



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

SABRINA SANTOS RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS  
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS-PA.**

BELÉM  
2016



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

SABRINA SANTOS RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS  
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM 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. Francisco de Assis Oliveira.

BELÉM  
2016



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

SABRINA SANTOS RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS  
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM 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 Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em        de        de 2016.

BANCA EXAMINADORA

---

***Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira*** – Orientador  
Universidade Federal Rural da Amazônia

---

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Roberta de Fátima Rodrigues Coelho** – 1º Examinadora  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal - PA

---

***Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros*** – 2ª Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia

---

***Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama*** – 3º Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

*“A verdadeira teoria do conhecimento não está em minhas conquistas grandiosas, e sim no que faço e no que me define”.*

*Beatriz Ribeiro Guerra*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ONDE FOI REALIZADO O ESTUDO, PROPRIEDADE DA EMPRESA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. 27
- FIGURA 2: ETAPAS DA EXTRAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS: 1- SUPRESSÃO VEGETAL; 2- DECAPEAMENTO; 3- LAVRA; 4-CARREGAMENTO DE MINÉRIO; 5- ESPALHAMENTO DE SERRAPILHEIRA; 6- PLANTIO DE MUDAS; 7- ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS NO ANO DE 2009 APÓS IMPLANTAÇÃO; 8- ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL NO ANO DE 2009; 9- ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS IMPLANTADA EM 2009 ATUALMENTE; 10- ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL EM 2009 ATUALMENTE. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 3 - CROQUI DAS PARCELAS PERMANENTES INSTALADAS PARA A COLETA DE DADOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO PRAD DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. A- PARCELAS NAS ÁREAS DE PLANTIO; B- PARCELAS NAS ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL. 30
- FIGURA 4 - CROQUI DA COLETA DE SOLO NAS PROFUNDIDADES 0-10CM, 10-20CM E 20-40CM, NAS ÁREAS DE MONITORAMENTO DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 5: RESUMO DA FLORÍSTICA CATALOGADA NO MONITORAMENTO DAS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 6: VALOR DE IMPORTÂNCIA DAS FAMÍLIAS BOTÂNICAS NA ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS NA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. 41
- FIGURA 7: VALOR DE IMPORTÂNCIA DAS FAMÍLIAS BOTÂNICAS NA ÁREA DE INDUÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL NA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 8: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS QUE MORRERAM E INGRESSARAM NAS DUAS TÉCNICAS ANALISADAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 9: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO NAS DUAS TÉCNICAS ANALISADAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA 58
- FIGURA 10: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO POR GRUPO ECOLÓGICO NO PLANTIO DE MUDAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA 59
- FIGURA 11: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO POR GRUPO ECOLÓGICO NA INDUÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 12: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM ALTURA NAS DUAS TÉCNICAS ANALISADAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 13: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM ALTURA POR GRUPO ECOLÓGICO NO PLANTIO DE MUDAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

- FIGURA 14: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE CRESCIMENTO EM ALTURA POR GRUPO ECOLÓGICO NA INDUÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 15: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ONDE FOI REALIZADO O ESTUDO, PROPRIEDADE DA EMPRESA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 16: ETAPAS DA EXTRAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS: 1- SUPRESSÃO VEGETAL; 2- DECAPEAMENTO; 3- LAVRA; 4-CARREGAMENTO DE MINÉRIO; 5- ESPALHAMENTO DE SERRAPILHEIRA; 6- PLANTIO DE MUDAS; 7- ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS NO ANO DE 2009 APÓS IMPLANTAÇÃO; 8- ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL NO ANO DE 2009; 9- ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS IMPLANTADA EM 2009 ATUALMENTE; 10- ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL EM 2009 ATUALMENTE. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 17 - CROQUI DAS PARCELAS PERMANENTES INSTALADAS PARA A COLETA DE DADOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO PRAD DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. A- PARCELAS NAS ÁREAS DE PLANTIO; B- PARCELAS NAS ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 18 - CROQUI DA COLETA DE SOLO NAS PROFUNDIDADES 0-10CM, 10-20CM E 20-40CM, NAS ÁREAS DE MONITORAMENTO DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., PARAGOMINAS, PARÁ. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 19: INDICADOR DE MORTALIDADE NAS TÉCNICAS DE PLANTIO E INDUÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL NA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. 53
- FIGURA 20: PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA NAS UNIDADES DE AMOSTRAS PARA OS INDICADORES DE PRESENÇA DE CLAREIRAS, EROSÃO, INSETOS E VESTÍGIOS DE RETORNO DA FAUNA SILVESTRE. 52
- FIGURA 21: NÚMERO DE ESPÉCIES EXÓTICAS POR TÉCNICA ESTUDADA 64
- FIGURA 22: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA PARA O GRAU DE COBERTURA ANALISADA NAS TÉCNICAS ESTUDADAS. 49
- FIGURA 23: INTERVALO DE CONFIANÇA PARA A MÉDIA DA QUANTIDADE DE SERRAPILHEIRA CONTIDA NO SOLO NAS DUAS TÉCNICAS ANALISADAS, COMPARADAS COM A QUANTIDADE ENCONTRADA EM UMA FLORESTA NATIVA DO ENTORNO. 51
- FIGURA 24: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS POR HECTARE NAS DUAS TÉCNICAS ESTUDADAS. 46
- FIGURA 25: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA PARA O ÍNDICE DE SHANNON NAS DUAS TÉCNICAS ESTUDADAS. 44
- FIGURA 26: DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS POR HECTARE NAS CLASSES DE ALTURA NAS DUAS TÉCNICAS ESTUDADAS. 48
- FIGURA 27: INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA PARA A ÁREA BASAL NAS DUAS TÉCNICAS ESTUDADAS. 47

## LISTA DE TABELAS



- TABELA 1: ANÁLISE QUÍMICA DO LATOSSOLO AMARELO NA REGIÃO DE PARAGOMINAS (BRAZ, 2011) **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 2: LISTA DE VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS – CONAMA 420/2009. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 3: RELAÇÃO DAS PARCELAS IMPLANTADAS NAS ÁREAS QUE COMPÕEM O PRAD DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., INCLUINDO O ANO DE IMPLANTAÇÃO, A METODOLOGIA DE RECUPERAÇÃO, NÚMERO E COORDENADA UTM<sup>1</sup> DE LOCALIZAÇÃO DE CADA UNIDADE AMOSTRAL. 31
- TABELA 4: ESPÉCIES SELECIONADAS NAS DIFERENTES TÉCNICAS PARA O ESTUDO DE INCREMENTO EM ALTURA E DIÂMETRO. LEGENDA: PN – PIONEIRA; SI – SECUNDÁRIA INICIAL, ST – SECUNDÁRIA TARDIA; CL – CLÍMAX. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 5: ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA DAS ESPÉCIES PRESENTES NA ÁREA DE PLANTIO DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. 41
- TABELA 6: ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA DAS ESPÉCIES PRESENTES NA ÁREA DE INDUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA. 43
- TABELA 7: MÉDIA DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO POR ESPÉCIE NO PLANTIO DE MUDAS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 8: MÉDIA DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO POR ESPÉCIE NA INDUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, PARAGOMINAS-PA **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 9: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL (FLORESTA, PLANTIO, REGENERAÇÃO NATURAL) NA MINERAÇÃO DE BAUXITA, NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS - PARÁ. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 10: RELAÇÃO DAS PARCELAS IMPLANTADAS NAS ÁREAS QUE COMPÕEM O PRAD DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A., INCLUINDO O ANO DE IMPLANTAÇÃO, A METODOLOGIA DE RECUPERAÇÃO, NÚMERO E COORDENADA UTM<sup>1</sup> DE LOCALIZAÇÃO DE CADA UNIDADE AMOSTRAL. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 11: GRAU DE IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES AVALIADOS. 33
- TABELA 12: CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO DOS INDICADORES DE RECUPERAÇÃO. 39
- TABELA 13: CLASSIFICAÇÃO DO INDICADOR DE RECUPERAÇÃO. **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- TABELA 14: AVALIAÇÃO GLOBAL DOS INDICADORES ANALISADOS PARA A TÉCNICA DE PLANTIO DE MUDAS E INDUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL. 65

## RESUMO

**Palavra-chave:** Recuperação de Áreas Degradadas, Monitoramento, Indicadores de Recuperação de Áreas Degradadas, Fertilidade do Solo.

## ABSTRACT

**Keyword:** Recovery of Degraded Areas, Monitoring, Recovery Indicators of Degraded Area, Soil Fertility.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	.....	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b>
<b>13</b>		
1.1	REVISÃO DE LITERATURA	16
	<b>2</b>	<b>ZAVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL POR MEIO DE INDICADORES DE MONITORAMENTO EM ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS-PA. ....</b>
	2.1	INTRODUÇÃO 25
<b>3</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>E</b>
<b>27</b>		<b>MÉTODOS</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.2	COLETA DE INFORMAÇÕES	33
3.3	ANÁLISE DA INFORMAÇÃO	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
3.4	COLETA DE SERRAPILHEIRA	33
3.5	LEVANTAMENTO DE INDICADORES	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
3.6	ANÁLISE DA INFORMAÇÃO	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>4</b>	.....	<b>RESULTADOS</b>
<b>40</b>		
4.1	FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA	40
4.2	MORTALIDADE E ÍNGRESSO	44
4.3	INCREMENTO DO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO	58
4.4	INCREMENTO DO CRESCIMENTO EM ALTURA	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
4.5	INCREMENTO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO E ALTURA POR ESPÉCIE	<b>ERRO! INDICADOR NÃO</b>
	<b>DEFINIDO.</b>	
<b>5</b>	.....	<b>DISCUSSÃO</b>
	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>6</b>	.....	<b>CONCLUSÃO</b>
	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>7</b>	.....	<b>RESULTADOS</b>
	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
7.1	MORTALIDADE	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.2	ANÁLISE VISUAL	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.3	PRESENÇA DE ESPÉCIES EXÓTICAS	63
7.4	GRAU DE COBERTURA	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.5	SERRAPILHEIRA	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.6	DENSIDADE DE PLANTAS	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.7	DIVERSIDADE	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.8	ALTURA MÉDIA	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7.9	ÁREA BASAL	46
7.10	AVALIAÇÃO GLOBAL DAS DUAS TÉCNICAS A PARTIR DOS INDICADORES	63

8 .....	DISCUSSÃO
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
9 .....	CONCLUSÃO
65	
10.....	BIBLIOGRAFIA
66	
1REFERÊNCIAS	BIBLIOGRÁFICAS
66	
1REVISÃO	BIBLIOGRÁFICA
76	
2CONCLUSÕES	GERAIS
77	

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Atualmente a mineração é um dos principais fornecedores de matéria-prima para o processo industrial (IBRAM a, 2015). Os minerais estão presentes no cotidiano em diversos aspectos, desde um complexo instrumento científico até cabos transmissores de energia elétrica, automóveis, geladeira, telefones celulares, tablets, computadores, monitores, tudo tem origem no minério que a natureza coloca à disposição do homem (IBRAM a, 2015).

O setor de mineração representa um dos pilares da economia brasileira, na última década foi responsável por gerar uma receita de 232 bilhões de dólares ao conjunto de reservas cambiais do Brasil (IBRAM a, 2015). No ano de 2015 o valor da produção mineral foi de US\$ 26 bilhões, e a previsão para 2016 é que alcance US\$ 30 bilhões, gerando, segundo informações do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), 214.070 empregos diretos (IBRAM a, 2015).

O estado do Pará ocupa a segunda posição no ranque nacional de produção mineral com 22%, perdendo apenas para o estado de Minas Gerais com 70% da produção (IBRAM b, 2015). No ano de 2012, a mineração contribuiu com aproximadamente 22,1% do PIB do estado do Pará (SEDEME, 2012), sendo o valor da balança mineral paraense avaliado em US\$ 10,4 bilhões (IBRAM b, 2015).

No Pará, a produção mineral está dividida principalmente entre oito substâncias: minério de ferro, minério de cobre, bauxita, minério de manganês, ouro, caulim, calcário e água mineral (FIPE, 2009).

No caso da bauxita, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, sendo que o estado do Pará contribui com 84% da extração nacional, representando um papel importante na agregação de valor nas etapas seguintes da cadeia do alumínio (ABAL, 2014) com três empreendimentos em operação, sendo a Mineração Bauxita Paragominas com reservas estimadas em 2 bilhões de toneladas, a Mineração Rio do Norte com reservas estimadas em 200 milhões de toneladas e a Alcoa Juruti com 780 milhões de toneladas estimadas (FIPE, 2009; ALCOA, 2016).

