécies, 17 famílias e 32 gêneros (Anexo D), totalizando 682 indivíduos. As espécies que obtiveram maior IVI nessa amostragem foram: *Trema micrantha*, *Solanum crinitum*, *Croton matourensis*, *Cecropia* sp.,

Vismia guianensis, *Croton ascendens*, *Guatteria poeppigiana*, *Manihot* sp., *Solanum umbellatum*, *Casearia corymbosa* (Figura 11).

T. micrantha obteve maior IVI pela influência de sua abundância, bem como as espécies *C. matourensis* e *Cecropia* sp. Já *Solanum crinitum*, *V. guianensis*, *C. ascendens* e *C. corymbosa* tiveram seus IVI's influenciados pelas suas dominâncias. *G. poeppigiana*, *Manihot* sp. e *S. umbellatum* foram mais importantes em função de suas frequências.

Figura 11 - Espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI), representado pela soma de frequência (Frel), dominância (Drel) e abundância (Arel), amostradas nas subparcelas de 5 x 10 m nas áreas em processo de restauração pelo método de condução da regeneração natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas sa Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



O índice de Shannon para essa amostragem foi de 2,43, valor que reflete uma baixa diversidade. Rodrigues et al. (2010) obtiveram 2,72 para este índice em áreas em processo de restauração com 18 meses localizadas no Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. Silva (2013) encontrou uma diversidade de 2,35 (H') no estrato regenerante de áreas em processo de restauração após mineração de bauxita no município de Descoberto, Minas Gerais, também com 18 meses.

A baixa diversidade apresentada pelas áreas em processo de restauração pelo método de condução da RN pode ser atribuída à idade do povoamento, no qual há a predominância de espécies de estágio sucessional inicial em que as copas das árvores ainda não desenvolveram o suficiente para propiciar sombreamento e favorecer a emergência de espécies tardias (SILVA, 2013).

5. 1. 2 Avaliação do crescimento

5.1.2.1 Avaliação da Altura

A análise estatística para a altura das espécies do plantio apresentou valor mínimo de 0,24 m e máximo de 7,5 m, sendo a média de 2,31 m $\pm$ 1,60 m e coeficiente de variação (CV) de 68,97%. Para o método de condução da regeneração a altura média mínima foi de 0,13 m e máxima de 7,0 m, sendo a média geral de 1,62 m $\pm$ 1,43m, resultando em um coeficiente de variação de 85,89% (Tabela 3).

A média do método de plantio foi superior em 22,7% em relação às áreas de RN e os valores de CV para ambos os métodos evidencia elevada variação, ou seja, a dispersão dos dados em relação à média é muito grande. Estes resultados podem ser atribuídos aos diferentes intervalos de anos de plantio avaliados (2009 -2012), que geraram alta heterogeneidade.

A comparação das médias através do teste t a 95% de probabilidade, obteve *t-valor* = 2,89 e *p-valor* = 0,005, indicando que há uma diferença significativa real entre os dois métodos para a variável altura.

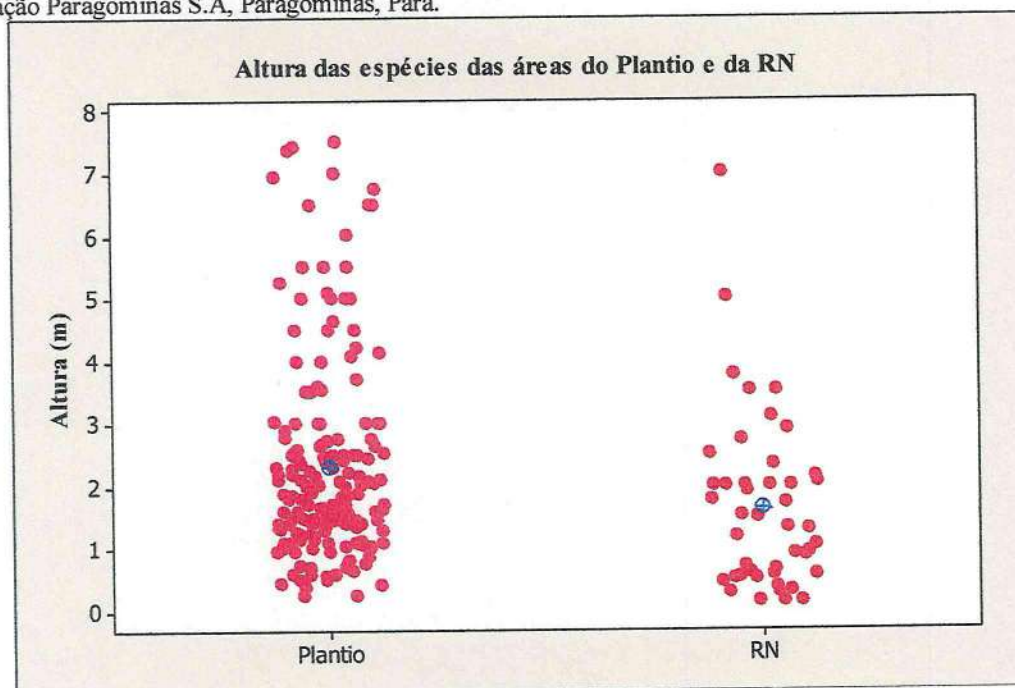
Tabela 3 – Análise estatística das médias das alturas dos indivíduos registrados nos métodos de plantio e condução da regeneração natural em áreas em processo de restauração da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.

Variável	Método de Restauração	
	Plantio	RN
N	184	45
Média	2,31	1,62
Erro Padrão da Média	0,12	0,21
Variância	2,54	1,94
Desvio Padrão	1,60	1,39
Coeficiente de Variância	68,97	85,89
1º quartil	1,30	0,54
Mediana	1,85	1,31
3º quartil	2,74	2,09
Mínimo	0,24	0,13
Máximo	7,50	7,00
Amplitude	7,26	6,87

O método de plantio registrou número superior de espécies em relação ao da regeneração natural, com a maioria dos indivíduos concentrados entre as menores alturas e

poucos concentrados entre as maiores alturas (Figura 12). Nas áreas do método de RN, a concentração é maior entre as maiores alturas.

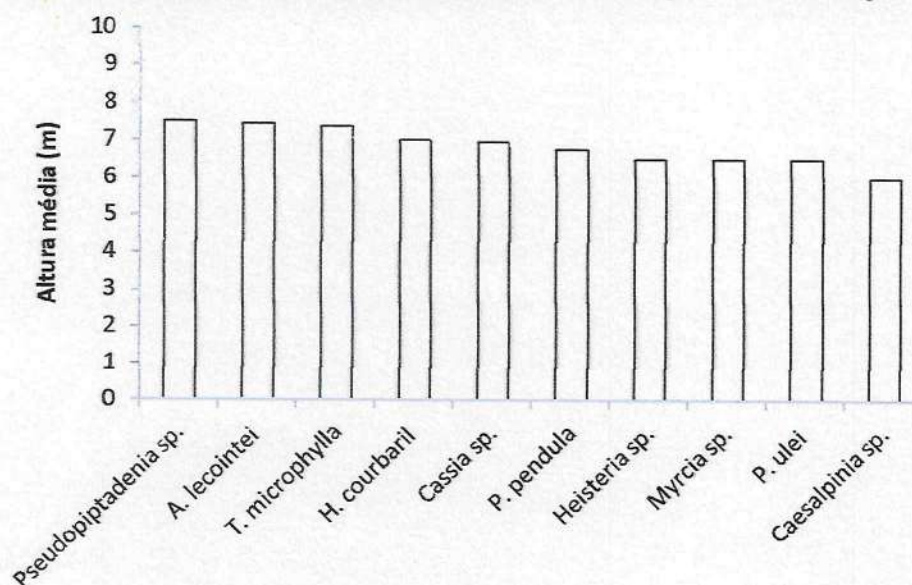
Figura 12 – Distribuição das alturas médias das espécies registradas nas áreas em processo de restauração da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



As espécies que contribuíram para os maiores valores em altura no método de plantio foram: *Pseudopiptadenia* sp., *Astronium lecointei*, *Talisia microphylla*, *Hymenaea courbaril*, *Cassia* sp., *Parkia pendula*, *Heisteria* sp., *Myrcia* sp., *Parkia ulei* e *Caesalpinia* sp. (Figura 13).

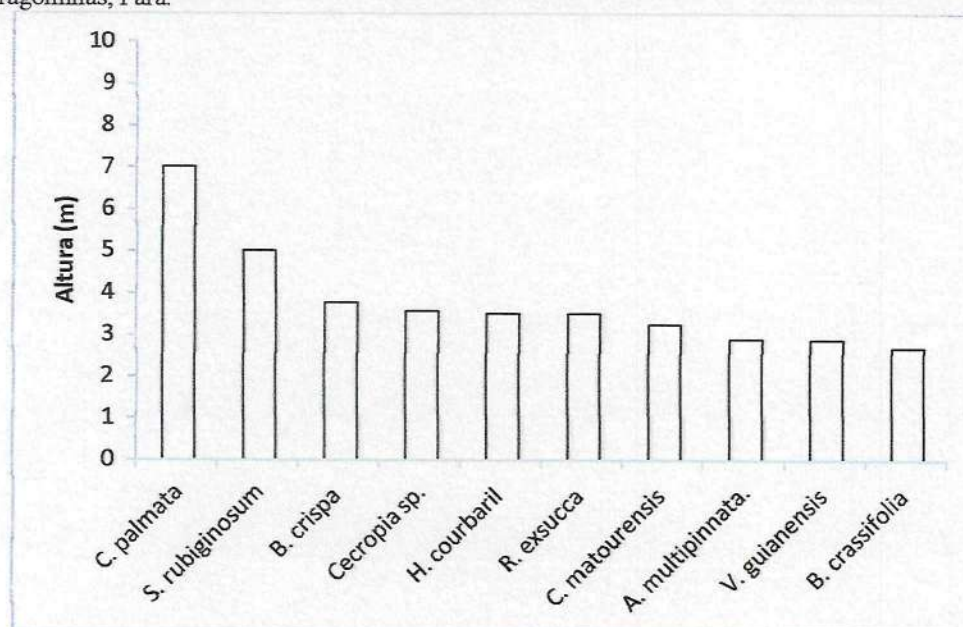
Pseudopiptadenia sp. registrou a maior média entre as espécies do plantio, sendo representada por dois indivíduos com média de 7,5 m de altura. Fonseca, Leão e Santos (2006), em um estudo de germinação e crescimento de plântulas de uma espécie do mesmo gênero (*Pseudopiptadenia psilostachya*) relataram que o seu crescimento é favorecido por condições relativas de alta iluminação, embora necessite de sombreamento em algumas fases de desenvolvimento, e, portanto, *P. psilostachya* possui grande capacidade de adaptação às diferentes intensidades de luz, portanto, *Pseudopiptadenia* sp pode ter o mesmo comportamento da espécies estudada pelos referidos autores.

Figura 13 – Maiores valores de altura (m) registrados para as espécies amostradas nas parcelas do método de Plantio do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



As espécies que obtiveram maiores médias de altura nas áreas de regeneração natural foram: *Cecropia palmata*, *Solanum rubiginosum*, *Byrsonima crispera*, *Cecropia* sp., *H. courbaril*, *R. exsucca*, *Croton matourensis*, *A. multipinnata*, *Vismia guianensis*, *Byrsonima crassifolia* (Figura 14). *C. palmata* registrou apenas um representante com 7 m de altura, por isso teve maior destaque.

Figura 14 – Maiores valores de altura (m) registrados para as espécies amostradas nas parcelas do método de condução de regeneração natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



5.1.2.2 Avaliação do diâmetro (DAP)

Nas áreas do Plantio a análise para o DAP indicou uma média de $3,96 \text{ m} \pm 2,22 \text{ m}$ cm, sendo o valor mínimo 0,65 cm e o máximo 14,01 cm. O coeficiente de variação (CV) obtido foi de 56,06%, inferindo que para essa variável também há uma alta variabilidade (Tabela 4). Nas áreas de RN o valor mínimo foi de 0,45 e máximo de 4,34, sendo a média de $1,62 \text{ m} \pm 0,96 \text{ m}$ que resultou em um coeficiente de variação de 59,26%. A alta variabilidade apresentada nos resultados pode também estar relacionada aos diferentes anos avaliados.