Embora a mineração seja de grande relevância na economia brasileira e paraense, sendo base de vários produtos utilizados no dia a dia da população, sua extração tem impactos negativos ao meio ambiente, necessitando de ações mitigadoras para minimizar os efeitos da atividade. Os efeitos negativos sobre o meio ambiente dependem da constituição da jazida mineral e, principalmente, do planejamento e execução da atividade de lavra (MMA, 2001).

O método de lavra é designado como a técnica de extração do mineral, dividida em superficial ou a céu aberto e lavra subterrânea, sendo que o tipo e a espessura do capeamento sobre o minério influenciam na decisão de que técnica utilizar (MACEDO et al., 2001). No caso da bauxita, a extração ocorre pela técnica a céu aberto com extração em faixas, com a escavação de grandes volumes de solo e geração de toneladas de resíduos, com significativo impacto visual, alterações na topografia, deposição de resíduos ou rejeitos decorrente do processo de beneficiamento, deposição do material estéril ou inerte não aproveitável, proveniente do decapeamento superficial e a poluição visual ou estética do local (GUIMARÃES, 2012).

Neste cenário, para que seja viabilizada a exploração mineral, a Constituição Federal Brasileira estabelece que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei” (BRASIL, 1988). Todo o empreendimento de mineração tem a obrigatoriedade de elaborar planos de recuperação de forma criteriosa, com utilização de mão de obra qualificada tecnicamente, com conteúdo em atendimento às premissas do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e concatenado com os demais planos do Programa de Controle Ambiental (PCA), que são partes do processo de licenciamento do empreendimento. Além disso, a recuperação deve ser baseada em estudos específicos a cada situação de sítio (MMA, 2001).

Cabe ressaltar que na mineração de bauxita o material de capeamento removido para dar acesso ao minério é reposicionado logo em seguida no trecho que fora previamente minerado (extração em faixas), tornando mais rápido o processo de recuperação ambiental, sem geração de rejeitos contaminados por produtos químicos (BRANDT, 2003).

Na recuperação das áreas mineradas, para a escolha da metodologia mais eficaz é necessária uma avaliação contínua do desenvolvimento e dinâmica dos povoamentos vegetais, para que se possa realizar, caso necessário, intervenções que possibilitem o retorno à direção estabelecida inicialmente ou uma mudança de diretrizes que viabilizem a conclusão do processo de recuperação (BRANCALION et al., 2012; HOWELL et al., 2012). Estas avaliações devem ser realizadas periodicamente por meio de monitoramentos amostrais na área alvo, em tamanho suficiente para caracterizar mudanças ocorridas na população vegetal através do tempo.

No processo de recuperação há de se considerar as alterações ocorridas no sítio e entorno, avaliando-se os fatores que levaram determinada área a se tornar degradada. Tendo como ponto de partida a avaliação inicial, é possível escolher e aplicar técnicas de intervenção

para recuperação ambiental que estejam de acordo com o plano preestabelecido para uso futuro do solo (MARTINS, 2010).

Neste contexto, algumas técnicas vêm sendo utilizadas para viabilizar a reintrodução do componente vegetal em paisagens degradadas, podendo ser avaliadas sob dois aspectos: com o objetivo de retorno do ambiente degradado à condição original ou a outra condição semelhante. Nesta ótica, a silvicultura apresenta duas possibilidades, restaurar ou recuperar a vegetação, levando em consideração à proteção dos corpos d'água, o retorno da fauna, a proteção do solo, dentre os aspectos mais importantes (MARTINS et al, 2007).

Atualmente, os empreendimentos de mineração buscam diversificar as metodologias aplicadas na revegetação com o objetivo de escolher a técnica que apresente melhor retorno em termos de quantidade de área recuperada por ano, processos mais rápidos, aliado a menores custos de implantação e operacionalização. Desta maneira, são instalados projetos de diferentes métodos a fim de se determinar, ao longo do tempo, qual técnica é a mais viável para realidade local.

O processo de recuperação após a lavra de bauxita inicia-se com a recomposição topográfica do terreno concomitante ao controle da erosão, deposição do solo vegetal (serrapilheira) e revegetação. Na região amazônica, a recuperação de áreas após a mineração de bauxita utiliza a técnica de plantio de mudas em maior escala, como técnica de revegetação, tendo como técnica alternativa, a condução da regeneração natural.

Todavia, a escolha da técnica a ser utilizada não deve estar pautada somente na redução de custos, mas sim em uma avaliação a partir do monitoramento com base em indicadores de restauração dos processos ecológicos do ecossistema degradado.

Contudo, a técnica de condução da regeneração natural na região amazônica ainda não foi amplamente difundida, necessita ainda de estudos complementares para avaliação da sua eficiência. Enquanto que na restauração florestal através do plantio de mudas existe experiências bem sucedidas na recuperação de áreas de lavra de bauxita na região amazônica, porém, ainda existe a necessidade de aprimorar o conhecimento a respeito da dinâmica da vegetação em plantios florestais na região (SALOMÃO et al, 2014).

Neste contexto, de avaliação e monitoramento, utilizando indicadores é possível determinar qual técnica é mais eficaz, em termos ecológicos, na restauração florestal de um ecossistema degradado pós-lavra de bauxita na região amazônica?

O município de Paragominas tem um elevado potencial de restauração florestal com a utilização de técnicas de recuperação, sendo o plantio de mudas a técnica mais utilizada e

eficaz quando comparado com a indução da regeneração natural em virtude da qualidade do banco de semente existente pós lavra de bauxita.

A premissa é que a utilização de indicadores sejam capazes de avaliar e fornecer informações sobre determinado aspecto do ecossistema, indicando anomalias no processo de recuperação da cobertura vegetal, fertilidade do solo, retorno da fauna, erosão, entre outros. Necessariamente estes indicadores devem ser facilmente mensuráveis, replicáveis, de fácil compreensão e interpretação e passíveis de serem obtidos a baixo custo, porém, cabe ressaltar que não existem indicadores que podem ser usados de maneira generalizada em todas as situações (ANDRADE, 2014).

Diante do exposto, o presente trabalho busca propor a utilização de indicadores de monitoramento que possibilitem avaliar qual a técnica (plantio de mudas ou condução da regeneração natural) é mais eficiente no processo de recuperação em áreas pós-mineração de bauxita em Paragominas – PA.

## **1.1 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1.1 Restauração Florestal em Áreas Degradadas por mineração**

Segundo definição da Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group – SER (2004), a restauração ecológica é o processo de recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído.

Para Martins (2010), o entendimento do conceito de restauração adota dois sentidos: um restrito e outro amplo. No sentido restrito, a restauração é condicionada a retomar completamente a condição ambiental original (vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc), tarefa difícil de ser realizado na prática. No sentido amplo, em virtude da impossibilidade de retorno da área ao estado original, a restauração deve priorizar a recuperação das condições ecológicas para que a sucessão natural avance até a estabilidade, permitindo uma maior flexibilidade na elaboração e execução de projetos de restauração ecológica. Todavia, quando se trata da restauração ecológica de ecossistemas florestais, é correto utilizar o termo restauração florestal (BRANCALION, 2015).

É recomendada nos casos em que a floresta degradada tenha perdido o poder de resiliência, necessitando da intervenção humana para promover a restauração dos processos ecológicos do ambiente, a biodiversidade a estabilidade e, neste sentido, o plano de



restabelecimento deve ter como referência o ecossistema original ou semelhante ao que foi degradado (SILVA, 2013).

No processo de restauração florestal em áreas degradadas pela atividade de mineração, existem diversos modelos e técnicas a serem adotadas, porém, na maioria dos casos adotam-se a técnica de plantio de mudas, como prioridade para o restabelecimento dos processos ecológicos do ambiente florestal pós-supressão da vegetação (SILVA, 2013). Todavia, existe a necessidade de se explorar o potencial de resiliência das áreas que sofreram degradação, utilizando-se da regeneração do banco de sementes do solo, resgate de plântulas e a dispersão de propágulos dos remanescentes florestais do entorno, visando à indução e a condução da regeneração natural para a restauração florestal na área.

#### 1.1.2 Estratégias de restauração em áreas com lavra de bauxita em Paragominas

A deposição de bauxita em Paragominas requer como método mais indicado a lavra a céu aberto em tiras (*strip mining*), em virtude da bauxita ocorrer, em média a 11 metros de profundidade no subsolo. Neste método de lavra a extração ocorre com a remoção do material de cobertura (*topsoil* e estéril) do alvo depositado nas faixas que já foram mineradas, que em seguida inicia o processo de restauração (BRANDT, 2003).

As operações de lavra em Paragominas estão resumidas nas seguintes etapas: desmatamento e limpeza das áreas a serem lavradas; remoção e estocagem do solo orgânico (*topsoil*); decapeamento da camada de bauxita; raspagem, carregamento e transporte da laterita; escarificação da camada de bauxita; escavação e carregamento da bauxita; transporte de bauxita e preparo para restauração da área minerada (BRANDT, 2003).

O processo de recuperação de áreas impactadas pela extração de bauxita tem como etapa fundamental a remoção do *topsoil*, e seu armazenamento em leiras no entorno da faixa minerada, para que posteriormente sejam colocadas na ordem original, diminuindo os impactos na estrutura do solo (GUIMARÃES, 2015).

Santos (2010) ressaltou que a capacidade de germinação do banco de sementes presente no *topsoil* diminui com o tempo de armazenamento, desta maneira, é importante diminuir o tempo de estocagem para manutenção da eficiência das sementes durante a indução da regeneração natural.

Outro aspecto relevante da recuperação pós lavra de bauxita, é a subsolagem realizada após o espalhamento do *topsoil*. Esta etapa é importante, pois diminui o nível de compactação do solo que poderá afetar a sobrevivência e o crescimento dos vegetais durante o

processo de revegetação (GUIMARÃES, 2015). Em solos compactados ocorre a redução da porosidade, acarretando a diminuição do processo de infiltração e percolação, elevando a probabilidade de escoamento superficial (BYRD et al., 2003).

Tendo em vista o aumento do escoamento superficial, faz-se necessário a instalação de um sistema de drenagem para conter os processos erosivos (BARROS et al, 2012). Normalmente, os sistemas de drenagens são confeccionados após a abertura de acessos na forma de sulcos no terreno, direcionados até filtros de sedimentos (gabiões<sup>1</sup>), que por sua vez, conduzem o escoamento superficial gerado nas partes mais elevadas do terreno até as drenagens naturais em regiões de elevação mais baixa (igarapés).

### 1.1.3 Indução e Condução da Regeneração Natural

Florestas secundárias são definidas por Chokkalingam & De Jong (2001) como sendo aquelas que regeneram a partir de processos naturais, em áreas onde as florestas primárias sofreram impactos humanos ou foram removidas por distúrbios naturais.

O processo de recuperação natural do ambiente é denominado de sucessão ecológica, que pode ser classificada em primária ou secundária dependendo da intensidade do distúrbio ou degradação sofrida (MARTINS, 2010). A sucessão primária ocorre em áreas onde nunca houve vegetação, como é o caso de lava vulcânica recém - solidificada, afloramentos rochosos, etc e, enquanto que a sucessão secundária ocorre quando a área possuía vegetação preexistente que foi eliminada ou perturbada (BRANCALION, 2015).

A sucessão secundária se encarrega de promover a colonização de uma área que sofreu distúrbio, no sentido de conduzir a vegetação através de uma série de estágios sucessionais, caracterizados por grupos sucessivos de plantas que se substituem na área ao longo do tempo, até alcançar uma comunidade estruturada e ecologicamente estável (MARTINS, 2010).

Para Whitmore (1983), a sucessão secundária é dividida em três fases: 1) fase de clareira: onde ocorre o início da restauração florestal, predominando indivíduos jovens (plântulas e mudas) a partir da germinação do banco de sementes no solo, e ou dispersadas a partir do entorno; 2) fase de edificação: composta de indivíduos arbustivo-arbóreos finos e altos, em virtude da competição por luz e 3) fase madura: caracterizada pela presença de

---

<sup>1</sup> Filtro gabião – são estruturas que possuem função de filtro para atuar como fator de segurança adicional no controle do escoamento superficial de sedimentos.

indivíduos que atingiram a fase reprodutiva, proporcionando equilíbrio dinâmico e aumento de biomassa na floresta, fazendo com que haja a estabilização da capacidade produtiva do ecossistema. Nesta última fase, pode ser observado o aumento do crescimento em diâmetro e expansão das copas dos indivíduos arbóreos.