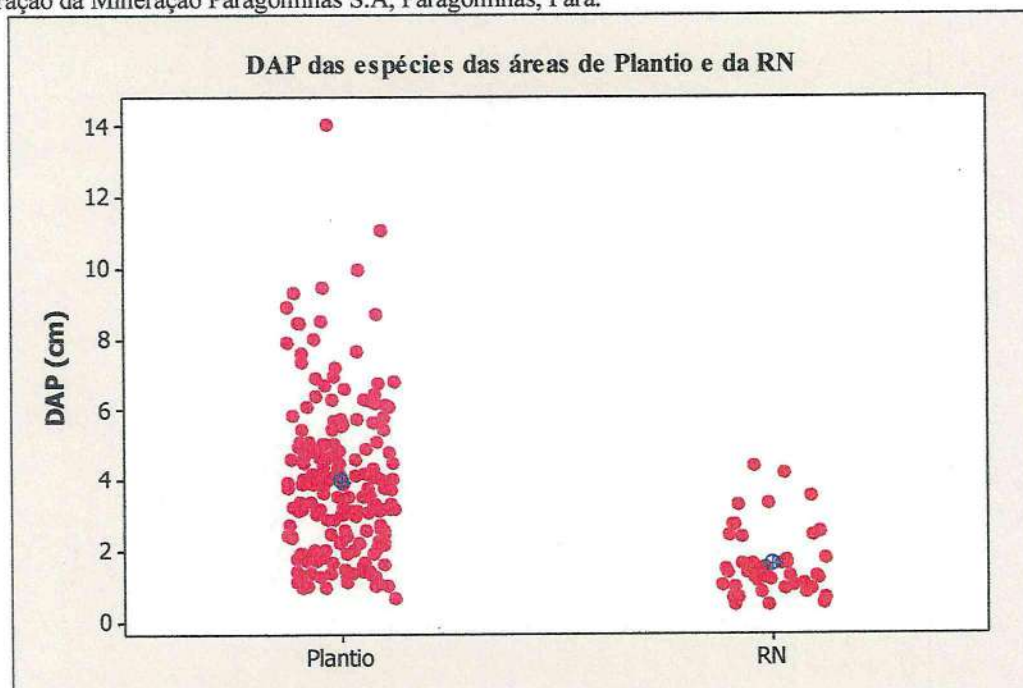
A comparação das médias dos diâmetros através do teste *t* a 95% de probabilidade, mostrou que há uma diferença altamente significativa entre os métodos avaliados, sendo *t-valor* = 10,78 e *p-valor* = 0,000.

Tabela 4 – Análise das médias das alturas das espécies registradas nos métodos de plantio e condução da regeneração natural em áreas em processo de restauração da Mineração Paragominas S.A, Paragominas. Pará

Variável	Método de Restauração	
	Misto	RN
N	184	45
Média	3,96	1,62
Erro Padrão da Média	0,16	0,14
Variância	4,92	0,92
Desvio Padrão	2,22	0,96
Coeficiente de Variância	56,06	59,26
1º quartil	2,24	0,965
Mediana	3,65	1,34
3º quartil	5,04	2,07
Mínimo	0,65	0,45
Máximo	14,01	4,34
Amplitude	13,36	3,89

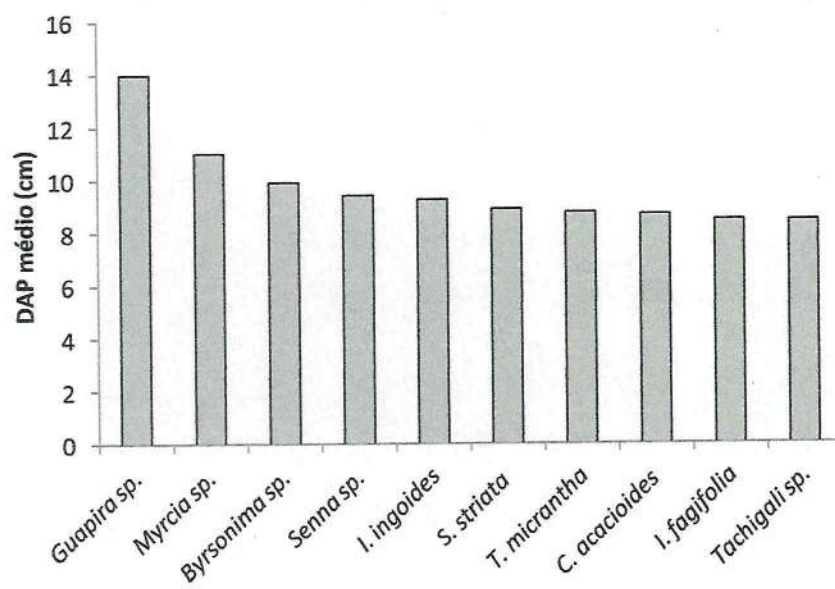
A maioria das espécies do plantio apresentaram valores baixos de diâmetro e uma minoria registrou diâmetros maiores, sendo que houve uma maior concentração das espécies entre o primeiro (2,24 m) e terceiro quartil (5,04 m) (Figura 15). Já as espécies da RN apresentaram valores de diâmetro relativamente baixos comparados aos do plantio, tendo estes se concentrado mais próximos à média.

Figura 15 – Gráfico de dispersão de diâmetros médios das espécies registradas nas áreas em processo de restauração da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



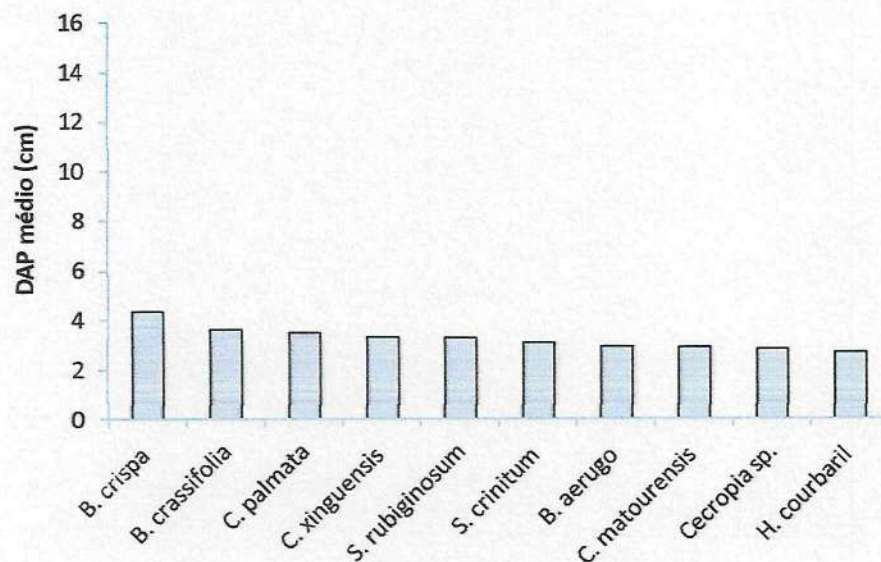
As espécies que registraram maiores médias de diâmetro no plantio foram: *Guapira* sp., *Myrcia* sp., *Byrsonima* sp., *Senna* sp., *Inga ingoides*, *Sterculia striata*, *Trema micrantha*, *Chloroleucon acacioides*, *Inga fagifolia* e *Tachigali* sp. (Figura 16). *Guapira* sp., registrou a maior média por ter apenas um indivíduo representante com diâmetro igual a 14,01 cm.

Figura 16 – Espécies com maiores valores de diâmetro (cm) registradas nas parcelas do método de Plantio do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



Byrsonima crisper, *Cecropia palmata*, *Chamaecrista xinguensis*, *Solanum rubiginosum*, *Solanum crinitum*, *Byrsonima aerugo*, *Croton matourensis*, *Cecropia* sp. e *Hymenaea courbaril*, foram as espécies que contribuíram com as maiores médias de diâmetro nas áreas do método de condução da regeneração natural (Figura 17). *B. crisper*, que apresentou maior média, registrou 2 indivíduos com diâmetro médio de 4,34 cm.

Figura 17 – Espécies com maiores valores de diâmetro (cm) registradas nas parcelas do método de condução da regeneração natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



Tendo em vista as condições hostis das áreas da MPSA, observou-se que as espécies que obtiveram maior crescimento em altura e diâmetro conseguiram se adaptar a tais condições ambientais desfavoráveis. Dessa forma, estas podem ser consideradas como espécies-chaves importantes na restauração do Platô Miltônia 3 (Tabela 5).

Tabela 5 – Lista das espécies consideradas chave para a restauração das áreas Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará. Onde: PI – pioneira; SI – Secundária inicial; ST – Secundária tardia.

N.	Espécie	Grupo ecológico	Família
1	<i>Acacia multipinnata</i> Ducke	SI	Fabaceae
2	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	ST	Anacardiaceae
3	<i>Byrsonima aerugo</i> Sagot	ST	Malpighiaceae
4	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	PI	Malpighiaceae
5	<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss.	ST	Malpighiaceae
6	<i>Byrsonima</i> sp.	SI	Malpighiaceae
7	<i>Cassia</i> sp.	SI	Fabaceae
8	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	PI	Urticaceae
9	<i>Cecropia</i> sp.	PI	Urticaceae
10	<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S. Irwin & Barneby	PI	Fabaceae
11	<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	PI	Fabaceae
12	<i>Caesalpinia</i> sp.	SI	Fabaceae
13	<i>Croton matourensis</i> Aubl.	PI	Euphorbiaceae
14	<i>Guapira</i> sp.	SI	Nyctaginaceae
15	<i>Heisteria</i> sp.	SI	Olacaceae
16	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	ST	Fabaceae
17	<i>Inga fagifolia</i> (L.) Willd. ex Benth.	PI	Fabaceae
18	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	PI	Fabaceae
19	<i>Myrcia</i> sp.	PI	Myrtaceae
20	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	ST	Fabaceae
21	<i>Parkia ulei</i> (Harms) Kuhlman	ST	Fabaceae
22	<i>Pseudopiptadenia</i> sp.	ST	Fabaceae
23	<i>Rollinia exsucca</i> (DC. ex Dunal) A. DC.	SI	Annonaceae
24	<i>Senna</i> sp.	SI	Fabaceae
25	<i>Solanum crinitum</i> Lam.	PI	Solanaceae
26	<i>Solanum rubiginosum</i> Vahl	PI	Solanaceae
27	<i>Sterculia striata</i> St.Hil. & Naud.	SI	Malvaceae
28	<i>Tachigali</i> sp.	PI	Fabaceae
29	<i>Talisia microphylla</i> Uittien	SI	Sapindaceae
30	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	PI	Cannabaceae
31	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	PI	Hypericaceae

5.2 Atributos do solo

No geral as condições de fertilidade dos solos das áreas revegetadas pelos dois métodos de restauração florestal foram similares (Tabela 6), e embora não sejam ideais, proporcionaram fertilidade adequada ao estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação.

Tabela 6 – Valores médios dos atributos do solo coletado nas áreas em processo de restauração por plantio e regeneração natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Mineração Paragominas S.A. Paragominas, Pará. Onde: pH – potencial hidrogeniônico, C_{org} – carbono orgânico, MO – matéria orgânica, P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, Al – alumínio, H+Al – acidez potencial, SB – soma de bases, T – capacidade de troca catiônica, V – saturação por base, m – saturação por alumínio.

Método	Ano	pH	Corg	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
		H ₂ O	— g kg ⁻¹ —		mg dm ⁻³				Cmol _c dm ⁻³				— % —	
Profundidade: 0 - 10 cm														
Plantio	2009	4,87	15,71	27,09	0,48	0,09	1,38	0,57	0,57	4,54	2,04	6,58	31	20,2
	2010	4,86	18,37	31,67	0,52	0,11	1,45	0,75	0,75	4,84	2,31	7,15	32,4	18,38
	2011	5,02	17,87	30,8	0,43	0,17	1,84	1,78	1,78	4,62	3,85	8,46	45,4	10,46
	2012	5,32	21,29	36,7	0,82	0,19	2,78	2,15	2,15	4,71	5,12	9,84	51,8	3,22
	Média	5,02	18,31	31,57	0,56	0,14	1,86	1,31	1,31	4,68	3,33	8,01	40,15	13,07
RN	2009	4,96	22,81	39,32	0,74	0,13	1,73	0,68	0,7	5,44	2,54	7,99	29,9	27,5
	2010	5,12	17,74	30,58	0,37	0,12	2,08	1,52	0,3	4,54	3,72	8,27	44,7	7,73
	2011	5,06	17,29	29,82	0,2	0,09	2,65	2,00	0,5	4,93	4,74	9,67	46,97	12,72
	2012	5,01	17,06	29,41	0,4	0,16	1,77	1,03	0,39	4,84	2,96	7,8	37,98	12,41
	Média	5,04	18,73	32,28	0,43	0,13	2,06	1,31	0,47	4,94	3,49	8,43	39,89	15,09
Profundidade: 10 - 20 cm														
Plantio	2009	4,73	13,18	22,72	0,22	0,04	0,97	0,55	0,66	4,31	1,56	5,87	26,6	29,6
	2010	4,84	16,6	28,62	0,34	0,07	1,23	0,63	0,55	4,37	1,94	6,31	30,9	22,47
	2011	4,79	16,03	27,63	0,5	0,14	1,15	1,63	0,63	4,36	2,92	7,28	40	18,21
	2012	4,97	16,6	28,62	0,54	0,12	1,97	1,63	0,26	4,19	3,72	7,92	46,9	6,88
	Média	4,83	15,60	26,90	0,40	0,09	1,33	1,11	0,53	4,31	2,54	6,85	36,10	19,29
RN	2009	4,9	19,89	34,29	0,86	0,14	1,57	0,67	0,71	4,76	2,37	7,13	30,4	29,8
	2010	5,08	16,41	28,29	0,27	0,09	1,93	1,37	0,28	4,45	3,39	7,84	42,9	7,86
	2011	4,89	18,06	31,13	0,35	0,19	1,9	2,5	0,32	2,89	4,59	7,48	61,03	7,02
	2012	4,97	15,63	26,95	0,31	0,11	1,62	0,86	0,41	4,42	2,59	7,01	37	13,67
	Média	4,96	17,50	30,17	0,45	0,13	1,76	1,35	0,43	4,13	3,24	7,37	42,83	14,59
Profundidade: 20 - 40 cm														
Plantio	2009	4,8	5,76	9,94	0,74	0,07	0,6	0,62	0,29	2,59	1,29	3,88	33,2	18,6
	2010	4,91	10,14	17,47	0,34	0,08	0,9	0,53	0,24	2,8	1,52	4,31	35,18	13,41
	2011	4,77	7,32	12,61	0,13	0,1	0,65	1,61	0,29	2,87	2,36	5,23	45,4	10,68
	2012	5,1	8,81	15,18	0,15	0,15	1,03	1,52	0,19	2,78	2,7	5,48	50,2	6,82
	Média	4,90	8,01	13,80	0,34	0,10	0,80	1,07	0,25	2,76	1,97	4,73	41,00	12,38
RN	2009	5,12	11,78	20,31	0,2	0,08	1,4	0,57	0,33	3,36	2,04	5,41	34,6	20,9
	2010	5,06	11,02	19	0,4	0,08	1,47	1,47	0,2	3,45	3,02	6,47	45,66	6,68
	2011	4,77	12,16	20,97	0,35	0,17	1,15	2,15	0,35	3,51	3,47	6,98	51,8	8,65
	2012	4,91	9,16	15,8	0,18	0,09	1,07	0,68	0,18	3,14	1,84	4,98	37,36	8,8
	Média	4,97	11,03	19,02	0,28	0,11	1,27	1,22	0,27	3,37	2,59	5,96	42,36	11,26

Os valores obtidos, considerados razoáveis, podem ser atribuídos ao espalhamento do *topsoil* nas áreas reconformadas decorridos quatro anos. Diversos estudos em que foram utilizados o *topsoil* como alternativa para melhorar a qualidade inicial de solos em desenvolvimento apresentaram bons resultados, como constatado no trabalho de Borůvka et al. (2012) em depósitos de rejeito de áreas mineradas na República Tcheca. Segundo GHOSE (2001), o *topsoil* possui altos teores de matéria orgânica, de nutrientes e abriga microrganismos importantes para a ciclagem dos elementos minerais.