Neste sentido, a velocidade com que a floresta irá se recompor é inversamente proporcional ao tamanho e intensidade do dano a ela associado e diretamente relacionada ao seu potencial de regeneração (TAVARES & BALIEIRO, 2008). Esse potencial irá depender da oferta de sementes no banco presente no solo, da capacidade de germinação e brotação de sementes e plântulas e dos propágulos disseminados pela dispersão proveniente das áreas do entorno (KAGEYAMA b et al., 1989).

Na região amazônica, os estágios sucessionais podem ser classificados de acordo com as características estruturais, florísticas e propriedades ecossistêmicas da floresta em transição, sendo resumidos em três fases: inicial, intermediário e avançado (SALOMÃO et al, 2012).

A fase inicial é denominada de capoeirinha, sendo resultado da regeneração natural após o abandono de áreas de agricultura e pecuária (SALOMÃO et al, 2012). Este estágio pode ocorrer de cinco a dez anos dependendo do grau de degradação do solo, sendo caracterizada pelo predomínio de espécies de plantas herbáceas e poucas espécies pioneiras (*Vismia sp.*, *Cecropia sp.* e *Solanum sp.*, entre outros), com altura média das árvores em torno de 6 metros e diâmetro médio de 7 centímetros (SALOMÃO et al, 2012).

A fase intermediária, também chamada de capoeira, ocorre entre 10 a 20 anos de idade, sendo caracterizada por uma vegetação com poucas herbáceas e espécies de médio porte (*Inga sp.*, *Cecropia sp.*, *Attalea sp.*, entre outros), a altura média está entre 8 metros e o diâmetro em torno de 9 centímetros (SALOMÃO et al, 2012).

Na fase avançada ou capeirão ocorre após os 20 anos da regeneração natural, sendo caracterizada por uma vegetação lenhosa, alta, perenifólia, com espécies de árvores climáticas (*Ocotea spp.*, *Eschweilera spp.*, *Protium spp.*, entre outros), que podem atingir altura superior a 10 metros e diâmetro superior a 11 centímetros (SALOMÃO et al, 2012).

Para as áreas degradadas onde os impactos ambientais não foram intensos, não ocorrendo deterioração e predação do banco de sementes ou quando a existem fragmentos florestais no entorno que funcionem como fonte de propágulos, a regeneração natural pode ser utilizada para a restauração florestal (MARTINS, 2010; BRANCALION, 2015).

A restauração florestal por meio da regeneração natural é a técnica mais viável economicamente, tendo em vista que se utiliza da capacidade de resiliência do ambiente,

contando com a dinâmica dos processos naturais para reverter os impactos ocorridos. Neste sentido, a resiliência ou potencial de auto recuperação da área degradada determinará a decisão para as ações a serem tomadas, definindo o sucesso e os custos do processo de restauração (BRANCALION, 2015).

Neste sentido, as intervenções antrópicas para a restauração serão menores quanto maior for a resiliência, sendo denominada de restauração passiva (indução da regeneração), no sentido oposto está a restauração dirigida (condução da regeneração), onde as ações humanas deverão estimular a capacidade de recuperação das condições ecológicas da sucessão natural para reconstrução do ecossistema degradado.

A possibilidade de utilização da regeneração natural em um projeto de restauração florestal é afetada por fatores relacionados à resiliência local ou da paisagem, determinando quais ações serão adotadas no sentido de induzir a regeneração natural de forma passiva ou conduzi-la visando aumentar os processos de regeneração com menores custos possíveis. Desta maneira, fatores relacionados às condições de sítio como: o tempo e formas de uso do solo, histórico de degradação, tipologia vegetal, conectividade com a paisagem do entorno, devem ser avaliados no planejamento e escolha da técnica a ser aplicada (BRANCALION, 2015).

Nas áreas em processo de lavra de bauxita ocorre a supressão de extensas áreas de floresta e a remoção das camadas superficiais do solo, afetando, com isso, o processo de sucessão secundária da floresta existente. Desta forma, em virtude da diminuição da resiliência destas áreas, existe a necessidade da adoção de um processo de restauração dirigida ou condução da regeneração natural, onde há a necessidade de intervenções humanas em diversas etapas da restauração florestal.

A condução da regeneração em áreas degradadas pela mineração de bauxita é constituída das seguintes etapas: *i*) transposição do *topsoil*; *ii*) isolamento da área em recuperação; *iii*) indução dos regenerantes e *iv*) enriquecimento com espécies nativas da região (BRANDT, 2003).

Após a transposição do *topsoil*, a regeneração natural ocorre de maneira irregular pela área, desta maneira, a indução da regeneração natural (restauração passiva) ocorre nas áreas de concentração de regenerantes, havendo a necessidade do enriquecimento (restauração dirigida) com plantio de mudas em áreas onde não houve germinação do banco.

#### 1.1.4 Plantio de Mudanças

Os projetos desenvolvidos antes da década de 1980 preocupavam-se em reproduzir ecossistemas maduros, sem cumprir as etapas de sucessão florestal e aplicando técnicas silviculturais, sem se preocupar com as funções ecológicas, porém a partir dessa década, exemplos de reflorestamentos heterogêneos, com grande diversidade de espécies nativas, nos diferentes estágios sucessionais foram desenvolvidos, preocupando-se também com a diminuição dos custos de implantação e manutenção (MARTINS et al., 2012a, 2012b).

A premissa do plantio de mudas, é baseada na capacidade de formação de uma fisionomia florestal em menor tempo possível para potencializar o processo de sucessão florestal, criando um micro ambiente favorável ao estímulo da germinação do banco de sementes no sub-bosque (BRANCALION, 2015). Este método é o pioneiro no Brasil, desenvolvido em áreas agrícolas das regiões sul e sudeste que apresentavam os maiores níveis de degradação, com baixo poder de resiliência e com poucos fragmentos remanescentes (BRANCALION, 2015).

É válido ressaltar que o plantio de mudas de espécies florestais é uma das metodologias mais utilizadas na recuperação de áreas degradadas, pois proporcionam boa cobertura do solo com diversidade de espécies, sem depender de agentes dispersores ou fontes de sementes nas fases iniciais do plantio (VALERI & SENÔ, 2004), porém requer a adoção de alguns critérios básicos para garantir o sucesso do processo, tais como: escolha de espécies florestais existentes na mesma microbacia hidrográfica ou região, alta diversidade de espécies, implantação de mudas provenientes de diferentes matrizes e remanescentes florestais a fim de garantir a diversidade genética, escolha de espécies pioneiras de rápido crescimento e, com ampla copa associada a não pioneiras, levando em consideração às atrativas a fauna e adaptáveis a condição de umidade do solo do local e ainda, a opção de adotar espécies leguminosas nativas em conjunto com as nativas em solos altamente degradados (MARTINS, 2010).

No entanto, vale ressaltar que apesar das espécies pioneiras possuírem como característica o rápido crescimento, nem todas apresentam a capacidade de sombreamento do solo em curto prazo. Desta maneira, nos plantios existe a necessidade de se agrupar as espécies de acordo com as características ecológicas, objetivando replicar os processos naturais de sucessão florestal, alcançando inicialmente o sombreamento da área em menor tempo aliado ao rápido crescimento.

A escolha das espécies visando o recobrimento inicial deverá ser feita com base na flora local, pois determinada espécie pode apresentar diferentes comportamentos dependendo da região geográfica (BRANCALION, 2015). A principal preocupação dos restauradores é o recobrimento do solo e, por isso, se intensificam os esforços para definição das espécies de recobrimento, porém, existe a necessidade de inserir espécies perenes, que além de garantir a diversidade deverão substituir as espécies do grupo de recobrimento que entrarão em senescência, permitindo a sustentabilidade do processo de restauração (BRANCALION et al., 2009).

Neste sentido, para realizar a escolha de um grupo de espécies viáveis ao processo de restauração, a melhor opção será verificar por meio de monitoramento, durante os dois primeiros anos, quais as espécies obtiveram melhor sucesso na implantação (BRANCALION, 2015).

#### 1.1.5 Monitoramento e Avaliação da Recuperação

Para se obter sucesso na recuperação de áreas degradadas se faz necessário, como ponto partida a definição dos objetivos que delimitarão os resultados a serem alcançados (BRANCALION et al, 2015). Esses objetivos deverão nortear as ações que desencadearão a recuperação do ecossistema, avaliando, por meio de monitoramento, se a trajetória está sendo conduzida corretamente.

Pela falta de clareza nos objetivos e metas dos planos de recuperação, muitos empreendimentos enfrentam dificuldades de colocar em prática os procedimentos descritos, resultando em planos excessivamente complexos, desconectados da realidade local, e ainda sem estabelecimento de um plano de monitoramento com indicadores claros que possibilitem a avaliação do cumprimento de metas.

A partir da definição dos objetivos do PRAD (Plano de Recuperação de Área Degradada), deverá ser elaborado um plano de avaliação, que consistirá em síntese nas seguintes etapas: *a)* fixação de metas mensuráveis e com prazo de execução; *b)* escolha de indicadores ou variáveis com a finalidade de medir alterações em um fenômeno ou processo ao longo do tempo; *c)* monitoramento de indicadores ou variáveis; *d)* avaliação do sucesso da restauração e *e)* execução de ações corretivas (BRANCALION et al, 2015).

Um programa de monitoramento e avaliação para ser bem sucedido deve ser composto das seguintes etapas fundamentais: 1) escolha de indicadores; 2) definição de critérios de avaliação de cada indicador; 3) estabelecimento da metodologia de medição de

indicadores (método de amostragem, coleta e análise de dados); 4) definição de metas para avaliação de sucesso e 5) definição de cronograma de monitoramento (BRANCALION et al, 2015).

Em uma determinada área em processo de recuperação pode ser necessária a utilização de diferentes tipos de monitoramento e avaliação, dependendo das metas especificadas e do tipo de ecossistema (EHRENFELD, 2009). Neste sentido, o monitoramento é uma ferramenta gerencial importante para análise do bom andamento de projetos, sendo uma das formas de avaliar as falhas e comprovar o sucesso dos objetivos a serem alcançados.

A recuperação de áreas degradadas pode fornecer evidências de declínio ou sustentabilidade ecológica de áreas em processo de restauração florestal. As ações de acompanhamento não devem ser realizadas apenas no final do projeto, pois desta forma impossibilita a mudança de rumo, visando a sustentabilidade (BRANCALION et al., 2012; HOWELL et al., 2012).

Apesar da relevância do processo de monitoramento, ainda existe na prática uma lacuna grande a ser preenchida pela pesquisa e por trabalhos técnicos. Atualmente, este problema está relacionado com a forma como a restauração é interpretada pelos empreendimentos que à executam, geralmente, apenas para cumprimento de demandas de licenciamento, restringindo-se no estabelecimento das fases iniciais do plantio, sendo que os órgãos licenciadores não acompanham efetivamente ao longo do tempo os resultados da implantação destes projetos de recuperação (BRANCALION et al, 2015).

#### 1.1.6 Indicadores de Recuperação

Um indicador pode ser entendido como um parâmetro que proporciona informação a respeito de um determinado processo relacionado ao meio ambiente ou a área, ou seja, um indicador quantifica e simplifica um fenômeno, facilitando o entendimento de informações complexas, apresentando as mudanças ocorridas no ecossistema (ANDRADE, 2014). Os indicadores de recuperação são classificados em qualitativos e quantitativos, sendo que, os quantitativos refletem resultados de mensuração de um determinado parâmetro (altura dos indivíduos, abundância da regeneração, diversidade de espécies, etc), enquanto que os qualitativos são obtidos de maneira não mensurável, ou seja, baseados subjetivamente a partir do julgamento do avaliador (por exemplo, processos erosivos classificados como alto, médio

ou baixo) (BRANCALION et al., 2012). A escolha dos indicadores está pautada em algumas características (DURIGAN, 2011):

- **Facilmente mensurável:** expressa a informação através de valores quantitativos ou qualitativos;
- **Sensível ao estresse do sistema:** estabelecer resposta clara a distúrbios, alterações provocadas pelo homem e histórico de mudanças;
- **Previsibilidade:** informa mudanças abruptas nas características do sistema ecológico;
- **Integrativo:** promover a integração do conjunto de parâmetros físicos e ecológicos (por exemplo, através de gradientes de solos, tipos de vegetação, temperatura, espaço, tempo, etc);
- **Confiável:** apresentar de forma clara as características monitoradas (funções ecológicas, a estrutura e composição florestal).

A diversidade de ecossistemas e biomas no Brasil requer o estabelecimento de metas e objetivos particulares, intrínsecos a cada localidade, tornando a definição de um modelo de avaliação e monitoramento universal uma tarefa impossível de se resolver na prática (BRANCALION et al, 2012).

Desta maneira, foram estabelecidas algumas metodologias de monitoramento de restauração ecológica no Brasil buscando abranger uma série de critérios e indicadores que possibilitam avaliar a qualidade da recuperação de ecossistemas em diversos biomas brasileiros.

O Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros” da Universidade de São Paulo, estabeleceu um método de avaliação rápida de áreas restauradas por plantios heterogêneos com idade de 1 a 2 anos, em paisagens altamente fragmentadas e com baixa resiliência. Neste método são avaliados dois princípios que determinarão a eficiência do plantio: a diversidade florística onde se avalia a riqueza e a diversidade de espécies, presença de espécies exóticas e ameaçadas de extinção, bem como a estrutura do plantio onde se avalia a mortalidade, altura média, cobertura de copa, cobertura de gramíneas e distribuição dos grupos ecológicos de plantio (BRANCALION et al, 2012).

Outro protocolo de monitoramento da restauração florestal, foi estabelecido para os programas e projetos do “Pacto pela Restauração da Mata Atlântica”, que propôs princípios e critérios ecológicos, sócioeconômicos e de gestão utilizada de maneira integrada, que podem ser aproveitados em outros biomas e ecossistemas brasileiros, sendo necessário apenas a



adequação de metas para cada indicador e seus valores de referência (BRANCALION et al, 2015).

Dentro do contexto do “Pacto pela Restauração da Mata Atlântica”, os critérios ecológicos são monitorados em duas fases, sendo que a primeira procura avaliar a formação da cobertura florestal na área (estruturação do dossel) e a segunda fase, tem por objetivo monitorar a dinâmica da regeneração e o retorno dos processos ecológicos (trajetória ecológica) (BRANCALION et al, 2015).

## **2 AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL POR MEIO DE INDICADORES DE MONITORAMENTO EM ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS-PA.**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

As mudanças na paisagem de Paragominas tiveram origem nas políticas estabelecidas para a região amazônica na década de 1960 (PINTO et al, 2009). O crescimento populacional e o dinamismo econômico ocorridos no município são frutos de fatores como: localização privilegiada as margens da rodovia Belém-Brasília; ampla oferta de terras, incentivos fiscais e crédito subsidiado para agricultores e pecuaristas e grande estoque de recursos naturais de alto valor comercial (PINTO et al, 2009). A agricultura, a pecuária e a atividade madeireira chegaram em épocas diferentes no município de Paragominas e causaram impactos econômicos, sociais e ecológicos de grandeza e intensidade diferentes (UHL & ALMEIDA, 1998).

Na década de 2000, tem início às operações de lavra bauxita pela Mineração de Paragominas S.A. (MPSA), tendo como alvo principal o Platô Miltônia III, com produção inicial estimada em 4,4 milhões de toneladas anuais (BRANDT, 2003). O processo de lavra de bauxita tem como etapas principais a supressão da vegetação, extração do minério e recuperação da área lavrada. A bauxita beneficiada é transportada via mineroduto até a planta industrial da Alumina do Norte do Brasil S.A. – ALUNORTE, em Barcarena-PA, onde é refinada em alumina (BRANDT, 2003).

Sequencialmente ao processo de lavra, tem início a recuperação das áreas alteradas, por meio da revegetação da faixa minerada, seguida do monitoramento para avaliação do sucesso da recuperação, bem como verificação da coerência das ações em campo com o que foi previsto no PRAD.

A técnica de plantio de mudas é adotada na maioria dos projetos de recuperação de bauxita, por aparentemente apresentar resultados rápidos de recobrimento do solo e também em virtude da do banco de sementes presentes no *topsoil* não germinar conforme o esperado, devido ao poder de resiliência do banco de sementes existente. Outra técnica utilizada, como segunda opção, é a condução de regeneração natural, que fica reduzida às áreas que apresentaram germinação do banco de sementes, apresentando menor custo financeiro de operacionalização, entretanto, é normalmente um processo lento quando comparado ao plantio de mudas (MARTINS, 2010).

Todavia, independente da metodologia aplicada na revegetação, o monitoramento e a avaliação são etapas fundamentais para qualquer projeto de recuperação, muito embora, não estejam sendo priorizadas em parte dos empreendimentos. O monitoramento permite a identificação e correção de problemas no momento oportuno, evitando assim, que áreas já recuperadas entrem em processo de declínio ou estagnação. Desta forma, será possível o estabelecimento de florestas que apresentem composição, estrutura e funcionamento semelhantes aos ecossistemas de referência (BRANCALION et al , 2015).

Um dos principais entraves na recuperação é a carência na definição de metas e objetivos claros que estejam interligados com as ações em campo, pois sem essas definições, não é possível monitorar a recuperação ao longo de seu desenvolvimento (BRANCALION et al, 2015). A partir da definição dos objetivos do plano, é possível estabelecer um programa de monitoramento a partir de indicadores a serem medidos ou coletados nas áreas a serem recuperadas (BRANCALION et al, 2015).

O monitoramento a partir de indicadores ocorre de maneira sistemática, onde se avalia periodicamente o andamento do plano de recuperação. Neste sentido, as informações devem ser obtidas por meio de mensuração de variáveis do meio físico e biótico ao longo de determinado tempo, com o objetivo de subsidiar adequações no planejamento (BRANCALION et al., 2012).

No intuito de propor uma avaliação mais objetiva e passível de replicação, é necessário o estabelecimento de diversos indicadores a serem avaliados de acordo com o fator de degradação, condições específicas de cada localidade, histórico da área, além da dinâmica da vegetação (ANDRADE, 2014).

Tendo em vista a relevância dos projetos de mineração e a necessidade de se estabelecer métodos de revegetação adequados a realidade dos empreendimentos, é necessário a implantação de um programa de monitoramento pautado em indicadores que consigam demonstrar a eficiência da recuperação e que auxiliem na proposta de ações preventivas e/ou

corretivas que direcionem as ações para as metas e objetivos traçados visando a recuperação do ecossistema.

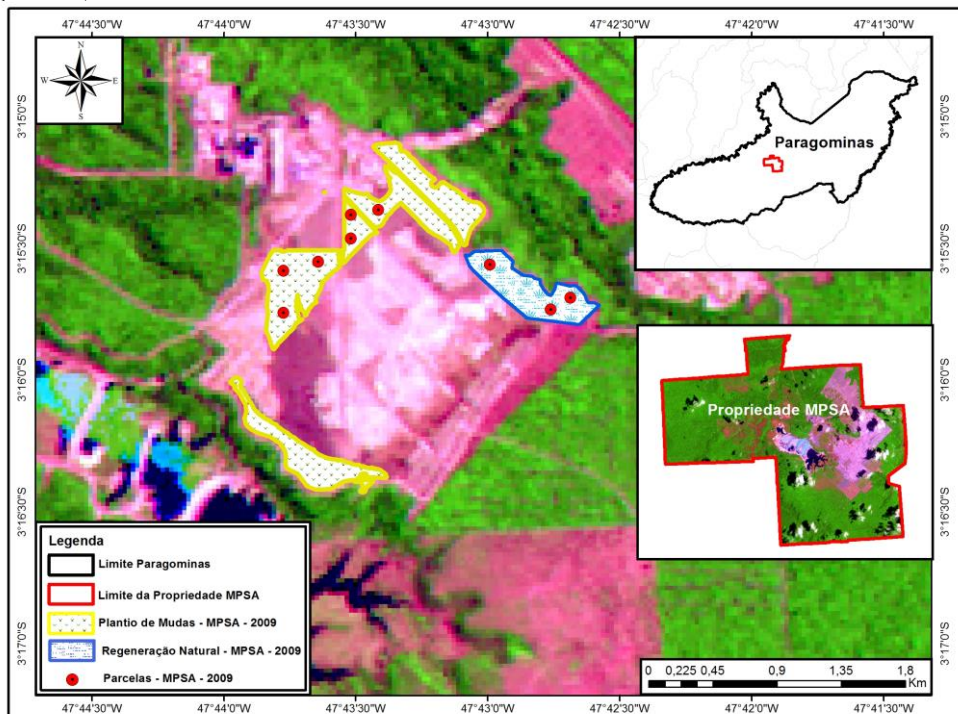
Neste sentido, este estudo objetiva avaliar a restauração florestal (plantio de mudas e condução da regeneração natural) a partir de indicadores de monitoramento quali-quantitativos, visando o estabelecer qual técnica é a mais adequada no processo de recuperação da área pós mineração de bauxita em Paragominas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Paragominas – PA, na Mineração Paragominas S.A., empreendimento da empresa Hydro (Figura 1), especificamente no Platô Miltônia III, situado entre os meridianos 03°12' e 03°20' de latitude sul e 47°40' e 47°46' de longitude oeste, a 365 km de Belém, capital do Estado do Pará. O acesso à área pode ser feito através da rodovia BR 010 e pela PA 256.

Figura 1: Localização da área onde foi realizado o estudo, propriedade da empresa Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará.



O clima da região é do tipo Am (clima de monção), segundo a classificação de Köppen, com clima úmido e quente, estação seca marcante, mas com chuvas ocasionais (IBGE, 1977). A precipitação de chuva nesta região varia entre 2.000-2.250 mm concentrando-se entre os meses de janeiro a maio, com estação seca entre os meses de junho a

dezembro (IBGE, 1977). A temperatura varia entre 24° C e 26° C e a umidade relativa do ar está na média de 80% (IBGE, 1977).

A unidade morfoestrutural à qual pertence à região de estudo é denominada de Planalto Setentrional do Pará-Maranhão, apresentando em toda a sua extensão chapadas interligadas, raramente isoladas, separadas por zonas mais baixas topograficamente (KOTSCHOUBEY et al, 2005). Os platôs atingem altitude entre 90 e 100m, sendo sustentados por cobertura residual ferro-aluminosa e com capeamento argiloso (KOTSCHOUBEY et al, 2005).

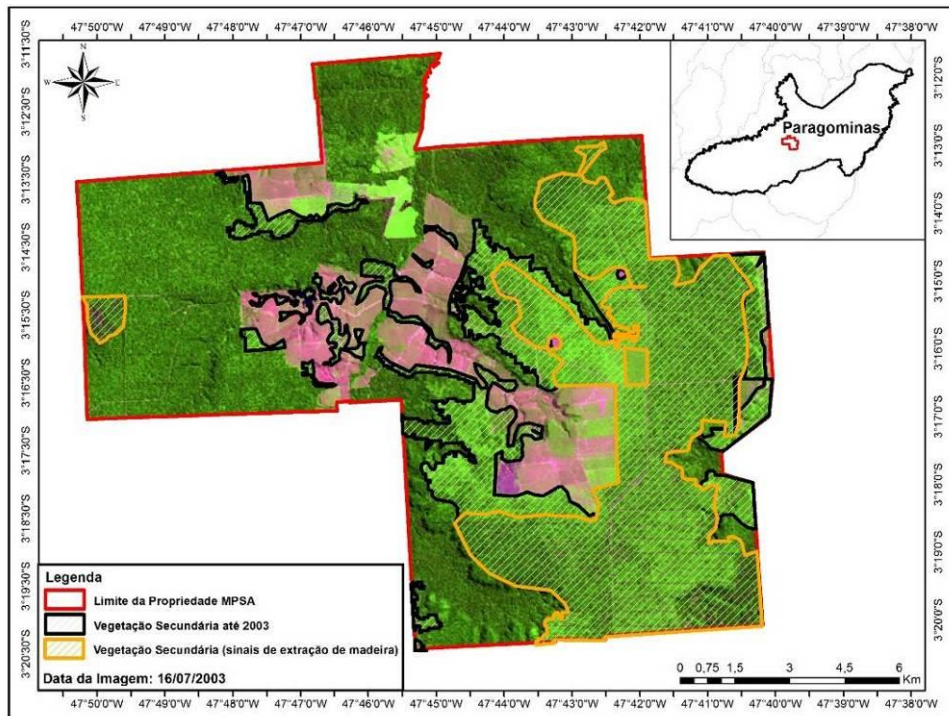
A geologia é representada pelos sedimentos de idade Cretácea que constituem o Grupo Itapecuru formado por arenitos caulíníticos finos com níveis argilosos e conglomeráticos, depositados em ambiente fluvial, sob condições climáticas semiáridas, e a Formação Ipixuna, composta de sedimentos areno-argilosos caulíníticos, finos e bem selecionados com siltitos e argilitos vermelhos intercalados (KOTSCHOUBEY et al, 2005). Apresenta, ainda, sedimentos Terciários da Formação Barreiras e do Quaternário subatual e recente (KOTSCHOUBEY et al, 2005).