Machado et al. (2012), observaram em sua pesquisa que o *topsoil* foi o melhor substrato para o desenvolvimento de candeia (*Eremanthus erythropappus*), espécie utilizada para revegetar áreas de mineração de bauxita e ferro em Ouro Preto (MG). Os autores concluíram que mesmo a aplicação de uma fina camada do solo superficial foi capaz de aumentar consideravelmente o crescimento das plantas.

Os estudos de Alday et al. (2011) em uma mina de carvão em processo de restauração na província de Palenência, Espanha, obtiveram resultados que demonstrou que a aplicação do *topsoil* acelerou o estabelecimento da vegetação em relação a áreas que não receberam o solo superficial e, concluíram que uma área degradada pode ser revegetada em cerca de 15 anos, porém sem a utilização do *topsoil* pode levar mais de 40 anos para se restabelecer uma área minerada.

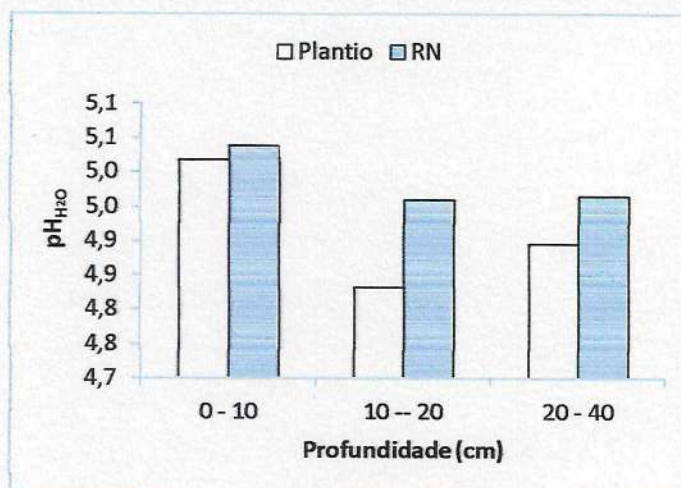
Em termos nutricionais, o pH na faixa entre 5,5 a 6,5 é considerado o ideal para o desenvolvimento das plantas (MEURER, 2007), pois é neste intervalo que todos os nutrientes estão disponíveis para serem absorvidos pelas raízes. Desse modo, no presente estudo, os solos das áreas restauradas com os dois métodos de restauração florestal, apresentaram acidez média na profundidade de 0-10 cm e elevada nas de 10-20 cm e 20-40 cm (Figura 18). A área com plantio registrou um pH médio de 4,91 e na área com RN de 4,99, sendo que os valores variaram entre o mínimo de 4,7 e máximo de 5,3. Assim, os solos das áreas amostradas ainda não atingiram a faixa considerada ideal para o desenvolvimento das plantas (MEURER, 2007), evidenciando que nessas áreas as plantas estão se desenvolvendo em condições de acidez de média a elevada.

Por outro lado, essas condições de acidez são normalmente encontradas em solos reconstruídos, como foi constatado, também, nos estudos de Klein et al. (2009), Costa e Zocche (2009), Campos, Almeida e Souza. (2003). Segundo Sousa, Miranda e Oliveira (2007), o pH não é um fator limitante para o estabelecimento de plantas, principalmente para espécies pioneiras e de rápido crescimento que são mais tolerantes a ambiente com acidez

elevada. Porém, Araújo et al. (2005) sugeriram que outros fatores isoladamente ou aliados a essa variável podem reduzir a taxa de emergência de indivíduos.

Em um estudo realizado por Valle et al. (1996), foi detectado que algumas espécies florestais respondem diferentemente em relação ao crescimento em condições de solos ácidos, elevada toxidez por alumínio e baixa disponibilidade de cálcio, entre elas, *Leucaena leucocephalla*, *Trema micrantha*, *Libidibia ferrea*, *Cedrela fissilis* e *Senna multijuga*, espécies amostradas também no presente estudo. Dessa forma, as condições apresentadas por solos minerados, tende a inibir o crescimento de determinadas espécies.

Figura 18 – Valores médios de pH_{H_2O} nas áreas em processo de recuperação pelos métodos de Plantio e Regeneração Natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



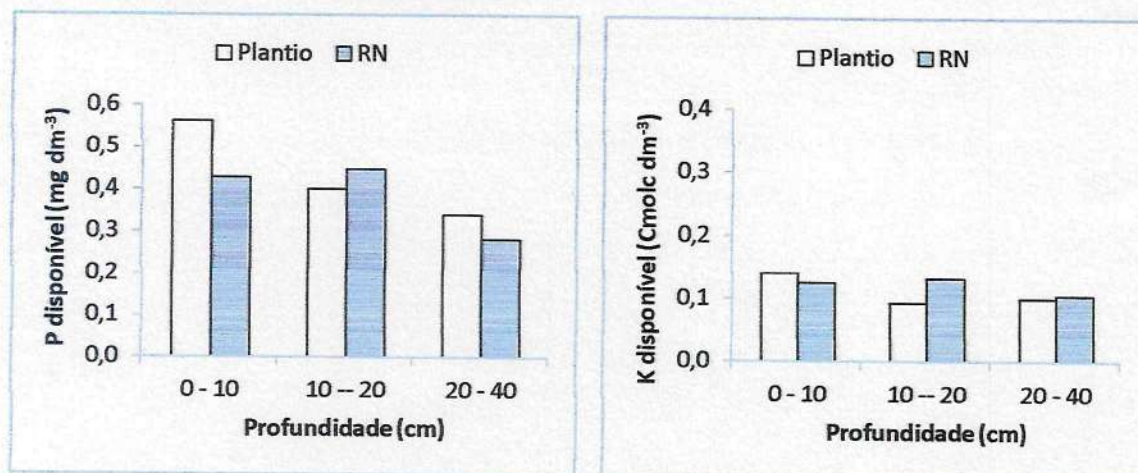
Quanto aos teores de nutrientes, o fósforo (P) foi um dos que apresentou menores teores, tendo este classificado como baixo nas três profundidades analisadas, tanto nas áreas de plantio quanto nas de RN (Figura 19). Esse resultado é bastante comum, tendo em vista à baixa disponibilidade natural deste elemento, que é decorrente da forte interação que apresenta com outros elementos do solo, fixando-o (MOTTA et al., 2002). Courtney et al. (2008) também obtiveram baixos teores deste nutriente em áreas de mineração de bauxita na Irlanda, assim como Costa e Zocche (2009) em minas de carvão em Siderópolis, Santa Catarina.

Alguns fatores, como o pH, também podem influenciar na disponibilidade de P, ou seja, em solos ácidos os níveis deste elemento reduzem conforme a diminuição do pH e vice-versa (YANG et al., 2011; COSTA, ZOCHE, 2009).

As concentrações de potássio (K) também foram baixas nas áreas e nas profundidades avaliadas, resultado que pode ser atribuído a acidez do solo. Baixos teores de K também

foram encontrados no estudo de Campos et al. (2003) em áreas de mineração de carvão no Município Lauro Sodré, Santa Catarina.

Figura 19 – Valores médios dos teores de P e K disponíveis no solo avaliado nas áreas em processo de restauração pelos métodos de Plantio e Regeneração Natural do Plano de Recuperação de áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



Os teores médios de cálcio (Ca) apresentaram-se baixos em todas as profundidades nas áreas de plantio e nas profundidades de 20-10 cm e 20-40 cm nas áreas de regeneração natural. Na camada de 0-10 cm da RN os teores desse elemento foram médios (Figura 20). Já o magnésio (Mg) apresentou maiores teores, em relação aos outros nutrientes, sendo tais teores classificados como altos em todas as áreas e profundidades avaliadas (Figura 24).

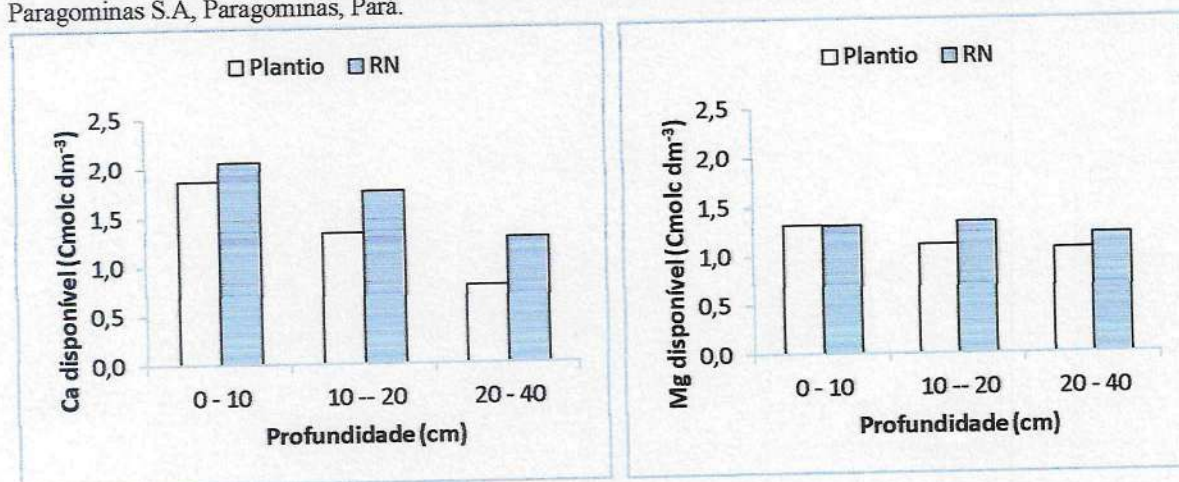
As concentrações de K, Ca e Mg são comumente baixas em áreas mineradas, sendo este comportamento atribuído aos processos de lixiviação e intemperização de minerais (PITCHEL et al., 1994; CAMPOS; ALMEIDA; SOUSA, 2003; COSTA; ZOCHE, 2012). Porém nas áreas do presente estudo, o magnésio teve um comportamento contrário, ou seja, foi alto, assim como no estudo de Costa e Zocche (2009) em minas no município de Siderópolis, em Santa Catarina, têm em condições de solos  cidos. Os autores atribuíram estes resultados ao recente processo de restauração das áreas, e que, portanto não houve tempo suficiente para ocorrer lixiviação deste elemento do solo.

Os valores altos registrados para Mg nas áreas do plantio da Mineração Paragominas podem ser atribuídos a aplicação de calcário na fase de preparo das áreas antes da revegetação do local, contribuindo para os teores aqui apresentados para este nutriente.

Sobre os teores de nutrientes avaliados em áreas mineradas, Banning et al. (2008) relataram que após as atividades de extração há uma perda considerável de nutrientes do solo, ocasionada pela rápida decomposição, quando há supressão da vegetação. As reposições dos

teores de nutrientes nestas áreas podem ocorrer de forma lenta, conforme o estabelecimento de uma nova vegetação durante o processo de restauração florestal, através da perda de resíduos senescentes, que irão formar a camada de serrapilheira, que com o tempo sofrerá decomposição e atuará como mantenedora da fertilidade do solo (CALDEIRA et al., 2008). Segundo Odum (1969), este processo de retenção de nutrientes para a ciclagem dentro do sistema tende a aumentar com a maturidade do povoamento.

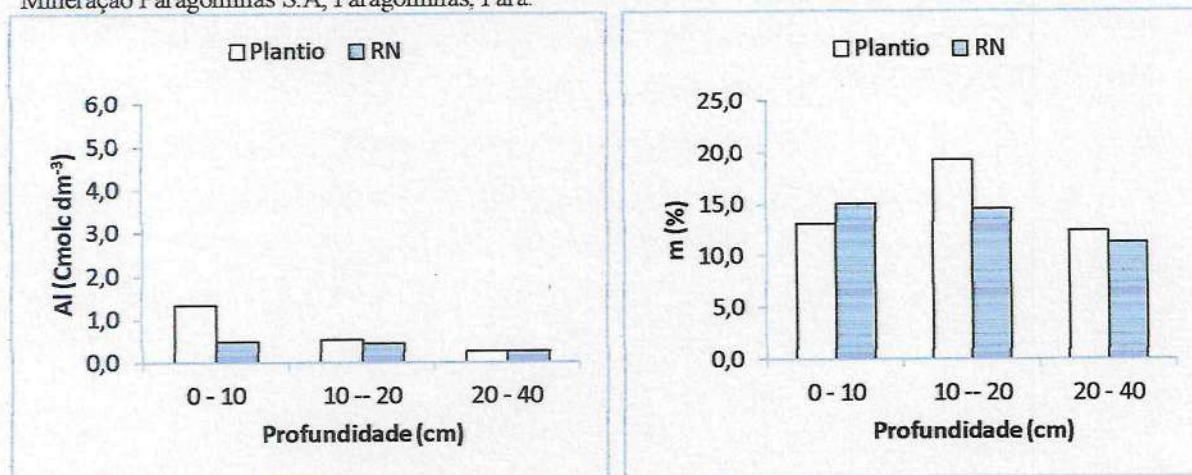
Figura 20 – Valores médios dos teores de Ca e Mg disponíveis nas áreas em processo de restauração pelos métodos de Plantio e Regeneração Natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



Os valores do alumínio trocável registrados nas áreas estudadas foram baixos, exceto na profundidade de 0-10 cm das áreas de plantio, que foi médio. Os valores de saturação por alumínio (m) apresentaram-se médios para todas as áreas e profundidades, portanto, os níveis de Al encontrados nestes solos são toleráveis para as plantas (Figura 21). Esses resultados, podem ter sido influenciados pelo teor de matéria orgânica, que se apresentou relativamente alta nas áreas estudadas, pois segundo Falleiro et al. (2003), as concentrações de alumínio são influenciadas pela MO.

O teor de MO influencia na interação entre vários atributos do solo (FRAGA e SALCEDO, 2004), além de contribuir como fonte de nutrientes, influenciar na capacidade de troca catiônica (FONTANA, et al., 2011) e exercer influência nos valores do pH (BORUVKA et al., 2012; SILVA; MENDONÇA, 2007). Dessa forma, pode ser considerada como um bom indicador de qualidade do solo (CHIODINI et al, 2013).

Figura 21 – Valores médios de alumínio (Al) e de saturação por alumínio (m) nas áreas em processo de restauração pelos métodos de Plantio e Regeneração Natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.

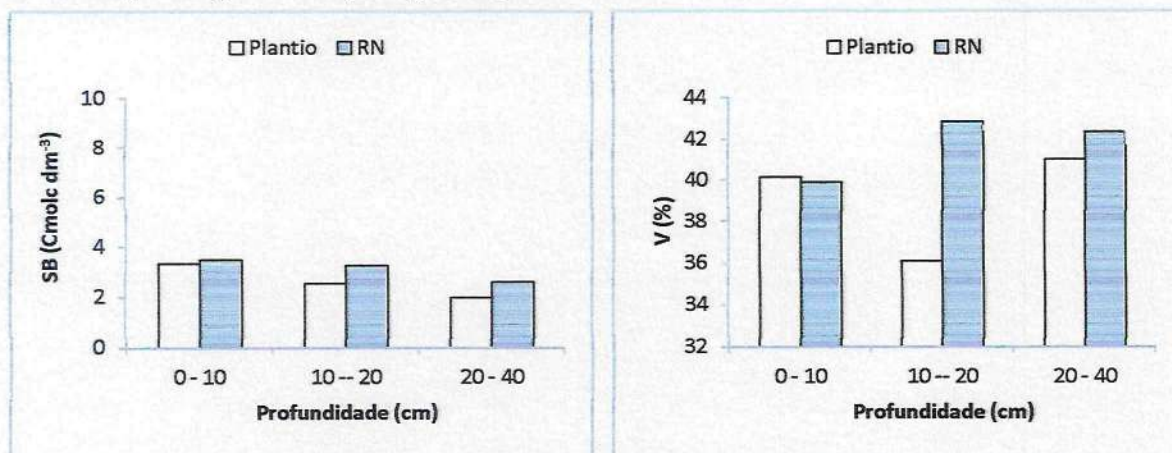


A soma de bases trocáveis (SB) e a saturação por bases (V) foram no geral médias, exceto para a SB na profundidade de 20-40 cm do plantio que foi baixa (Figura 22). Diferentemente do presente do estudo, Costa e Zocche (2009) e Campos, Almeida, Sousa (2003) registraram valores muito baixos para SB e V em minas de carvão.

Os valores da soma de bases médios registrados nas áreas da Mineração Paragominas implicam em dizer que há certa quantidade de nutrientes disponíveis e, portanto, há um complexo de trocas favorável para as plantas. A SB é um índice que compara os teores de K, Ca e Mg com a capacidade de troca catiônica (T) (BONILHA et al., 2012), e portanto, considerada como um atributo que pode ser um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo (BONILHA et al., 2012; RONQUIM, 2010).

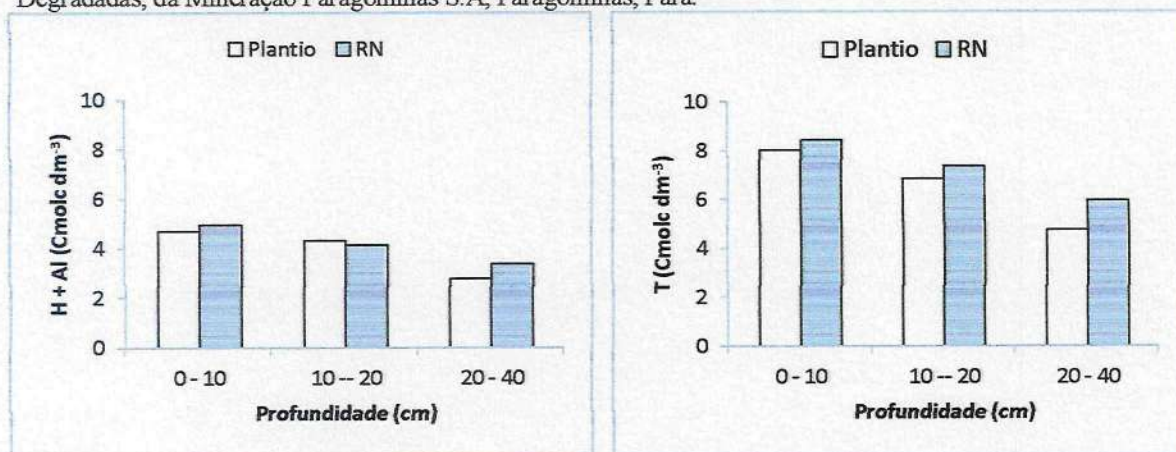
Os valores de saturação por base (V) estão abaixo de 50%, e, portanto, os solos das áreas estudadas são ditos como distróficos, ou seja, pouco férteis (RONQUIM, 2010).

Figura 22 – Valores médios de soma de bases (SB), saturação de base (V) nas áreas em processo de restauração pelos métodos de Plantio e Condução da Regeneração Natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



A acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) e a capacidade de troca de cátions (T), no geral, apresentaram valores médios, registrados para todas as áreas e todas as profundidades de coleta do presente estudo (Figura 23). Costa e Zocche (2009), relataram em seu estudo uma elevada T, que foi atribuída ao teor de argila (30 a 34%) e a elevação nos valores de H e Al trocáveis presentes no solo. Valores médios de acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) também foi relatado no estudo de Costa e Zocche (2009) e Campos, Almeida e Souza (2003).

Figura 23 – Valores médios acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) e capacidade de troca catiônica (T) nas áreas em processo de restauração pelos métodos de Plantio e Condução da Regeneração Natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



Os teores de matéria orgânica e carbono orgânico (C_{org}) foram, no geral, altos, exceto na camada de 20-40 cm que foi baixa tanto no plantio quanto nas áreas de regeneração natural (Figura 24). Sendo que as concentrações vão diminuindo com o aumento da profundidade,

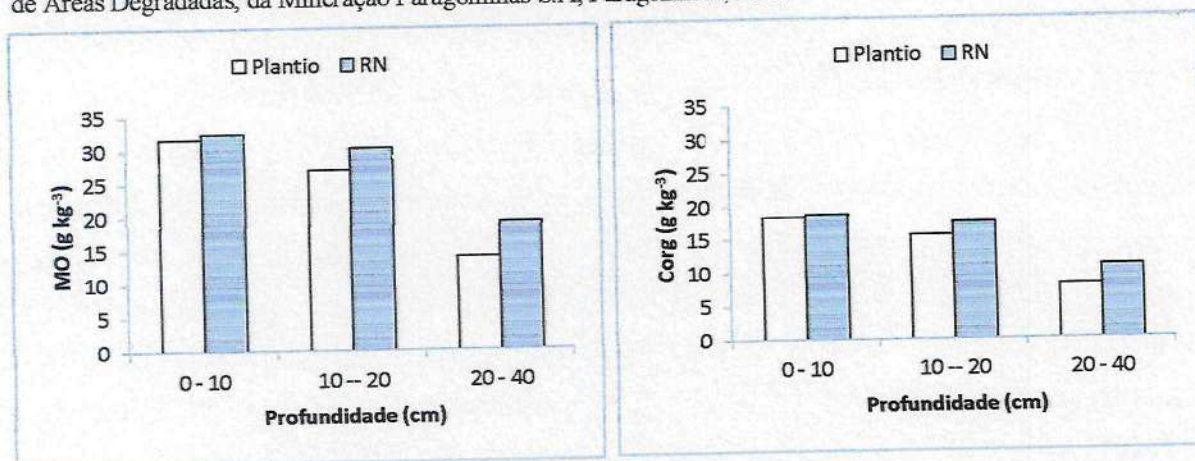
pois os teores são mais significativos nas camadas mais superficiais do solo (FALLEIRO et al., 2003). Bonilha et al. (2012) também obtiveram altos teores de MO em seu estudo com condução da regeneração natural em áreas de restinga.

O teor de carbono encontrado pode ser resultante da acumulação de material vegetal perdido pelas espécies de crescimento rápido, como a da família Fabaceae que formam a camada de serrapilheira rapidamente, bem como, da atividade biológica associada que está contribuindo para recuperação do carbono perdido no processo de mineração da bauxita (DORGBETOR et al., 2012).

O rápido estabelecimento da vegetação é fundamental para iniciar o processo de ciclagem de nutrientes nos solos minerados, que ocorre a partir da perda de biomassa dos vegetais, permitindo assim a reposição de matéria orgânica e dos nutrientes, como já mencionado anteriormente.

Os valores da maioria dos atributos do solo das áreas restauradas pela condução da RN foram superiores as do plantio, com destaque para MO e Corg, que apresentam estreita relação com os demais atributos. Os maiores valores de MO e Corg nas áreas de RN em relação ao plantio evidencia que o estabelecimento das plantas da regeneração natural sem tratamentos culturais e com menor diversidade de espécies, incorpora maiores teores destes elementos ao solo do que nas áreas de plantio, que recebeu subsolagem, calagem, adubação e determinada variedade de espécies. Este resultado pode ser decorrente das constantes capinas, realizadas nas áreas do plantio com o intuito de eliminar a vegetação herbácea e gramíneas, consideradas como competidoras das espécies plantadas, deixando assim, boa parte do solo exposto, propiciando a lixiviação de nutrientes e prejudicando o processo de ciclagem.

Figura 24 – Valores médios de teores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (Corg) nas áreas em processo de restauração pelos métodos de plantio e condução da regeneração natural do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará.



No estudo de Fu et al (2010) foram encontrados maiores concentrações de MO e Corg nas áreas recuperadas com plantas herbáceas e arbustos do que em locais recuperados apenas com espécies arbóreas. A justificativa dos autores para esse resultado foi que diferentes tipos de plantas afetam as propriedades físico-químicas do solo, devido a diferença na quantidade, qualidade e dinâmica da serrapilheira produzida por cada uma delas, e que, portanto, as espécies e a estrutura espacial dos tipos de plantas exercem efeito significativo sobre o processo de formação do solo, pois o crescimento destas determinam as taxas de acúmulo de MO e Corg.

Diversos autores (McLENDON e REDENTE, 1992; BERENDSE, 1998; HODGE, ROBINSON e FITTER, 2000; EHRENFELD, 2003; GILL e BURKE, 1999) também afirmaram que as alterações na composição florística de uma comunidade podem alterar os processos de ciclagem de nutrientes. Gill e Burke (1999), por exemplo, concordam com esta afirmação quando relataram que a distribuição e a dinâmica dos nutrientes do solo estão associados aos tipos de plantas, como a contribuição das herbáceas em relação a plantas lenhosas, a de espécies fixadoras de N contra as não-fixadoras, a de espécies C3 contra C4, e assim sucessivamente. Segundo, Ehrenfeld (2003), as plantas afetam a dinâmica dos nutrientes e do carbono, através de mecanismos variados, como a presença de tecidos perenes, a capacidade de fixar N, o tamanho do indivíduo, a lignina, taxa de transpiração, e outros.