Os solos que compõem a área são classificados como latossolo amarelo caulínítico, sendo divididos em fâceis argilosa e muito argilosa, sendo que a primeira ocupa as vertentes dos vales e a segunda o topo dos platôs (KOTSCHOUBEY et al, 2005). Na superfície apresenta uma camada pouco espessa de matéria orgânica, sendo que nas áreas expostas após o desmatamento ocorre a lixiviação, provocando o branqueamento do solo a partir da exposição de grãos de quartzo (KOTSCHOUBEY et al, 2005).

A cobertura vegetal primária na região estudada foi reduzida a 54,38% do total original (INPE, 2014), transformada pela ação dos desmatamentos para o plantio de culturas agrícolas de subsistência, pecuária, extração madeireira, produção de carvão ou construção de infraestrutura, dando ensejo à regeneração natural com diferentes estágios de desenvolvimento da floresta secundária.

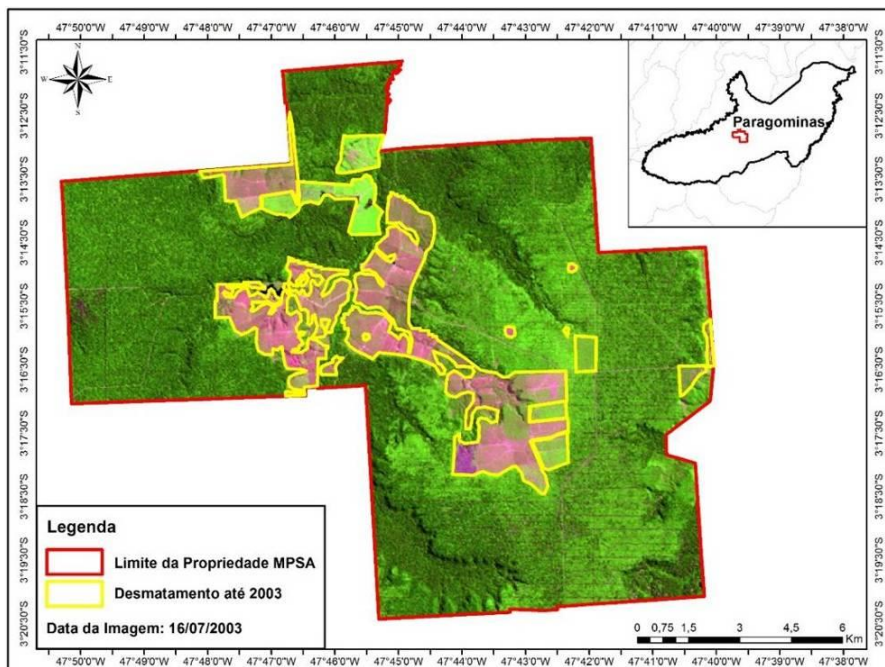
As áreas de floresta primária remanescente do entorno apresentam sinais claros de extração seletiva de madeira, evidenciada por vestígios de antigas estradas/ramais de arraste e pátios de estocagem (Figura 2). O dossel florestal apresenta-se rarefeito, em virtude da presença de clareiras, resultando em abundante passagem de luz para os estratos inferiores, o que gera a colonização por espécies de diferentes categorias sucessionais, presentes no banco de plântulas ou de sementes no solo, e por espécies exóticas/ invasoras que migraram através dos processos de dispersão da vegetação de pastagem nas proximidades.

Figura 2: Área de desmatamento na propriedade da Mineração Paragominas S.A. até o ano de 2003.



Um levantamento realizado por meio de imagens de satélite do ano de 2003, época onde iniciaram os inventários florestais pela empresa, ficou evidenciado a alta antropização das áreas alvo de supressão e posterior recuperação. Do total da propriedade da MPSA (18.668,20 hectares), foram desmatados cerca de 16,4% (3.059,4 ha) até o ano de 2003 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**)

Figura 3: Área de desmatamento na propriedade da Mineração Paragominas S.A. até o ano de 2003.



### 3.2 Unidades de Amostra

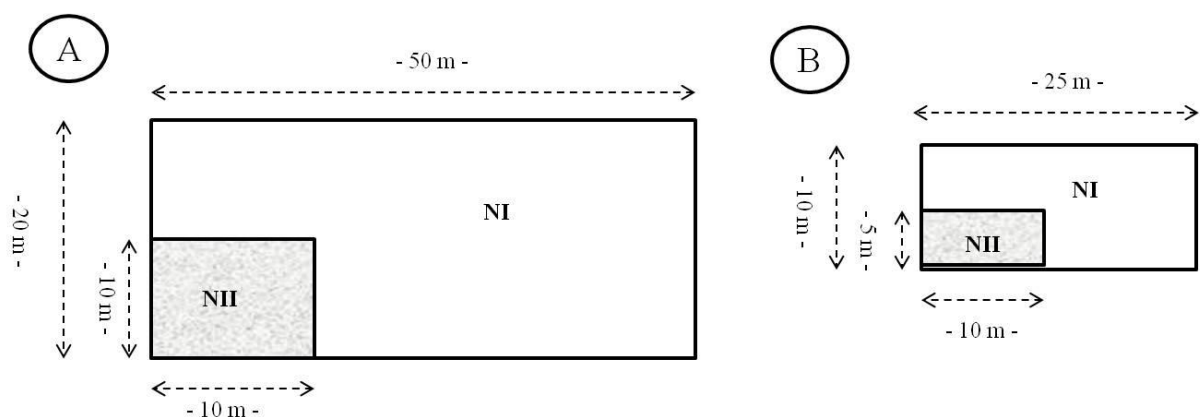
O processo de recuperação na MPSA teve início no ano de 2009, dois anos após o início das operações de lavra, tendo em vista que na fase inicial foram necessárias adequações ao processo de lavra e recuperação das áreas degradadas, com a utilização das técnicas de plantio de mudas em 71,44 hectares e 21,04 hectares de condução da regeneração natural, totalizando 92,48 hectares.

No ano de 2013, foi realizado um diagnóstico da restauração florestal na área implantada em 2009, considerado como o marco inicial do monitoramento para avaliação do sucesso da recuperação (LIMA, 2014). A partir do marco inicial do monitoramento, as técnicas de revegetação pautadas no plantio de mudas e na condução da regeneração natural vem sendo avaliadas semestralmente.

Para avaliação das técnicas foram adotadas 9 parcelas permanentes (PP) instaladas pelo empreendimento para o monitoramento, distribuídas aleatoriamente nas duas metodologias, sendo 6 parcelas instaladas na área de plantio de mudas e 3 parcelas na área de condução da regeneração natural.

Nas áreas de plantio de mudas, as parcelas implantadas tem dimensões de 20m x 50m (1000m<sup>2</sup>) e, foram avaliadas em dois níveis de amostragem: Nível I (20m x 50m), onde todos os indivíduos plantados foram avaliados e Nível II (10m x 10m), foram catalogadas todas as plantas com caule ou haste com diâmetro maior ou igual a 1cm (Figura 3A). Nas áreas de regeneração natural, as parcelas implantadas possuem dimensões de 10 x 25 metros (250m<sup>2</sup>), avaliadas em dois níveis de amostragem: Nível I avaliou-se todos os indivíduos com CAP  $\geq$  10 cm e no Nível II subparcelas de 5m x 10m avaliando todos os indivíduos com CAP  $<$  10cm (Figura 3B). Todas as parcelas foram demarcadas no campo com piquetes de PVC devidamente pintados, numeradas e georreferenciadas (Tabela 2).

Figura 4 - Croqui das parcelas permanentes instaladas para a coleta de dados nas áreas de influência do PRAD da Mineração Paragominas S.A., Paragominas, Pará. A- Parcelas nas áreas de plantio; B- Parcelas nas áreas de regeneração natural.





O tamanho das unidades de amostras nas áreas onde foram implantadas a regeneração natural são menores do que as parcelas implantadas no plantio, em virtude das dessas áreas serem constituídas de fragmentos de pequenas dimensões, assim, o tamanho das parcelas foram dimensionadas para atender a realidade de campo.

Tabela 1: Relação das parcelas implantadas nas áreas que compõem o PRAD da Mineração Paragominas S.A., incluindo o ano de implantação, a metodologia de recuperação, número e coordenada UTM<sup>1</sup> de localização de cada unidade amostral.

<b>Ano de Implantação</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Parcela</b>	<b>UTM-E</b>	<b>UTM-N</b>
2009	Plantio	P1	196.705,8	9.639.370,0
2009	Plantio	P2	196.399,9	9.639.230,0
2009	Plantio	P3	196.464,3	9.638.972,0
2009	Plantio	P7	196.953,9	9.639.670,0
2009	Plantio	P8	196.963,0	9.639.536,0
2009	Plantio	P9	197.141,2	9.639.650,0
2009	Regeneração Natural	P4	198.071,0	9.639.179,0
2009	Regeneração Natural	P5	198.431,5	9.638.974,0
2009	Regeneração Natural	P6	198.576,0	9.639.071,0

<sup>1</sup>UTM - Universal Transversa de Mercator – Datum SAD69 23S.

### **3.3 Escolha de Indicadores de Avaliação da Recuperação**

Para a escolha dos indicadores do presente estudo, utilizou-se como referência as metodologias de avaliação rápida citadas por Brancalion et al (2012) e do “Pacto pela Restauração da Mata Atlântica” Rodrigues et al (2009), onde procurou-se estabelecer um método de avaliação para áreas de restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas. A determinação dos indicadores ecológicos para este trabalho teve como premissa a facilidade prática no seu uso em projetos técnicos de monitoramento, sem a necessidade de medições periódicas muito detalhadas.

Os indicadores foram escolhidos com objetivo de identificar a condição atual da trajetória do processo de restauração florestal, para determinação ou não da necessidade de ações corretivas, buscando reconduzir, se necessário, o projeto aos objetivos e metas estabelecidas inicialmente ou adotar projeto alternativo.

Neste sentido, foram selecionados os seguintes princípios de avaliação do contexto de restauração florestal em Paragominas: Princípio I – avaliação da recuperação estrutural do dossel, com o intuito de avaliar a formação da cobertura florestal na área; e Princípio II –

monitoramento da trajetória ecológica, cujo objetivo é monitorar se a dinâmica da regeneração na área está conduzindo à restauração dentro da trajetória desejada e esperada.

Os princípios foram avaliados a partir do estabelecimento dos seguintes critérios: recuperação da estrutura e composição da vegetação e a manutenção da área em recuperação, conforme detalhado na tabela 2.

Tabela 2: Critérios e Indicadores utilizados na avaliação do processo de restauração florestal nas técnicas de plantio de mudas e condução da regeneração natural em áreas pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa, adaptado de Brancalion et al (2015) e Rodrigues et al (2009).

<b>INDICADORES DE AVALIAÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>ESTRUTURA</b>	Avaliar a formação de cobertura florestal na área
Recuperação da Estrutura e composição da vegetação	Avaliar o poder de resiliência da área e a distribuição vertical e horizontal
Grau de cobertura / sombreamento	Avaliar o percentual de cobertura do solo a partir do sombreamento da copa.
Presença de regeneração natural	Avaliar a germinação e brotação de sementes e plântulas presentes no banco de sementes no solo e a presença de espécies provenientes da disseminação de propágulos das áreas de entorno.
Presença de erosão	Avaliar a presença de erosão laminar em sulcos ou voçorocas na área em restauração, objetivando avaliar o grau de conservação do solo.
Serrapilheira	Avaliar o acúmulo de matéria orgânica no solo, importantes para determinar a viabilidade de plantios que visam a restauração.
Densidade de plantas	Avaliar a quantidade de indivíduos de espécies arbustivas e arbóreas.
Diversidade	Avaliar a proporção de distribuição dos indivíduos entre as espécies, calculada pelo índice de diversidade de Shannon (H').
Altura média de planta	Avaliar se a altura dos vegetais está condizente com a idade dos indivíduos.
Área basal	Avaliar o grau de cobertura dos indivíduos, ou espaço por ele requerido, sendo um parâmetro bastante útil para determinação da qualidade do sítio.
<b>MONITORAMENTO DA TRAJETÓRIA ECOLÓGICA</b>	Monitorar a trajetória ecológica conduzindo a restauração
Manutenção da Área em Recuperação	Avaliar a dinâmica de crescimento e mortalidade da vegetação e o retorno dos processos ecológicos
Mortalidade	Avaliar as espécies mais adaptadas as condições ambientais da área em processo de restauração.
Incremento em Diâmetro	Quantificar a taxa de crescimento dos vegetais, com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo e estratégias silviculturais para perpetuação da restauração florestal.
Presença de espécies exóticas não invasoras	Avaliar a quantidade de espécies e morfoespécies regionais e exóticas, com o objetivo de reconhecer o potencial de invasão biológica.
Presença de espécies ameaçadas de extinção	Avaliar se as espécies contidas na área são classificadas em algum nível de ameaça de extinção.
Presença de vestígios de retorno da fauna	Avaliar o retorno da fauna silvestre na área em restauração, com o objetivo de identificar vestígios de animais que funcionam como agentes na reprodução das plantas.



### 3.4 Coleta de Informações

Neste estudo foram avaliadas as informações dendrométricas e florísticas acumuladas em cinco campanhas de monitoramento entre os anos de 2013 a 2015. As campanhas sempre ocorreram nos meses de maio e novembro, épocas de alta e baixa pluviometria na região.

#### 3.4.1 Coleta de dados dendrométricos

Nas unidades de amostra todas as plantas foram marcadas com placas de alumínio identificadas com dados da parcela e número da planta. Dos vegetais foram obtidos os dados dendrométricos de altura total (em metros) e circunferência (em centímetros) à altura do peito (CAP).

A área de projeção individual da copa foi obtida a partir do método de projeção da copa no solo, coletando-se suas medidas longitudinal e transversal para o cálculo da área a partir da forma geométrica da elipse.

A variáveis dendrométricas coletadas foram utilizadas para a avaliação da estruturação do dossel e trajetória ecológica da restauração. Neste sentido, a partir das variáveis coletadas, foram avaliados os seguintes indicadores: incremento em diâmetro e altura, altura média de planta, grau de cobertura/sombreamento, densidade de plantas, área basal e mortalidade.

#### 3.4.2 Coleta de dados florísticos

Das espécies registradas foram obtidas amostras botânicas que foram herborizadas e levadas para o herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental onde foram determinadas cientificamente e, em seguida foram inseridas no acervo do herbário Felisberto Camargo da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA por tratarem-se em sua maioria de amostras não férteis. A lista de espécies obtida foi corrigida utilizando o banco de dados do programa Flora do Brasil (2015) disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>.

A partir dos dados florísticos levantados, foram avaliados os indicadores presença de espécies exóticas não invasoras, diversidade e presença de espécies ameaçadas de extinção.

#### 3.4.3 Coleta de serrapilheira

Para quantificação do estoque de serrapilheira, foi utilizado um gabarito em aço com dimensões de 20cm x 20cm x 7cm (largura, comprimento e altura). A coleta foi realizada

dentro das parcelas de monitoramento de vegetação, sendo realizada seis coletas aleatórias. O material foi retirado com auxílio de uma espátula e acondicionado em sacolas plásticas, devidamente identificadas e lacradas.

Em laboratório, o material foi separado em galhos, folhas e outros para determinação da composição percentual da amostra. As amostras foram encaminhadas a estufa de circulação forçada a uma temperatura de 70°C durante 72 horas para secagem e pesagem do material.

A partir dos dados de serrapilheira, foi avaliado o indicador de “serrapilheira”, onde o acúmulo da serrapilheira proporciona um indicativo do retorno das condições edáficas do solo (fertilidade).

#### 3.4.4 Coleta de informações qualitativas

Os dados qualitativos foram obtidos de forma não mensurável, tendo por base a observação e o julgamento do avaliador quanto a presença ou ausência de determinado aspecto ou fenômeno. Desta maneira foram coletadas informações nas unidades de amostra dos indicadores: regeneração natural, clareiras, presença de erosão, presença de insetos (formigas e cupins) e retorno da fauna.

### 3.5 Processamento da Informação

#### 3.5.1 Florística

As espécies catalogadas no levantamento florístico foram separadas por grupo ecológico, seguindo a definição de Amaral et al. (2009).

As variáveis fitossociológicas em nível de família foram calculadas a partir de parâmetros de Diversidade Relativa (DvR%), Densidade Delativa (DR%) e Dominância Relativa (DoR%) possibilitando a obtenção do Índice de Importância da Família (IVF%) segundo Cottam e Curtis (1956) e Mueller-Dombois e Ellenberg (1974).

Na análise fitossociológica em nível de espécie, para caracterização da estrutura horizontal foram considerados os seguintes parâmetros: Densidade Relativa (DR%); Dominância Relativa (DoR%); Frequência Relativa (FR%) e Índice de Valor de Importância (IVI%), conforme recomendado por Müller-Dombois & Ellenberg (1974).

Também se avaliou a diversidade florística através do Índice de Diversidade de Shannon (H') na base logarítmica natural (SHANNON & WIENER, 1949).

As espécies registradas durante o estudo foram analisadas no intuito de se verificar a ocorrência delas na flora regional ou nacional. As espécies que não ocorrem no bioma amazônico, mas ocorrem em outros biomas brasileiros foram consideradas exóticas ao nível regional, da mesma maneira foram consideradas exóticas as espécies que não ocorrem no Brasil. Neste sentido, foram consultados acervos do herbário do Museu Emílio Goeldi (disponível em: <<http://www2.museu-goeldi.br/herbario/>>) e do herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental (disponível em: <<http://brahms.cpatu.embrapa.br/herbario/Explore>> ), além do banco de dados do programa Flora do Brasil (2015) (disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>).

A ocorrência de espécies ameaçadas foi verificada por meio de consulta às seguintes listas: Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas elaborada pela União Internacional para a Conservação da Natureza e Recursos Naturais (IUCN, 2015); Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção publicada na Portaria do MMA nº 443/2014 e Lista de Espécies da Flora Ameaçadas no Estado do Pará publicada nos anexos da Resolução do COEMA nº 54/2007.

### 3.5.2 Taxas de Incremento e Mortalidade

Na análise da dinâmica florestal foram calculados o incremento periódico anual (IPA) do diâmetro e da altura total, no intuito de se obter uma média da taxa de incremento nos povoamentos e por espécie nas duas técnicas de recuperação monitoradas.

Para o cálculo do incremento periódico anual (IPA) no plantio de mudas de 2009 foram avaliados 316 indivíduos vegetais distribuídos em 98 espécies que permaneceram vivos durante as cinco campanhas de monitoramento. Na regeneração natural o incremento foi avaliado em 102 indivíduos de 18 espécies que também permaneceram vivos durante as cinco campanhas de monitoramento.

A taxa de incremento do diâmetro à altura do peito foi obtida através da fórmula (SCOLFORO, 1998):

$$IPA_{DAP} = \frac{DAP_2 - DAP_1}{T}$$

Onde:

$IPA_{DAP}$  = taxa periódica anual de incremento em diâmetro ( $\text{cm.ano}^{-1}$ );

$DAP_1$  = Média de diâmetro no primeiro levantamento (cm);

$DAP_2$  = Média de diâmetro no segundo levantamento (cm);

T = Tempo transcorrido entre os dois levantamentos.

A taxa de incremento da altura foi obtida através da fórmula (SCOLFORO, 1998):

$$IPA_{ALT} = \frac{Ht_2 - Ht_1}{T}$$

Onde:  $T$

$IPA_{ALT}$  = taxa periódica anual de incremento em altura ( $m \cdot ano^{-1}$ );

$Ht_1$  = Média de altura no primeiro levantamento (m);

$Ht_2$  = Média de altura no segundo levantamento (m);

$T$  = Tempo transcorrido entre os dois levantamentos.

A mortalidade é o processo pelo qual o indivíduo desaparece no monitoramento contínuo de parcelas permanentes após a medição inicial, isto é, são indivíduos que morreram entre dois levantamentos consecutivos. A taxa anual de mortalidade foi obtida através da fórmula:

$$M_{\%} = (Ni \div N_1) \times 100$$

Onde:

$I_{\%}$  = Taxa anual de mortalidade (%);

$N_1$  = Número de plantas vivas na primeira medição;

$N_i$  = Número de plantas mortas na segunda medição.

As espécies foram classificadas em classes de aptidão conforme proposto por Salomão et al (2014), afim de avaliar quais espécies apresentam melhores resultados no processo de adaptação no ecossistema implantado artificialmente. Desta maneira, as espécies foram classificadas nos seguintes grupos: 1) muito alto (espécie cujo valor do IPA se encontrava acima do intervalo de confiança superior da média geral); 2) alto (espécie cujo valor do IPA se encontrava acima da média e abaixo do intervalo de confiança superior da média geral); 3) baixo (espécie cujo valor do IPA se encontrava abaixo da média geral e acima do intervalo de confiança inferior); e 4) muito baixo (espécie cujo valor do IPA se encontrava abaixo do intervalo de confiança inferior para a média geral).

### 3.5.3 Grau de Cobertura ou Sombreamento

Para o cálculo do sombreamento utilizou-se a projeção de copas a partir do cálculo da área de copa de cada árvore por meio da fórmula da área da elipse, considerando a maior medida longitudinal e transversal da copa. Desta maneira, foi feita a somatória dos valores de área de copa de todos os indivíduos levantados e dividiu-se o resultado pela área da parcela, através das seguintes fórmulas:

$$D_i = \pi \times \left[ \frac{(L_1 + L_2)}{4} \right]^2 \quad D = \sum_n \frac{D_i}{A}$$

Onde:

$D_i$  = área da projeção individual da copa;

$L_1$  = comprimento da maior linha longitudinal da copa;

$L_2$  = comprimento da maior linha perpendicular à da copa;

$A$  = área da parcela ( $m^2$ );

$D$  = cobertura de copa na área

### 3.6 Análise estatística

Foi realizado o cálculo da média e do erro padrão, para as variáveis cobertura de copa, quantidade de serrapilheira, densidade de plantas, diversidade, altura média, área basal, sendo realizada a comparação entre as duas técnicas de restauração por meio da análise de variância (ANOVA) e teste t, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software MS Excel 2007.

O intervalo de confiança das taxas médias de mortalidade e incremento em diâmetro e altura foram obtidos a partir da utilização de estimadores do processo de amostragem propostos por Soares et al (2011) para amostragem com repetição total de unidades de amostra, sendo realizada a comparação entre as duas técnicas de restauração pela análise de variância (ANOVA) e teste t, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software MS Excel 2007.

### 3.7 Critério de Avaliação dos Indicadores.

Para avaliação dos indicadores foram atribuídos diferentes pesos em função da sua importância no processo de restauração, considerando-se que os indicadores de alta importância ajudam a entender quando processos ou fenômenos apresentam problemas que podem comprometer a restauração em curto prazo, sendo de difícil correção. Os de grau de importância médio indicam problemas que podem comprometer a restauração a médio prazo, sendo de fácil correção, e por fim, os de grau baixo, não comprometem o plantio, sendo indicadores positivos, e por este motivo devem ser estimulados (Tabela 3).

Tabela 3: Critérios para definição do grau de importância dos indicadores avaliados.