De acordo com Costa et al. (2013), o material vegetal perdido pela plantas, como folhas, galhos, flores e frutos, é o responsável por sustentar a camada superficial do solo afim de oferecer nutrientes para as espécies, principalmente em solos degradados.

Em relação às ervas e gramíneas alguns acreditam (EVANS et al., 2013, BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009, MORAES et al., 2006) que este tipo de

vegetação atua como um obstáculo para restauração e podem interferir na sobrevivência das árvores plantadas. Por outro lado, outros autores (BELLOTTO et al., 2009; AMICHEV et al., 2008; BECHARA et al., 2006) consideram tal vegetação importante na cobertura imediata do solo, diminuindo o processo de erosão do solo. Em todo caso, o estabelecimento da cobertura vegetal é essencial no processo de restauração, pois, como afirmou Amichev et al. (2008) a presença da vegetação auxilia no sequestro de carbono e incorporação de matéria orgânica ao longo do tempo, através da decomposição da serrapilheira e exsudados das raízes, além de que a primeiro instante esta é a única forma de obtenção de alguns nutrientes, salvo quando é realizada adubação nas áreas em processo de restauração.

Sendo assim, é de grande importância que seja feito o manejo das interações entre as propriedades do solo, nutrientes e a vegetação herbácea ou lenhosa para a restauração do ecossistema, dada as condições adversas de áreas mineradas (GRANT, 2006).

6. CONCLUSÕES

O método de plantio apresentou estrutura fitossociológica superior a do método de regeneração natural, quando comparado com os valores de abundância, dominância e maior diversidade de espécies.

As espécies do método de plantio apresentaram crescimento superior às das espécies da regeneração.

As espécies que se destacaram com maiores médias de altura e diâmetro tanto no plantio quanto nas áreas em regeneração, se adaptaram bem as condições de baixa fertilidade e disponibilidade de água presente nas áreas avaliadas. Dessa forma, conclui-se que estas são espécies-chaves para a restauração das áreas da Mineração Paragominas.

O comportamento dos atributos químicos dos solos das áreas avaliadas, quanto sua classificação são similares, sendo que as áreas em processo de restauração pelo método de condução de RN obtiveram valores quantitativos um pouco maiores para a maioria dos atributos.

As áreas avaliadas possuem poucos anos de restauração, portanto a análise química demonstrou que a fertilidade ainda não atingiu condições ideais para garantir bom desenvolvimento da vegetação.

No geral, o método de plantio foi mais eficiente em relação à do método de condução da regeneração natural, considerando os parâmetros utilizados na avaliação. A regeneração natural foi pouco eficiente na restauração de áreas mineradas devido o processo de sucessão ser lento.

7. REFERÊNCIAS

- ALDAY, J. G.; MARRS, R. H.; MARTINEZ-RUIZ, C. Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: the influence of soil and environmental factors. **Applied Vegetation Science**, n. 14, p. 84-94, 2011.
- ALMEIDA, R. O. P. O., SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de Monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005.
- ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia**. 2002. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALVES, J. C. Z.O; MIRANDA, I. de S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta Amazônica de terra firme aplicada ao manejo florestal. **Acta Amazônica**. v. 38, n.4, p. 657- 666, 2008.
- AMICHEV, B. Y.; BURGER, J. A.; RODRIGUE, J. A. Carbon sequestration by forests and soils on mined land in the Midwestern and Appalachian coalfields of U.S. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n.11, p.1949–1959, 2008.
- AQUINO-SILVA, M. R. de; SIMÃO, M. R.; SANTOS, D. da S.; BASTOS, E. J. de B. Recovery of degraded areas in Vale do Paraíba, São Paulo, Brazil: Performance Indicators. **Advanced Materials Research** v. 107, p. 27-34, 2010.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA NETO, J. A. A. LANI, J. L. PIRES, I. E. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.983-992, 2005.
- ARAÚJO-NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; PAULA, R. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p.203-211, 2002.
- BANNING, N. C.; GRANT, C. D.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Recovery of soil organic matter, organic matter turnover and nitrogen cycling in a post-mining forest rehabilitation chronosequence. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 40, p. 2021–2031, 2008.
- BARBOSA, L. M.; BARBOSA, T. C.; BARBOSA, C. Diversificando o reflorestamento heterogêneo com espécies nativas para recuperação de matas ciliares: orientações, ferramentas e procedimentos técnico-científicos disponibilizados pelo Instituto de Botânica – SMA. In: Simpósio de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas com Ênfase em Matas Ciliares, 2., 2008, Mogi Guaçu. **Anais...** Mogi Guaçu: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2008. p. 4-16.
- BARROS, D. A. de; GUIMARÃES, J. C. C.; PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C.; SILVA, R. A.; PEREIRA, A. A. S. Characterization of the bauxite mining of Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto-MG, v.65 n.1, p.127-133, jan./mar., 2012.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2006. 249p.

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Nucleação de diversidade ou cultivo de árvores nativas? Qual paradigma de restauração? In: Simpósio Nacional e Congresso Latino-Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 6. 2005. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2005. p. 355-363.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing. 2006. 759p.

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Inserção de outras formas de vida no processo de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S. ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica**, referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1.ed. São Paulo: Instituto Bio Atlântica, v 1.p.55-61, 2009a.

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S. ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica**, referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1.ed. São Paulo: Instituto Bio Atlântica, v 1.p.128-146, 2009b.

BERENDSE, F. Effects of dominant plant species on soils during succession in nutrient-poor ecosystems. **Biogeochemistry**, v.42, p.73-88, 1998.

BONILHA, R. M.; CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R. S.; REIS-DUARTE, R. M. Characterization of the soil fertility and root system of restinga forests. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1804-1813, 2012.

BONINI, C. dos S. B.; ALVES, M. C. (2010). Relation between soil organic matter and physical properties of a degraded Oxisol in recovery with green manure, lime and pasture. In: **World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World**, Brisbane-Australia, p. 198-201.

BORŮVKA, L.; KOZÁK, J.; MÜHLHANSELOVÁ, M.; DONÁTOVÁ, H.; NIKODEM, A.; NEMECEK, K. DRÁBEK, O. Effect of covering with natural topsoil as a reclamation measure on brown-coalmining dumpsites. **Journal of Geochemical Exploration**. n.113, p. 118-123, 2012.

BOTELHO, S.A. **Princípios e métodos silviculturais**. Lavras-MG: UFLA. 2003.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Incorporação do conceito da diversidade genética na restauração ecológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S. ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica**, referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1.ed. São Paulo: Instituto Bio Atlântica, v 1.p.37-54, 2009.

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; GANDOLFI, S. RODRIGUES, R. R. Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentada na sucessão florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S. ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, p. 14-23, 2009.

BRANDÃO, C. F. L. S.; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; LINS E SILVA, A. C. B. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu-Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 55-61, jan-mar., 2008.

BRASIL (MMA-Ministério do Meio Ambiente). 2011. **Instrução Normativa Nº 04 de 13 de abril de 2011**. Brasília: Diário Oficial da União.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADET, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1123-1137, 2003.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6. Campos do Jordão. **Anais ... SBS/SBEF**. P. 266-277. 1999.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 1039 p., 2003.

CASAGRANDE, J. C.; REIS-DUARTE, R. M.; SOARES, M. R. Interação solo – vegetação para recuperação de áreas degradadas. In: **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo com ênfase em matas ciliares do interior paulista**. Araras-SP, p. 40-51, 2006.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, v.7, n.3, p.195-218, set-dez. 2012.

CHIODINI, B. M. SILVA, A. G. da; NEGREIROS, A. B.; MAGALHÃES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o saber**, Cascavel, v.6, n.1, p.181-190, 2013.

COELHO, R. de F. R.; MIRANDA, I. S.; MIJTA, D. Caracterização do processo sucessional no Projeto de Assentamento Benfica, sudeste do estado do Pará, Amazônia oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, Belém, v. 7, n. 3, p. 251-282, set.-dez. 2012.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação**, Editora Universa. Brasília, 2007. 186 p.

forests/direct-sowing-an-alternative-to-the-restoration-of-ecosystems-of-tropical-forests. Acesso em: 14 de agosto de 2013.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; FERREIRA, D. F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.4, p.651-660, 2010.

FERREIRA, M. B.; GOMES, V. & LOSADA, M. Subsídios para o estudo de *Trema micrantha* (L.) Blume. **Cerrado**, Brasília, v.32, p.30-34, 1976.

FONTANA, A.; SILVA, C. F. da; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R. J. de; BENITES, V. de M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em áreas de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

FRAGA, C. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.215-224, 2004.

FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; JARDIM, F. C. S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração em uma área de floresta de terra firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 219 - 228. 2007.

FONSECA, M. G.; LEÃO, N. V. M.; SANTOS, F. A. M. dos. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima (Leguminosae) em diferentes ambientes de luz. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.885-891, 2006.

FU, Y.; LIN, C.; MA, J.; ZHU, T. Effects of plant types on physico-chemical properties of reclaimed mining soil in inner Mongolia, China. **Chinese Geographical Science**, v. 20, n.4, p. 309-317, 2010.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.; BEZERRA, C. L. F. Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de mata mesófila semidecídua de encosta, no município de Guarulhos – SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.55, n.4, p. 753-767, 1995.

GEBRETSADIK, Z. M. A holistic approach to the restoration of degraded natural resources: a review and synthesis. **Journal of Agricultural and Environmental Management**. v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

GHOSE, M. K. Management of topsoil for geo environmental reclamation of coal mining areas. **Environmental Geology**, v. 40, p. 1405-1410, 2001.

GILL, R. A.; BURKE, I. C. Ecosystem consequences of plant lifeform changes at three sites in the semiarid United States. **Oecologia**, v. 121, p.551-63, 1999.

GRANT, C. D. State and transition successional model for bauxite mining rehabilitation in the Jarrah Forest of western Australia. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 28-37, 2006.

HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A. Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen? **Trends in Plant Science**, v.5, n.7, p.304-8, 2000.

HYDRO. **Mineração de Bauxita**. Disponível em: <<http://www.hydro.com/pt/Aluminio/A-Hydro-no-Brasil/Sobre-o-aluminio/Ciclo-de-vida-do-aluminio/Mineracao-de-bauxita/>>. Acesso em 20 de julho de 2013.

HYDRO. **Relatório de Impacto Ambiental: lavra e beneficiamento de bauxita**. Mineração Vera Cruz S.A: Paragominas, 2003.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2a ed. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 275p., 2012.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**. Piracicaba, 1989.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: CULLEN Jr., RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (orgs.) **Métodos de estudo em biologia da conservação: manejo da vida silvestre**. Editora UFPR; Fundação o Boticário. Curitiba/PR. 2004.

KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; LOPES, R. P.; SANTOS, R. dos. Regeneração natural em área degradada pela mineração de carvão em Santa Catarina, Brasil. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 62, n.3, p. 297-304, jul/set, 2009.

KNIGHT, D. H. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. **Ecological Monographs**, v. 45, p. 259-28, 1975.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e Seus Processos Modificadores**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Editora da Universidade: Porto Alegre, 2000.

LEAL FILHO, N.; LEME, R. F.; SENA, J. S. Utilização de "topsoil" da floresta no processo de recuperação de áreas degradadas de Urucu. In: II WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA DA REDE CTPETRO, 2., 2006, Manaus. In: **Anais...** Manaus: 2006.

LELES, P. S. dos S.; ABAURRE, G. W.; ALONSO, J. M.; NASCIMENTO, D. F. do; LISBOA, A. C. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 231-239, jun. 2011.

LIMA, J. A. de; SANTANA, D. G. de; NAPPO, M. E. Comportamento inicial de espécies na revegetação da mata de galeria na fazenda Mandaguari, em Indianópolis, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.685-694, 2009.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. de. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odesa: Ed. Plantarum, 1992. 382p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. v.1. 352p.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

LOWE, S.; BROWNE M.; BOUDJELAS S.; DE POORTER M. **100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database**. The Invasive Species Specialist Group/Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). Dez., 12p., 2000.

MACHADO, N. A. de M.; LEITE, M. G. P.; FIGUEIREDO, M. A.; KOZOVITS, A. R. Growing Eremantus erythropappus in crushed laterite: a promising alternative to topsoil for bauxite-mine revegetation. **Journal of Environmental Management**. n. 129, p. 149-156, 2013.

MACHADO, N. A. de M.; LEITE, M. G. P.; FIGUEIREDO, M. A.; KOZOVITS, A. R. Redução granulométrica da laterita e uso de espécies nativas como alternativa para restauração de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Minas Gerais. **MG Biota**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 20-33, jun/jul, 2012.

MANOLIADIS, O. G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1, p.169-176, 2002.

MARASCHIN-SILVA, F.; SCHERER, A.; BAPTISTA, L. R de M. Diversidade e estrutura do componente herbáceo-subarbusivo em vegetação secundária de floresta atlântica no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 53-65, jan./mar. 2009.

MARQUES, R. J.; BAPTISTA, E. M. de C. Estudo preliminar da degradação por mineração: O caso do município de Timon/MA. Disponível em: <<http://www.uespi.br/prop/XSIMPOSIO/TRABALHOS/INICIACAO/Ciencias%20Humanas%20e%20Letras/ESTUDO%20PRELIMINAR%20DA%20DEGRADACAO%20POR%20MINERACAO%20-%20O%20CASO%20DO%20MUNICIPIO%20DE%20TIMON-MA.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçoroca, taludes rodoviários e de mineração**. 2ª Ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 270p.