GRAU DE IMPORTÂNCIA	CRITÉRIO	INDICADORES DE AVALIAÇÃO	PESO
Alto	Os indicadores com grau de importância alto ajudam a entender quando processos ou fenômenos apresentam problemas que podem comprometer a restauração em curto prazo, sendo de difícil correção.	Grau de cobertura / sombreamento	3
		Presença de regeneração natural	
		Presença de erosão	
		Serrapilheira	
		Densidade de plantas	
		Diversidade	
		Mortalidade	
		Incremento em Diâmetro	
Médio	Os indicadores com grau de importância médio ajudam a entender quando processos ou fenômenos apresentam problemas que podem comprometer a restauração a médio prazo, sendo de fácil correção.	Altura média de planta	2
		Área basal	
		Presença de espécies exóticas não invasoras	
Baixo	Os indicadores com grau de importância baixo não comprometem o plantio, sendo indicadores positivos, e por este motivo devem ser valorizados.	Presença de espécies ameaçadas de extinção	1

Fonte: Adaptado de Brancalion et al (2012).

No procedimento de avaliação cada indicador recebeu uma pontuação variando de 0 a 3, onde “0” foi atribuído para os indicadores que não estão abaixo do limite estabelecido para o critério. A pontuação “1” foi conferida a indicadores considerados insatisfatórios, “2” para os indicadores de satisfação média e “3”, para os indicadores satisfatórios (Tabela 4).

Para os indicadores qualitativos as pontuações tiveram caráter diferenciado, sendo determinado da seguinte forma:

- A nota “0” foi estabelecida para a ausência dos indicadores, tendo significado de insatisfação, de outra maneira, a nota “3”, com significado de satisfação foi atribuída para a presença dos indicadores presença de insetos (formigas e cupins), presença de espécies ameaçadas de extinção, presença de regeneração natural e presença de vestígios de retorno da fauna;
- A nota “3” foi atribuída para a ausência dos indicadores presença de espécies exóticas não invasoras, presença de erosão e presença de clareiras, sendo a não ocorrência desses processos algo satisfatório, desta maneira a nota “0”, foi atribuída para a presença dos indicadores.

A definição dos intervalos de critérios para cada indicador foi definido mediante consulta na literatura científica especializada de trabalhos sobre sucessão ecológica e restauração florestal.

Tabela 4: Pontuações possíveis de cada parâmetro avaliado, com base em critérios recomendados para áreas restauradas com plantio de mudas e condução da regeneração natural.

Indicador	Critério	Pontuação	Análise	Referência
Grau de cobertura/ sombreamento	<20%	0	Indivíduos com DAP ≥ 5,0cm	Brancalion et al (2015)
	Entre 20 e 50%	1		
	Entre 50 e 80%	2		
	>80%	3		
Presença de regeneração natural	Presença	3	Qualitativo	
	Ausência	0		
Presença de erosão	Presença	0	Qualitativo	
	Ausência	3		
Serrapilheira	< 4,1 t.ha <sup>-1</sup>	0	Coleta e pesagem de serrapilheira	Coral et al (2014)
	Entre 4,1 a 7,7 t.ha <sup>-1</sup>	1		
	Entre 7,7 a 9,4 t.ha <sup>-1</sup>	2		
	> 9,4 t.ha <sup>-1</sup>	3		
Densidade de plantas	<1500 ind.ha <sup>-1</sup>	0	Indivíduos com Altura ≥ 50,0cm	Brancalion et al (2015)
	Entre 1500 e 2000 ind.ha <sup>-1</sup>	1		
	Entre 2001 e 3000 ind.ha <sup>-1</sup>	2		
	> 3000 ind.ha <sup>-1</sup>	3		
Diversidade	< 1,0 nats.ind <sup>-1</sup>	0	Todos os indivíduos amostrados	Brancalion et al (2015)
	Entre 1,1 e 2,0 nats.ind <sup>-1</sup>	1		
	Entre 2,1 e 3,0 nats.ind <sup>-1</sup>	2		
	> 3,0 nats.ind <sup>-1</sup>	3		
Altura média	< 6,0 metros	0	Indivíduos com DAP ≥ 5,0cm	Salomão et al (2012)
	Entre 6,0 e 7,0 metros	1		
	Entre 7,1 e 9 metros	2		
	> 9 metros	3		
Área basal	< 7,0 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	0	Indivíduos com DAP ≥ 5,0cm	Salomão et al (2012)
	Entre 7,0 e 12,0 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	1		
	Entre 13,0 e 19,0 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	2		
	> 19,0 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	3		
Mortalidade	> 10%	0	Indivíduos com DAP ≥ 5,0cm	Brancalion et al (2015)
	Entre 5,1 e 10%	1		
	Entre 3,1 e 5%	2		
	Entre < 3%	3		
Incremento em Diâmetro	< 0,3 cm.ano <sup>-1</sup>	0	Todos os indivíduos com 5 medições	Salomão et al (2014); Gomide (1997); De Oliveira (1998)
	Entre 0,3 e 0,5 cm.ano <sup>-1</sup>	1		
	Entre 0,6 e 0,7 cm.ano <sup>-1</sup>	2		
	> 0,7 cm.ano <sup>-1</sup>	3		
Presença de espécies exóticas não invasoras	Presença	0	Qualitativo	Brancalion et al (2015)
	Ausência	3		
Presença de espécies ameaçadas de extinção	Presença	3	Qualitativo	Brancalion et al (2015)
	Ausência	0		
Presença de vestígios de retorno da fauna	Presença	3	Qualitativo	
	Ausência	0		

Fonte: Adaptado de Brancalion et al (2012).

Após a pontuação (Tabela 4), cada nota foi multiplicada pelo peso do indicador, conforme o seu grau de importância estabelecido na tabela 3 (Critério do Grau de Importância), sendo possível realizar a soma algébrica para definição da nota final de recuperação, que foi comparada à nota hipoteticamente obtida por um projeto ideal que alcançou nota máxima em todos os indicadores. Com base neste resultado foi definida a melhor técnica, aquela mais próxima da nota máxima de um projeto ideal.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Florística e Fitossociologia

Foram levantados 542 indivíduos no monitoramento de maio de 2015, sendo que na metodologia de plantio de mudas foram levantados 371 indivíduos ( $1.293,3 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) pertencentes a 106 espécies, distribuídas em 67 gêneros e 24 famílias botânicas, enquanto que na regeneração natural foram contabilizados 171 indivíduos ( $8.733,3 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) distribuídos em 27 espécies, 22 gêneros e 16 famílias botânicas (Tabela 5). Na área de regeneração natural não foi possível realizar a identificação de quatro espécies, porém estas foram contabilizadas na apresentação dos resultados.

Tabela 5: Composição florística em maio de 2015 nas unidades amostrais instaladas para o monitoramento da restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.

Técnica	N.º de indivíduos	N.º de espécies	N.º de Famílias	N.º de Gêneros
Plantio de Mudas	371	106	24	67
Regeneração Natural	171	27	16	22

Nas áreas de plantio de mudas o Índice de Valor de Importância da Família (IVIF) indicou Solanaceae com 23,2%, Malvaceae com 26,5% e a mais expressiva foi Fabaceae com 135,6% de IVIF respectivamente. Para Fabaceae o valor de IVIF, foi calculado em virtude dos valores de índices de riqueza (51 espécies), área basal ( $1,68 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) e número de indivíduos ( $457 \text{ ind.ha}^{-1}$ ), (Figura 6a). Esta família botânica, entre as Angiospermas, sempre registra maior número de espécies na flora brasileira (FORZZA et al, 2010), sendo importante nas estratégias de restauração ecológica em virtude da sua associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (SPRENT, 2001). Sendo a Fabaceae composta por plantas leguminosas e, considerando as condições do solo de baixa fertilidade principalmente em áreas de encosta e topo de morros, como é o caso das áreas de platô, esta família apresenta uma estratégia de fixação de nitrogênio que acarreta uma melhor permanência na área (SILVA, 2002).

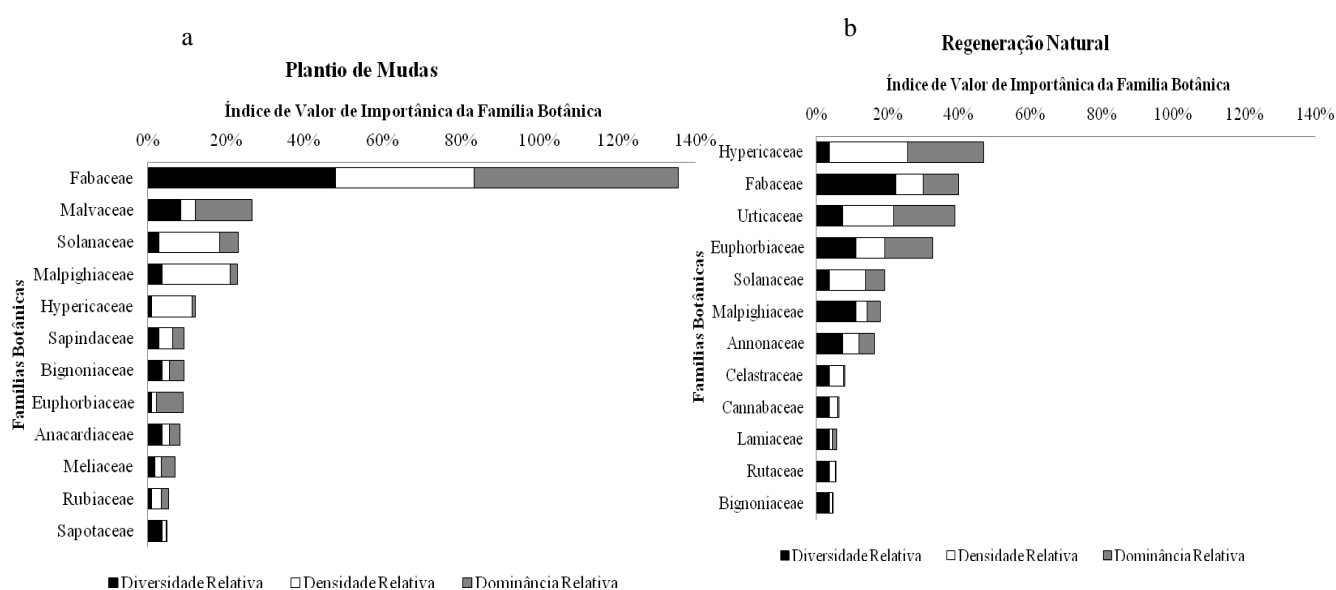


Com relação a regeneração natural houve um maior equilíbrio entre os valores encontrados para o IVIF. As três famílias que mais se destacaram foram Urticaceae com 38,8%, Fabaceae com 40% e Hypericaceae com 46,9% de IVIF de um total de 13 famílias encontradas no levantamento. Hypericaceae apesar de não apresentar o maior número de espécies (1 espécie), obteve o maior número de indivíduos (1907 ind.ha<sup>-1</sup>) e área basal (3,61 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) (Figura 6b).

*Vismia guianensis* (Hypericaceae), se destacou pelo grande número de indivíduos, atestando ser uma espécie com uma ampla distribuição na área, que pode ter influenciado negativamente a regeneração natural das demais espécies, por apresentar sistema radicular desenvolvido, disseminando superficialmente por até 5 metros da planta mãe, onde limitaria o crescimento e desenvolvimento das plantulas (MASSOCA et. al 2012). Ela é considerada espécie pioneira, colonizadora de áreas onde ocorre degradação ou desmatamento, clareiras naturais e áreas agrícolas abandonadas na região Amazônica no Brasil (ALBUQUERQUE, 1980). Além disso, Massoca et. al (2012), relatou que, possíveis efeitos alelopáticos dessa espécie podem ser um fator limitante de desenvolvimento de outras espécies.

No plantio de mudas e na regeneração natural, as 12 famílias com maior índice de valor de importância obtiveram um total de 274,02% e 242,0%, respectivamente, de um total máximo de 300% de IVIF, ratificando a importância ecológica destas para o equilíbrio faunístico e florístico do ecossistema em processo de restauração (Figura 6a e 6b).

Figura 5: Valor de Importância das famílias botânicas nas unidades amostrais instaladas para o monitoramento da restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa, em maio de 2015.



A análise fitossociológica foi realizada a partir das informações levantadas no monitoramento de maio de 2015. No plantio de mudas, as espécies *Byrsonima crassifolia* (L.)