MARTINS, S. V.; ALMEIDA, D. P. de; FERNANDES, L. V.; RIBEIRO, T. M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1081-1088, 2008.

MCLENDON, T.; REDENTE, E. F. Effects of nitrogen limitation on species replacement dynamics during early secondary succession on a semiarid sagebrush site. **Oecologia**, v.91, n.3, p.312-17, 1992.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, v. 7, n. 73, p. 101-111, 2007.

MELO, D. D. V. **Florística, análise fitossociológica e modelo para a revegetação da Bacia do Rio São Francisco/MG**. 2008. 256p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. (4. ed.). Porto Alegre: EVANGRAF, 2010, v. 1. 264 p.

MIRANDA NETO, A. M.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. de A.; GLERIANI, J. M. Estrato de regeneração natural de uma floresta restaurada com 40 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 409-420, out./dez., 2012.

MORAES, L. F. D. de; ASSUMPÇÃO, C. L.; PEREIRA, T. S. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 477-489, 2006.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas à recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro-SP.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Ciência do Solo**, v. 26, p. 349-359, 2002.

NALON, C. F.; ATTANASIO, C. M. LE BOURLEGAT, J. M. G.; SANTOS, M. B. dos; GANDOLFI, S. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas ciliares em recuperação: algumas observações. In: Simpósio de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas com Ênfase em Matas Ciliares, 2., 2008, Mogi Guaçu. **Anais...** Mogi Guaçu: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2008. p. 42-53.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 p., 2013.

NÓBREGA, A. M. F. da; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. de; SILVA, S. A. da; RÊGO, N. H. Uso da fitossociologia na avaliação da efetividade da restauração florestal em uma várzea degradada do rio Mogi Guaçu, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 51-63, set. 2007.

- NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M. de; MARTINS, C. A. da S.; BERNARDES, C. de O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 2121-2131, 2012.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.1017p.
- ODUM, E. P. **The strategy of ecosystem development**. Science, 164: 262-270, 1969.
- OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do; RAMOS, M. B. P.; NOBRE, A. D.; COUTO, L. B.; SAHDO, R. M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 627-641, 2008.
- OLIVEIRA, R. E. de; ENGEL, V. L. A restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 303-315, 2011.
- PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the Brazilian Amazon. **Ecological Engineering**, v.17, p. 219-239, 2001.
- PEREIRA, J. S., RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, 2012.
- PEREIRA, L. A.; SOBRINHO, F. de A. P.; COSTA NETO, S. V. da. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113-122, jan-mar., 2011.
- PINHEIRO, C. de Q.; CORRÊA, R. S.; SILVEIRA, I. M.; JESUS, R. S. de; JORGE, R. R. de A. Análise fitossociológica do estrato arbóreo de uma cascalheira revegetada no Distrito Federal. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 205-214, abr./jun. 2009.
- PINHEIRO, K. A. O.; CARVALHO, J. O. P. de; QUANZ, B.; FRANCEZ, L. M. de B.; SCHWARTZ, G. Fitossociologia de uma área de preservação permanente no leste da Amazônia: indicação de espécies para recuperação de áreas alteradas. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.
- PINTO, A.; AMARAL, P.; SOUZA JUNIOR, C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R.; GOMES, G.; BALIEIRO, C. 2009. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do Município de Paragominas**. Relatório Técnico. Belém/PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. 65p.
- PIRES, T. B.; PIERANGELI, M. A. P. Composição florística e fertilidade do solo no garimpo de ouro da Lavrinha, Pontes e Lacerda, MT, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 239-254, 2011.
- PITCHEL, J. R.; DICK, W. A.; SUTTON, P. Comparison amendments and management practices for long-term reclamation of abandoned mine lands. **Journal Environmental**

- Quality**, v.23, n.1, p.766-772, 1994.
- RIBAS, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Diversidade e estrutura genética em populações naturais de *Trema micrantha* (L.) B. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 66-75, dez., 2004.
- RIBEIRO, P. R. C. C.; RIBEIRO, J. J.; SANTOS NETO, A. R.; ROCHA, J. R. P.; CORTE, I. S. Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, 2012.
- RODRIGUES, E. R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.853-861, 2010.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, p. 235-247, 2004.
- RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Brazilian Atlantic Forest. 2009.
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. das C.; SILVA, J. M. da L. da; OLIVEIRA JUNIOR, R. G. de; GAMA, R. J. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2003. 51 p. (Série Documentos, n.162)
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8), 2010.
- ROSA, A. H.; ROCHA, J. C. Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, 2003.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. Belém, **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, v.2, n.2, p.85-139, 2007.
- SALOMÃO, R. S.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.1-24, 2014.
- SALOMÃO, R. S.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S.; GOMES, V. H. F. Análise fitossociológica de floresta ombrófila densa e determinação de espécies-chave para recuperação de área degradada através da adequação do índice de valor de importância. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, Belém, v. 7, n. 1, p. 57-102, jan.-abr. 2012.
- SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. de; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações. LUZ, A. B. da; LINS, A. F. (Editores), CETEM-MCT, p.279-304, 2005.

- SANTOS, N. L.; SILVA, V. C. e; MARTINS, P. E. S.; ALARI, F. de O. GALZERANO, L. MICELI, N. G. As interações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. **Ciência Animal**, v. 21, n. 1, p. 65-76, 2011.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; SILVA, C. P. de C.; MELLO, J. M. de; ANDRADE, I. S.; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R.; PAVAN, V. M. de M. **O manejo da candeia nativa**. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- 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. R. da; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- SILVA, K. de A. **Avaliação de uma área em restauração pós-mineração de bauxita, Município de Descoberto, MG**. 2013. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SILVA, L. C. R.; CORRÊA, R. S. Evolução da qualidade do substrato de uma área minerada no cerrado revegetada com *Stylosanthes* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 14, n. 8, p. 835-841, 2010.
- SILVA, N.R.S. **Florística e estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual Montana, Mata do Juquinha de Paula, Viçosa, MG**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.
- SILVA, S. B. e. **Análise de solos**. Belém, PA; UFRA: Serviço de Documentação e Informação, 2003. 152 p.il.
- SILVEIRA, T. I. da; MARANHÃO, L. T. Avaliação da regeneração natural da vegetação em área recuperada com bio-sólido. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 24, jun., 2012.
- SIQUEIRA, L. P. de; MESQUITA, C. A. B. **Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007. 188p.
- SIQUEIRA, L. P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do estado de São Paulo, Brasil**, 2002. 116f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2002.
- SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. Interação solo-planta para RAD em áreas mineradas. In: BARBOSA, L. M. (coord.) **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do Estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto de Botânica, p.94-101, 2006.
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.;

CANTARUTTI, R. B; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

TRINDADE, V. F. D; SCHULZ, S. M. **Método sucessional de recuperação florestal**. Seminário Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão. XIII Mostra de Iniciação Científica. 2009.

VALLE, F. R; FURTINI, N.; RENÓ, N. B.; FERNANDES, L. A; RESENDE A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.31, n.9, p.609-616, 1996.

VALERI, S. V. E; SENÔ, K. C. A; **Manejo e recuperação Florestal. Legislação, uso da água e sistema agroflorestais**. Funep, Jaboticabal – SP, 2004.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SAUERESSIG, D.; PUTON, V. PIMENTEL, A. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma floresta ombrófila mista Montana, município de Irati, PR-Brasil. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 137-147, abr./jun. 2008.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552 jul.-set, 2010.

XAVIER, C. L. **Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas**. FUNDACE – BNDES, Ribeirão Preto-SP, 2012.

YANG, D.; ZENG, D. H.; ZHANG, J.; LI, L. J.; MAO, R. Chemical and microbial properties in contaminated soils around a magnesite mine in northeast China. **Land Degradation e Development**, v.23, p. 256–262, 2012.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v.8, n.1, p.077-087, 2002.

ANEXOS

Anexo A – Lista de espécies amostradas nas parcelas de 20 x 50 m nas áreas restauradas pelo método de plantio da Mineração Paragominas S.A, Paragominas, Pará. Legendar: GE – grupo ecológico (PI: pioneira, SI: secundária inicial, ST: secundária tardia); Arel - abundância relativa (%); Drel: dominância relativa (%); Frel - frequência relativa (%); IVI – índice de valor de importância.

Espécies	Família	Gênero	Habito	GE	N. Indiv.	Arel	Drel	Frel	IVI
<i>Acacia multipinnata</i> Ducke	Fabaceae	Acacia	liana	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	Acacia	árvore	PI	90	4,66	5,79	2,41	12,86
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Acacia	arbusto	PI	1	0,05	0,11	0,15	0,31
<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Fabaceae	Adenanthera	árvore	SI	99	5,12	3,40	2,71	11,24
<i>Albizia</i> sp.	Fabaceae	Albizia	árvore	ST	6	0,31	0,22	0,60	1,13
<i>Alchornea</i> sp.	Euphorbiaceae	Alchornea	árvore	PI	1	0,05	0,08	0,15	0,28
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Fabaceae	Amburana	árvore	PI	4	0,21	0,24	0,30	0,75
<i>Amburana</i> sp.	Fabaceae	Amburana	árvore	ST	1	0,05	0,15	0,15	0,36
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Anacardium	árvore	PI	27	1,40	1,13	1,06	3,59
<i>Andira inermis</i> W. Wright	Fabaceae	Andira	árvore	SI	25	1,29	1,42	1,66	4,37
<i>Andira</i> sp.	Fabaceae	Andira	árvore	ST	6	0,31	0,29	0,60	1,21
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Fabaceae	Andira	árvore	ST	3	0,16	0,28	0,30	0,73
<i>Ammona mucosa</i> Jacq.	Annonaceae	Ammona	árvore	ST	2	0,10	0,09	0,30	0,50
<i>Ammona muricata</i> L.	Annonaceae	Ammona	árvore	SI	8	0,41	0,22	0,45	1,09
<i>Apelba albiflora</i> Ducke	Malvaceae	Apelba	árvore	PI	1	0,05	0,00	0,15	0,21
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Apocynaceae	Aspidosperma	árvore	ST	3	0,16	0,45	0,30	0,91
<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	Aspidosperma	árvore	ST	2	0,10	0,05	0,30	0,46
<i>Astronium gracile</i> Engl.	Anacardiaceae	Astronium	árvore	PI	1	0,05	0,03	0,15	0,24
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Astronium	árvore	SI	4	0,21	0,23	0,60	1,04
<i>Astronium lecoinei</i> Ducke	Anacardiaceae	Astronium	árvore	ST	7	0,36	0,97	0,45	1,78
<i>Astronium</i> sp.	Anacardiaceae	Astronium	árvore	PI	1	0,05	0,07	0,15	0,27
<i>Bagassa guianensis</i> Huber	Moraceae	Bagassa	árvore	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Banneby & J.W. Grimes	Fabaceae	Balizia	árvore	ST	4	0,21	0,62	0,30	1,13
<i>Banara arguta</i> Briq.	Salicaceae	Banara	árvore	PI	1	0,05	0,00	0,15	0,21
<i>Bauhinia acrcana</i> Harms	Fabaceae	Bauhinia	árvore	SI	5	0,26	0,26	0,30	0,82
<i>Bauhinia macrophylla</i> Poir.	Fabaceae	Bauhinia	arbusto	SI	2	0,10	0,15	0,15	0,40

Continuação Anexo A

<i>Bauhinia platyphala</i> Burch. ex Benth.	Fabaceae	Bauhinia	arbusto	SI	5	0,26	0,14	0,30	0,71
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Fabaceae	Bauhinia	árvore	PI	25	1,29	1,65	1,81	4,76
<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	Bauhinia	arbusto	ST	18	0,93	0,47	0,75	2,15
<i>Bauhinia unguiculata</i> L.	Fabaceae	Bauhinia	árvore	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Bixa	arbusto	PI	54	2,80	3,28	1,81	7,89
<i>Bowdichia</i> sp.	Fabaceae	Bowdichia	árvore	ST	18	0,93	0,09	0,45	1,48
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Byrsonima	arbusto	PI	46	2,38	2,39	2,11	6,88
<i>Byrsonima crispata</i> A. Juss.	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	ST	1	0,05	0,02	0,15	0,22
<i>Byrsonima</i> sp.	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	ST	1	0,05	0,26	0,15	0,46
<i>Byrsonima densa</i> (Poir.) DC.	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	SI	1	0,05	0,02	0,15	0,22
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> var. <i>diversifolia</i> Benth.	Fabaceae	Caesalpinia	árvore	PI	3	0,16	0,02	0,15	0,32
<i>Caesalpinia</i> sp.	Fabaceae	Caesalpinia	árvore	SI	2	0,10	0,17	0,15	0,42
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	Carapa	árvore	SI	10	0,52	0,08	0,60	1,20
<i>Caryocar glabrum</i> Pers	Caryocaraceae	Caryocar	Árvore	ST	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Caryocar</i> sp.	Caryocaraceae	Caryocar	árvore	ST	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	Fabaceae	Cassia	árvore	SI	5	0,26	0,47	0,30	1,03
<i>Cassia fistula</i> L.	Fabaceae	Cassia	árvore	SI	11	0,57	0,24	0,30	1,11
<i>Cassia</i> sp.	Fabaceae	Cassia	árvore	SI	4	0,21	0,40	0,45	1,06
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	Cedrela	árvore	PI	23	1,19	0,97	1,36	3,52
<i>Cedrela</i> sp.	Meliaceae	Cedrela	árvore	SI	1	0,05	0,04	0,15	0,24
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	Ceiba	árvore	ST	40	2,07	7,45	1,51	11,03
<i>Cenostigma tocanthinum</i> Ducke	Fabaceae	Cenostigma	árvore	SI	19	0,98	1,22	1,51	3,71
<i>Chamaecrista ensiformis</i> var. <i>plurifoliolata</i> (Hoehne) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Chamaecrista	árvore	SI	12	0,62	0,52	0,60	1,74
<i>Chimarrhis</i> sp.	Rubiaceae	Chimarrhis	arbusto	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae	Chloroleucon	árvore	PI	10	0,52	2,43	0,75	3,70
<i>Chrysophyllum prieurii</i> A.DC.	Sapotaceae	Chrysophyllum	árvore	ST	2	0,10	0,02	0,15	0,27
<i>Chrysophyllum</i> sp.	Sapotaceae	Chrysophyllum	árvore	SI	1	0,05	0,05	0,15	0,26
<i>Chrysophyllum sparsiflorum</i> Klotzsch ex Miq.	Sapotaceae	Chrysophyllum	árvore	ST	3	0,16	0,05	0,15	0,36

Continuação Anexo A

<i>Citharexylum macrophyllum</i> Poir.	Verbenaceae	<i>Citharexylum</i>	árvore	SI	7	0,36	0,48	0,60	1,45
<i>Citharexylum</i> sp.	Verbenaceae	<i>Citharexylum</i>	árvore	SI	8	0,41	0,44	0,45	1,31
<i>Clitoria arborea</i> Benth.	Fabaceae	<i>Clitoria</i>	árvore	PI	1	0,05	0,10	0,15	0,31
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Fabaceae	<i>Clitoria</i>	árvore	PI	11	0,57	0,88	0,75	2,21
<i>Copaifera</i> sp.	Fabaceae	<i>Copaifera</i>	árvore	ST	5	0,26	0,15	0,60	1,01
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Boraginaceae	<i>Cordia</i>	árvore	ST	33	1,71	0,51	1,21	3,42
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	Salicaceae	<i>Cupania</i>	árvore	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Derris</i> sp.	Fabaceae	<i>Derris</i>	liana	PI	7	0,36	0,38	0,45	1,19
<i>Dicydoloma vandellianum</i> A.H.L. Juss.	Rubiaceae	<i>Dicydoloma</i>	árvore	PI	1	0,05	0,14	0,15	0,34
<i>Dimizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae	<i>Dimizia</i>	árvore	ST	3	0,16	0,45	0,30	0,91
<i>Ecclinusa</i> sp.	Sapotaceae	<i>Ecclinusa</i>	árvore	ST	1	0,05	0,01	0,15	0,22
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	<i>Enterolobium</i>	árvore	ST	28	1,45	1,29	1,36	4,09
<i>Enterolobium</i> sp.	Fabaceae	<i>Enterolobium</i>	árvore	ST	1	0,05	0,06	0,15	0,26
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Malvaceae	<i>Eriotheca</i>	árvore	ST	1	0,05	0,07	0,15	0,27
<i>Eriotheca longipedicellata</i> (Ducke) A. Robyns	Malvaceae	<i>Eriotheca</i>	árvore	PI	2	0,10	0,12	0,15	0,37
<i>Eriotheca</i> sp.	Malvaceae	<i>Eriotheca</i>	árvore	ST	1	0,05	0,05	0,15	0,25
<i>Eschweilera</i> sp.	Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i>	árvore	ST	2	0,10	0,00	0,30	0,41
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	árvore	SI	1	0,05	0,10	0,15	0,30
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Arecaceae	<i>Euterpe</i>	palmeira	SI	3	0,16	0,05	0,45	0,66
<i>Ficus malacocarpa</i> Standl.	Moraceae	<i>Ficus</i>	Arbusto	SI	1	0,05	0,01	0,15	0,21
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	<i>Ficus</i>	Árvore	SI	17	0,88	0,75	0,75	2,39
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	<i>Genipa</i>	árvore	PI	85	4,40	2,30	3,62	10,32
<i>Guapira</i> sp.	Nyctaginaceae	<i>Guapira</i>	arbusto	SI	1	0,05	0,52	0,15	0,72
<i>Guarea macrophylla</i> ssp. pendulispica (C. DC.) T.D. Penn.	Meliaceae	<i>Guarea</i>	árvore	ST	1	0,05	0,17	0,15	0,37
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	<i>Guazuma</i>	árvore	PI	5	0,26	0,68	0,60	1,54
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>	árvore	ST	19	0,98	0,34	0,75	2,08
<i>Heisteria</i> sp.	Oleaceae	<i>Heisteria</i>	arbusto	SI	2	0,10	0,18	0,15	0,43
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	<i>Hevea</i>	árvore	ST	19	0,98	0,18	1,06	2,22

Continuação Anexo A

<i>Homalium</i> sp.	Salicaceae	Homalium	arbusto	SI	2	0,10	0,07	0,15	0,33
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Hymenaea	árvore	ST	2	0,10	0,12	0,30	0,53
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Fabaceae	Hymenaea	árvore	ST	91	4,71	2,90	2,87	10,48
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	Inga	árvore	SI	18	0,93	1,49	1,21	3,62
<i>Inga capitata</i> Desv.	Fabaceae	Inga	árvore	SI	1	0,05	0,07	0,15	0,27
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	Inga	árvore	ST	17	0,88	0,98	1,06	2,92
<i>Inga fagifolia</i> (L.) Willd. ex Benth.	Fabaceae	Inga	árvore	PI	15	0,78	3,43	1,21	5,41
<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	Fabaceae	Inga	árvore	SI	5	0,26	0,45	0,15	0,86
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Fabaceae	Inga	árvore	PI	3	0,16	0,18	0,30	0,64
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	Fabaceae	Inga	árvore	PI	2	0,10	0,54	0,15	0,80
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Inga	árvore	SI	6	0,31	0,54	0,90	1,75
<i>Khaya ivorensis</i> A.Chev.	Meliaceae	Khaya	árvore	SI	5	0,26	0,15	0,15	0,56
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Lecythidaceae	Lecythis	árvore	ST	18	0,93	1,06	1,36	3,35
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae	Lecythis	árvore	ST	1	0,05	0,00	0,15	0,21
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Leucaena	árvore	PI	4	0,21	0,01	0,30	0,52
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart.) L.P. Queiroz	Fabaceae	Libidibia	árvore	PI	41	2,12	2,98	3,47	8,57
<i>Lophanthera laetescens</i> Ducke	Malpighiaceae	Lophanthera	árvore	ST	61	3,16	2,49	0,60	6,25
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret.	Malvaceae	Lueheopsis	árvore	SI	8	0,41	0,42	0,30	1,14
<i>Mabea fistulifera</i> Benth.	Euphorbiaceae	Mabea	árvore	PI	3	0,16	0,18	0,15	0,49
<i>Machaerium froesei</i> Rudt	Fabaceae	Machaerium	liana	PI	10	0,52	0,18	0,15	0,85
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	Fabaceae	Machaerium	árvore	PI	1	0,05	0,02	0,15	0,22
<i>Macrobium</i> sp.	Fabaceae	Macrobium	árvore	ST	1	0,05	0,07	0,15	0,27
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Mangifera	árvore	PI	1	0,05	0,01	0,45	0,51
<i>Mimosa schomburgkii</i> Benth.	Fabaceae	Mimosa	árvore	PI	6	0,31	0,79	0,15	1,25
<i>Myrcia</i> sp.	Myrtaceae	Myrcia	árvore	PI	1	0,05	0,32	0,15	0,53
<i>Ocroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Ocroma	árvore	PI	3	0,16	0,18	0,15	0,48
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Ocotea	árvore	SI	1	0,05	0,02	0,45	0,52
<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	Arecaceae	Oenocarpus	palmeira	SI	3	0,16	0,37	3,77	4,29

Continuação Anexo A

<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Malvaceae	<i>Pachira</i>	Árvore	SI	106	5,49	3,49	0,15	9,13
<i>Paganea</i> sp.	Rubiaceae	<i>Paganea</i>	arbusto	ST	1	0,05	0,02	0,45	0,52
<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Chrysobalanaceae	<i>Parinari</i>	Árvore	ST	3	0,16	0,02	0,45	0,62
<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	5	0,26	0,05	0,60	0,91
<i>Parkia multingua</i> Benth.	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	11	0,57	0,31	0,30	1,18
<i>Parkia parvaensis</i> Ducke	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	7	0,36	0,08	0,15	0,59
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	2	0,10	0,26	0,60	0,96
<i>Parkia</i> sp.	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	11	0,57	0,19	0,15	0,91
<i>Parkia ulei</i> (Harms) Kuhlth	Fabaceae	<i>Parkia</i>	Árvore	ST	1	0,05	0,08	0,15	0,28
<i>Pelogyne venosa</i> (Vahl) Benth.	Fabaceae	<i>Pelogyne</i>	Árvore	ST	1	0,05	0,11	0,15	0,31
<i>Phanera</i> sp.	Fabaceae	<i>Phanera</i>	erva	SI	1	0,05	0,01	0,30	0,36
<i>Piptadenia peregrina</i> (L.) Benth.	Fabaceae	<i>Piptadenia</i>	Árvore	SI	2	0,10	0,21	0,15	0,47
<i>Porocystis touleioides</i> Radlk.	Salicaceae	<i>Porocystis</i>	Árvore	SI	1	0,05	0,01	0,30	0,37
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	Árvore	ST	2	0,10	0,06	0,15	0,32
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	<i>Protium</i>	Árvore	PI	1	0,05	0,01	2,56	2,63
<i>Protium</i> sp.	Burseraceae	<i>Protium</i>	Árvore	ST	75	3,88	2,32	0,60	6,80
<i>Pseudima frutescens</i> (Aubl.) Radlk.	Salicaceae	<i>Pseudima</i>	Árvore	PI	8	0,41	0,22	0,15	0,79
<i>Pseudopiptadenia</i> sp.	Fabaceae	<i>Pseudopiptadenia</i>	Árvore	ST	2	0,10	0,09	0,15	0,34
<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Fabaceae	<i>Pterocarpus</i>	Árvore	SI	2	0,10	0,14	0,30	0,55
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Fabaceae	<i>Pterocarpus</i>	Árvore	ST	2	0,10	0,14	0,15	0,40
<i>Pterocarpus santalinoides</i> L.Hér. ex DC.	Fabaceae	<i>Pterocarpus</i>	Árvore	SI	1	0,05	0,12	0,15	0,32
<i>Quassia simaruba</i> L. f.	Simaroubaceae	<i>Quassia</i>	Árvore	SI	1	0,05	0,05	0,15	0,25
<i>Samanea</i> sp.	Fabaceae	<i>Samanea</i>	Árvore	PI	2	0,10	0,18	1,81	2,09
<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barnetby & J.W. Grimes	Fabaceae	<i>Samanea</i>	arbusto	PI	32	1,66	1,45	1,96	5,07
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Salicaceae	<i>Sapindus</i>	Árvore	PI	50	2,59	1,41	2,71	6,72
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Fabaceae	<i>Schizolobium</i>	Árvore	PI	69	3,57	4,02	0,15	7,74
<i>Senegalia</i> sp.	Fabaceae	<i>Senegalia</i>	Árvore	PI	1	0,05	0,14	0,60	0,79
<i>Senna georgica</i> H.S. Irwin & Barnetby var. <i>georgica</i>	Fabaceae	<i>Senna</i>	Árvore	PI	9	0,47	0,55	0,30	1,32

Continuação Anexo A

<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	<i>Senna</i>	árvore	SI	7	0,36	0,21	0,30	0,88
<i>Senna</i> sp.	Fabaceae	<i>Senna</i>	árvore	SI	4	0,21	1,01	0,15	1,37
<i>Simarouba amara</i> Huber	Simaroubaceae	<i>Simarouba</i>	árvore	SI	2	0,10	0,11	1,06	1,27
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	árvore	PI	19	0,98	0,82	0,15	1,96
<i>Spondias</i> sp.	Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	árvore	SI	1	0,05	0,05	1,81	1,91
<i>Sterculia apetala</i> var. <i>elata</i> (Ducke) E.L. Taylor ex Brako & Zaruchi	Malvaceae	<i>Sterculia</i>	árvore	PI	30	1,55	2,78	0,15	4,48
<i>Sterculia</i> sp.	Malvaceae	<i>Sterculia</i>	árvore	ST	2	0,10	0,00	0,15	0,26
<i>Sterculia stricta</i> St. Hil. & Naud.	Malvaceae	<i>Sterculia</i>	árvore	SI	2	0,10	0,43	0,15	0,68
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	árvore	PI	1	0,05	0,01	0,15	0,22
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	árvore	PI	1	0,05	0,16	0,15	0,37
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	árvore	PI	4	0,21	0,29	0,45	0,95
<i>Swartzia</i> sp.	Fabaceae	<i>Swartzia</i>	árvore	ST	4	0,21	0,34	2,56	3,11
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	árvore	ST	48	2,48	2,04	0,15	4,68
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	SI	1	0,05	0,06	1,21	1,31
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	ST	30	1,55	0,85	0,15	2,56
<i>Tabebuia incana</i> A.H. Gentry	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	ST	1	0,05	0,03	2,11	2,20
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	PI	1	0,05	0,09	1,66	1,80
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	SI	43	2,23	1,53	0,15	3,91
<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	ST	23	1,19	1,37	0,75	3,31
<i>Tachigali</i> sp.	Fabaceae	<i>Tachigali</i>	árvore	PI	3	0,16	0,60	0,15	0,91
<i>Talisia microphylla</i> Wittien	Sapindaceae	<i>Talisia</i>	árvore	SI	3	0,16	0,44	0,15	0,75
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	<i>Tamarindus</i>	árvore	SI	13	0,67	0,63	0,15	1,46
<i>Theobroma sylvestre</i> Aubl. ex Mart. in Buchner	Malvaceae	<i>Theobroma</i>	árvore	ST	1	0,05	0,03	0,15	0,24
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	<i>Trema</i>	arbusto	PI	2	0,10	0,41	0,30	0,81
<i>Vigna racemosa</i> (G. Don) Hutch. & Dalziel	Fabaceae	<i>Vigna</i>	arbusto	PI	1	0,05	0,03	0,30	0,38
<i>Vitex compressa</i> Turcz.	Lamiaceae	<i>Vitex</i>	árvore	PI	1	0,05	0,03	0,30	0,38
<i>Vitex orinocensis</i> var. <i>multiflora</i> (Miq.) Huber	Lamiaceae	<i>Vitex</i>	árvore	SI	1	0,05	0,10	0,15	0,31

<i>Vitex</i> sp.	Lamiaceae	<i>Vitex</i>	árvore	ST	2	0,10	0,47	1,96	2,54
<i>Vitex triflora</i> Vahl.	Lamiaceae	<i>Vitex</i>	árvore	PI	2	0,10	0,04	0,15	0,30
<i>Youacapoua americana</i> Aubl.	Fabaceae	<i>Youacapoua</i>	árvore	ST	3	0,16	0,05	0,15	0,35
<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Fabaceae	<i>Zollernia</i>	árvore	PI	3	0,16	0,05	0,30	0,51

Anexo B – Lista das espécies amostradas nas subparcelas de 10 x 10 m das áreas restauradas pelo método de plantio da Mineração Paragominas S.A. Paragominas, Pará.

Legenda: GE – grupo ecológico (PI: pioneira, SI: secundária inicial, ST: secundária tardia); Arel - abundância relativa (%); Drel: dominância relativa (%); Frel - frequência relativa (%); IVI – índice de valor de importância.

Espécies	Família	Gênero	Habito	GE	N. Indiv.	Arel	Drel	Frel	IVI
<i>Apeiba albiflora</i> Ducke	Malvaceae	Apeiba	árvore	SI	1	0,15	0,02	0,02	0,20
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	PI	23	3,47	2,01	2,01	7,49
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	5	0,76	0,32	0,32	1,39
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	91	13,75	6,52	6,52	26,78
<i>Cenostigma tocanthum</i> Ducke	Fabaceae	Cenostigma	árvore	SI	1	0,15	0,01	0,01	0,18
<i>Cheiloclinium</i> sp.	Celastraceae	Cheiloclinium	árvore	PI	13	1,96	1,56	1,56	5,09
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	Chromolaena	erva	PI	1	0,15	0,04	0,04	0,23
<i>Croton ascendens</i> Secco & N.A. Rosa	Euphorbiaceae	Croton	liana	PI	3	0,45	0,13	0,13	0,71
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Croton	árvore	PI	181	27,34	18,89	18,89	65,11
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Annonaceae	Guatteria	árvore	PI	19	2,87	0,73	0,73	4,33
<i>Guatteria</i> sp.	Annonaceae	Guatteria	árvore	ST	2	0,30	0,10	0,10	0,51
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Lecythidaceae	Lecythis	árvore	ST	1	0,15	0,02	0,02	0,19
<i>Manihot</i> sp.	Euphorbiaceae	Manihot	arbusto	PI	11	1,66	1,98	1,98	5,61
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Solanaceae	Solanum	arbusto	PI	60	9,06	22,13	22,13	53,33
<i>Solanum umbellatum</i> Mill.	Solanaceae	Solanum	árvore	PI	46	6,95	2,66	2,66	12,27
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	Spermacoce	arbusto	PI	1	0,15	0,06	0,06	0,27
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Trema	arbusto	PI	159	24,02	38,34	38,34	100,71
<i>Vernonia scabra</i> Pers.	Asteraceae	Vernonia	árvore	PI	6	0,91	1,11	1,11	3,13
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	Vismia	arbusto	PI	36	5,44	3,28	3,28	11,99
<i>Zanthoxylum pentandrum</i> (Aubl.) R.A.Howard	Rutaceae	Zanthoxylum	árvore	PI	2	0,30	0,09	0,09	0,48

Anexo C – Lista das espécies amostradas nas subparcelas de 10 x 25 m das áreas restauradas pelo método de condução da regeneração natural da Miteração Paragominas S.A, Paragominas, Pará. Legenda: GE – grupo ecológico (PI: pioneira; SI: secundária inicial; ST: secundária tardia); Arel - abundância relativa (%); Drel: dominância relativa (%); Frel - frequência relativa (%); IVI – índice de valor de importância.

Espécies	Família	Gênero	Habito	GE	N. Indiv.	Arel	Drel	Frel	IVI
<i>Byrsonima aerugo</i> Sagot	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	ST	1	0,54	0,48	2,17	3,20
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	PI	3	1,62	1,58	4,35	7,55
<i>Byrsonima crispera</i> A. Juss.	Malpighiaceae	Byrsonima	arbusto	ST	2	1,08	0,90	2,17	4,15
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	1	0,54	0,29	2,17	3,01
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	9	4,86	4,97	4,35	14,18
<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Chamaecrista	árvore	PI	1	0,54	0,31	2,17	3,03
<i>Croton ascendens</i> Secco & N.A. Rosa	Euphorbiaceae	Croton	liana	PI	1	0,54	0,26	2,17	2,97
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Croton	árvore	PI	92	49,73	55,70	15,22	120,64
<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	Mimosa	arbusto	PI	2	1,08	0,85	4,35	6,28
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Solanaceae	Solanum	arbusto	PI	54	0,54	0,27	2,17	2,98
<i>Solanum rubiginosum</i> Vahl	Solanaceae	Solanum	arbusto	PI	1	29,19	27,43	36,96	93,58
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Trema	arbusto	PI	11	5,95	4,22	13,04	23,21
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	Vismia	árvore	PI	3	1,62	0,89	4,35	6,86
<i>Zanthoxylum pentandrum</i> (Aubl.) R.A. Howard	Rutaceae	Zanthoxylum	árvore	PI	1	0,54	0,30	2,17	3,02

Anexo D – Lista das espécies amostradas nas subparcelas de 10 x 25 m das áreas restauradas pelo método de condução da regeneração natural da Miteração Paragominas S.A., Paragominas, Pará. Legenda: GE – grupo ecológico (PI: pioneira; SI: secundária inicial; ST: secundária tardia); Arel - abundância relativa (%); Drel: dominância relativa (%); Frel - frequência relativa (%); IVI – índice de valor de importância.

Espécies	Família	Gênero	Habito	GE	N. Indiv.	Arel	Drel	Frel	IVI
<i>Acacia multipinnata</i> Ducke	Fabaceae	Acacia	liana	PI	4	0,59	1,02	0,69	2,31
<i>Adenocalymna flavidum</i> Miels	Bigoniaceae	Adenocalymna	Arbusto	PI	1	0,15	0,05	0,69	0,89
<i>Aegiphila</i> sp.	Lamiaceae	Aegiphila	Árvore	PI	1	0,15	0,15	0,69	0,99
<i>Apeiba albiflora</i> Ducke	Malvaceae	Apeiba	árvore	PI	4	0,59	0,13	2,08	2,80
<i>Banara arguta</i> Briq.	Salicaceae	Banara	arbusto	PI	1	0,15	0,11	0,69	0,95
<i>Byrsonima aernugo</i> Sagot	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	ST	2	0,29	0,32	1,39	2,00
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Byrsonima	árvore	PI	1	0,15	0,55	0,69	1,39
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae	Casearia	árvore	SI	12	1,76	3,25	0,69	5,71
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	Salicaceae	Casearia	árvore	SI	1	0,15	0,08	0,69	0,92
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	5	0,73	0,67	2,08	3,49
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	87	12,76	10,43	6,94	30,13
<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S. Irwin & Barnaby	Urticaceae	Cecropia	árvore	PI	1	0,15	0,76	0,69	1,60
<i>Chelocladium</i> sp.	Fabaceae	Chamaecrista	árvore	PI	4	0,59	0,41	2,08	3,08
<i>Chrysophyllum pruriens</i> A.DC.	Celastraceae	Chelocladium	árvore	PI	2	0,29	0,27	0,69	1,26
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Sapotaceae	Chrysophyllum	árvore	ST	2	0,29	0,04	1,39	1,72
<i>Croton ascendens</i> Secco & N.A. Rosa	Boraginaceae	Cordia	árvore	ST	32	4,69	5,49	4,17	14,34
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Croton	liana	PI	138	20,23	13,09	7,64	40,96
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Euphorbiaceae	Croton	árvore	PI	30	4,40	2,27	6,94	13,61
<i>Guatteria</i> sp.	Annonaceae	Guatteria	árvore	PI	4	0,59	0,82	2,08	3,49
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Annonaceae	Guatteria	árvore	ST	1	0,15	0,62	0,69	1,46
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Fabaceae	Hymenaea	árvore	ST	1	0,15	0,03	0,69	0,88
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Inga	árvore	SI	2	0,29	0,36	0,69	1,34
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Salicaceae	Laetia	árvore	SI	1	0,15	0,03	0,69	0,88
<i>Lophanthera laetescens</i> Ducke	Malpighiaceae	Lophanthera	árvore	SI	1	0,15	0,21	0,69	1,06
<i>Mabea fistulifera</i> Benth.	Euphorbiaceae	Mabea	árvore	PI	1	0,15	0,21	0,69	1,06

Continuação Anexo D

<i>Machetium amazonense</i> Hoelne	Fabaceae	<i>Machetium</i>	liana	PI	2	0,29	0,04	0,69	1,03
<i>Manihot</i> sp.	Euphorbiaceae	<i>Manihot</i>	arbuto	PI	16	2,35	3,57	5,56	11,47
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	<i>Maprounea</i>	árvore	SI	1	0,15	0,14	0,69	0,98
<i>Mimosa camporum</i> Benth.	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	erva	PI	1	0,15	0,05	0,69	0,89
<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	erva	PI	2	0,29	0,05	1,39	1,73
<i>Palicourea crocea</i> (Sw.) Schult.	Rubiaceae	<i>Palicourea</i>	arbuto	SI	1	0,15	0,09	0,69	0,93
<i>Pavonia malacophylla</i> (Link & Otto) Garcke	Malvaceae	<i>Pavonia</i>	arbuto	PI	1	0,15	0,22	0,69	1,06
<i>Pouteria</i> sp.	Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	árvore	ST	1	0,15	0,07	0,69	0,91
<i>Rollinia exsucca</i> (DC. ex Dunal) A. DC.	Annonaceae	<i>Rollinia</i>	árvore	SI	1	0,15	0,49	0,69	1,34
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Solanaceae	<i>Solanum</i>	arbuto	PI	91	13,34	24,08	14,58	52,01
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	<i>Solanum</i>	arbuto	PI	7	1,03	1,42	0,69	3,14
<i>Solanum umbellatum</i> Mill.	Solanaceae	<i>Solanum</i>	arbuto	PI	17	2,49	1,52	4,17	8,18
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	SI	1	0,15	0,02	0,69	0,86
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	<i>Trema</i>	arbuto	PI	155	22,73	17,75	12,50	52,98
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	<i>Vismia</i>	árvore	PI	38	5,57	7,85	4,86	18,29
<i>Zanthoxylum pentandrum</i> (Aubl.) R.A.Howard	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	árvore	PI	3	0,44	0,33	2,08	2,85

Anexo E - Critérios para interpretação de análises de solos para fins de avaliação da fertilidade.

Atributo	Unidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Fósforo (P)	mg dm ⁻³	< 6,0	6,0 - 10,0	11,0 - 15,0	> 16,0	
Potássio (K)	Cmol _c dm ⁻³	< 0,10	0,10 - 0,30	0,30 - 0,60	> 0,60	
Cálcio (Ca)	Cmol _c dm ⁻³	< 2,0	2,0 - 4,0	> 4,0		
Magnésio (Mg)	Cmol _c dm ⁻³	< 0,4	0,4 - 0,8	> 0,8		
Alumínio trocável (Al)	Cmol _c dm ⁻³	< 0,5 (não tóxico)				
Acidez Potencial (H ⁺ -Al)	Cmol _c dm ⁻³	< 2,5	2,5 - 5,0	> 5,0	> 1,5 (muito tóxico)	
Soma de bases (SB)	Cmol _c dm ⁻³	< 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0		
CTC a pH 7,0	Cmol _c dm ⁻³	< 4,5	4,5 - 10,0	> 10,0		
Matéria orgânica (MO)	g kg ⁻¹	< 13,8	13,8 - 24,1	> 24,1		
Carbono orgânico (C _{org})	g kg ⁻²	< 8,0	8,0 - 14,0	> 14,0		
Saturação por alumínio (m)	%	< 5,0	5,0 - 10,0	10,1 - 20,0	20 - 45	> 45
Saturação por bases (V)	%	< 25	25 - 50	51 - 70	71 - 90	
pH em H ₂ O		< 5,0	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutro
				5,0 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0
						Alcalino
						> 7,0

Fonte: Silva (2003) e Costa, Ferreira e Araújo (2008)