Kunth, *Solanum stipulatum* Vell. e *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy apresentaram os maiores valores para o parâmetro densidade, totalizando cerca de 39,05% dos indivíduos amostrados. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. apresentou o maior valor para o parâmetro dominância (DoR=7,38%), seguido de *Croton matourensis* Aubl com 6,91% e *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W.Grimes 5,90%. As espécies *Inga alba* (Sw.) Willd., *Inga laurina* (Sw.) Willd. e *Genipa americana* L. foram registradas em todas as parcelas amostradas, indicando elevada frequência na área de estudo. De maneira geral, nota-se que as espécies provenientes do processo de sucessão secundária, ou seja, da indução do banco de sementes, apresentaram-se em destaque na análise fitossociológica da estrutura horizontal da área de plantio de mudas (Tabela 6).

Tabela 6: Análise fitossociológica das espécies presentes na área de plantio de mudas em ordem decrescente para o índice de valor de importância (IVI%) e demais parâmetros fitossociológicos: DR% = densidade relativa; FR%= frequência relativa; DoR%= dominância relativa, com medição em maio de 2015 na Mineração Paragominas, Paragominas-Pa.

Espécie	Família Botânica	Grupo Ecológico	DR%	FR%	DoR%	IVI%
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Secundária Inicial	15,85	0,99	0,92	5,92
<i>Solanum stipulatum</i> Vell.	Solanaceae	Pioneira	12,89	0,50	1,09	4,82
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	Pioneira	10,31	0,99	0,88	4,06
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	Secundária Tardia	0,90	1,49	7,38	3,25
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	Secundária Inicial	1,42	2,97	5,07	3,15
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Pioneira	1,29	0,50	6,91	2,90
<i>Mimosa schomburgkii</i> Benth.	Fabaceae	Pioneira	1,03	1,98	5,52	2,84
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	Secundária Inicial	1,03	1,49	5,90	2,81
<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. ex DC.	Fabaceae	Secundária Tardia	5,54	1,49	0,68	2,57
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	Secundária Inicial	1,55	2,97	3,05	2,52
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Clímax	2,58	2,97	1,87	2,47
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	Clímax	1,42	1,98	3,28	2,23
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Fabaceae	Secundária Inicial	1,42	2,48	2,75	2,22
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Pioneira	1,93	2,48	1,79	2,06
<i>Cenostigma tocanthinum</i> Ducke	Fabaceae	Secundária Tardia	1,16	2,48	2,08	1,91
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Solanaceae	Pioneira	1,29	0,50	3,74	1,84
<i>Pseudima frutescens</i> (Aubl.) Radlk.	Sapindaceae	Pioneira	1,42	2,48	1,18	1,69
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Fabaceae	Secundária Inicial	1,42	2,48	1,17	1,69
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	Malvaceae	Secundária Inicial	0,64	1,98	2,31	1,64
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Fabaceae	Pioneira	0,13	0,50	3,98	1,54
<b>Espécies em destaque</b>			<b>65,21</b>	<b>35,64</b>	<b>65,21</b>	<b>35,64</b>
<b>Demais espécies</b>			<b>34,79</b>	<b>64,36</b>	<b>34,79</b>	<b>64,36</b>
<b>Total</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Na área de regeneração natural, *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy e *Cecropia* sp. apresentaram maiores valores para o parâmetro densidade relativa, 21,83% e 12,67%

respectivamente. Um fator que pode ter influenciado na densidade desse indivíduos é a facilidade da dispersão que é realizada por morcegos (Quiropterocoria) e por alguns passaros, no qual é favorecida pela ampla colonização da área (Charles-Dominique 1986).

As espécies *Adenocalymma validum* L.G.Lohmann, *Aegiphila* sp., *Amphiodon effusus* Huber e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth apresentaram maior frequência relativa (7,32%), sendo identificadas em todas as unidades de amostra. *Adenocalymma validum* L.G.Lohmann apresentou o maior valor entre todas as espécies para o parâmetro dominância relativa (21,4%) e, desta maneira, apresentou o maior valor para o índice de importância (9,83%) (Tabela 7).

Tabela 7: Análise fitossociológica das espécies presentes na área de condução da regeneração natural em ordem decrescente para o índice de valor de importância (IVI%) e demais parâmetros fitossociológicos: DR% = densidade relativa; FR%= frequência relativa; DoR%= dominância relativa, com medição em maio de 2015 na Mineração Paragominas, Paragominas-Pa.

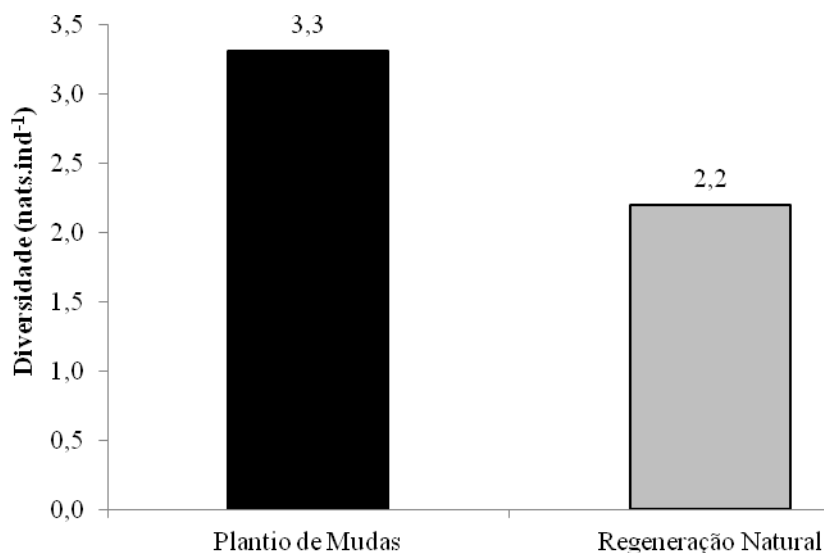
<b>Espécie</b>	<b>Família Botânica</b>	<b>Grupo Ecológico</b>	<b>DR%</b>	<b>FR%</b>	<b>DoR%</b>	<b>IVI%</b>
<i>Adenocalymma validum</i> L.G.Lohmann	Bignoniaceae	Pioneira	0,76	7,32	21,40	9,83
<i>Aegiphila</i> sp.	Lamiaceae	Pioneira	0,76	7,32	16,68	8,25
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	Pioneira	21,83	2,44	0,04	8,10
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Pioneira	12,67	4,88	3,62	7,06
<i>Byrsonima crassa</i> A.Juss.	Malpighiaceae	Secundaria Inicial	2,14	2,44	10,93	5,17
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Urticaceae	Pioneira	1,53	2,44	10,46	4,81
<i>Amphiodon effusus</i> Huber	Fabaceae	Secundaria Tardia	0,76	7,32	5,49	4,52
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Pioneira	5,80	4,88	2,64	4,44
Não Identificada 1	Indeterminada 1	Não Classificada	10,38	2,44	0,24	4,35
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	Pioneira	10,08	2,44	0,12	4,21
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Secundaria Inicial	0,31	7,32	4,52	4,05
<i>Cheiloclinium</i> sp	Celastraceae	Secundaria Inicial	3,82	4,88	0,45	3,05
<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	Pioneira	0,76	2,44	5,90	3,03
Não Identificada 2	Indeterminada 2	Não Classificada	4,58	2,44	1,51	2,84
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Annonaceae	Pioneira	3,05	4,88	0,24	2,73
Não Identificada 3	Indeterminada 3	Não Classificada	3,82	2,44	1,34	2,53
<i>Guatteria</i> Ruiz & Pav.	Annonaceae	Pioneira	1,53	2,44	2,93	2,30
<i>Croton ascendens</i> Secco & N.A.Rosa	Euphorbiaceae	Pioneira	0,76	2,44	3,13	2,11
<i>Manihot</i> sp.	Euphorbiaceae	Pioneira	1,53	2,44	2,20	2,05
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Secundaria Inicial	1,68	2,44	1,98	2,03
<b>Espécies em destaque</b>			<b>88,55</b>	<b>78,05</b>	<b>95,82</b>	<b>87,47</b>
<b>Demais espécies</b>			<b>11,45</b>	<b>21,95</b>	<b>4,18</b>	<b>12,53</b>
<b>Total</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 4.2 Recuperação da estrutura e composição da vegetação

### 4.2.1 Diversidade

A análise realizada segundo o índice de Shannon para a área de plantio registrou valor médio de  $3,3 \text{ nats.ind}^{-1}$  ( $DP_{\pm 0,2}$ ) para todas as unidades amostrais, enquanto que na regeneração natural o valor médio de  $2,2 \text{ nats.ind}^{-1}$  ( $DP_{\pm 0,3}$ ), resultado já esperado em virtude da quantidade de espécies utilizadas na implantação do plantio (147 espécies) (Figura 6), uma vez que a regeneração natural depende da germinação do banco de sementes contidas no solo, assim como a dispersão de sementes provenientes das áreas do entorno.

Figura 6: Valores médios obtidos para o índice de Shannon entre as técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, utilizando-se dados de monitoramento de maio de 2015 e considerando todos os indivíduos presentes nas unidades de amostra nas áreas de restauração florestal da Mineração Bauxita Paragominas, Paragominas-PA.



O resultado obtido para o índice de  $H'$ , ficou abaixo do registrado por Francez et. al (2007), que foi de 4,25 para florestas manejadas no município de Paragominas, porém segundo Knight (1975), o intervalo do índice  $H'$  para floresta Amazônica fica entre 3,83 a 5,85, que caracterizam florestas de alta diversidade. **SERÁ QUE É POSSÍVEL COMPARAR DADOS DE ÁREA DE MINERAÇÃO COM EXPLORAÇÃO MADEIREIRA DE BAIXO IMPACTO? EU ACREDITO QUE NÃO, POIS NA ATIVIDADE MADEIREIRA O BANCO DE SEMENTES PERMANECE NO SOLO. TO FALANDO BESTEIRA? DENIS HELP!**

Segundo Rodrigues e Gandolfi (2000), a recolonização de áreas alteradas podem ter sua diversidade e composição florística diferente da original, podendo afetar as características da estrutura da floresta, dependendo do grau de intervenção.

A partir das médias obtidas, para atribuir a nota do indicador, o plantio de mudas se enquadrado no critério máximo ( $> 3,0 \text{ nats.ind}^{-1}$ ), recebendo nota 3. Para a regeneração natural, a média se enquadrado no critério de satisfação média (entre 2,1 e  $3,0 \text{ nats.ind}^{-1}$ ), recebendo a nota 2.

A comparação das médias através do teste t a 95% de probabilidade, mostrou que há uma diferença altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os métodos avaliados. **EM QUE SENTIDO? MELHOR PARA O PLANTIO? SE SIM, TEM QUE CONSIDERAR AS INTERVENÇÕES APLICADAS AO PLANTIO EM CONTRARIO COM O NADA FEITO NA RN**

#### 4.2.2 Densidade de plantas

O número de indivíduos por hectare foi obtido a partir dos dados do monitoramento de maio de 2015, considerando os indivíduos amostrados com altura  $\geq 50\text{cm}$ . Este critério foi adotado em virtude destes indivíduos serem potenciais formadores do dossel da floresta jovem e por apresentarem menores taxas de mortalidade após a fase inicial do ciclo de vida.

O intervalo de confiança da média para a densidade na área do plantio de mudas foi de  $975 \text{ ind.ha}^{-1}$  ( $DP_{\pm 447,6}$ ), valor inferior ao encontrado na regeneração natural que foi de  $8.400 \text{ ind.ha}^{-1}$  ( $DP_{\pm 2.540,2}$ ). A comparação das médias através do teste t ( $\alpha = 0,05$ ) mostrou uma diferença significativa entre os métodos avaliados ( $p < 0,05$ ). Sendo assim existe diferença significativa entre o número de indivíduos por hectares, quando compara-se as áreas onde foram empregadas as técnicas de plantio de mudas e regeneração natural. **ISSO OS DADOS JÁ MOSTRAM, PRECISAMOS APRESENTAR DADOS DE OUTROS TRABALHOS...**

O surgimento de espécies em determinada área após seu abandono, depende essencialmente do banco de sementes disponível e esta diretamente relacionada as condições da área do entorno para proporcionar a dispersão de sementes, levando em consideração a fenologia das espécies e a presença de dispersores transitando entre essas áreas (MASSOCA et. al 2012). Dessa forma, a medida em que as áreas desmatadas se distanciam dos fragmentos florestais e das florestas primárias, a densidade de indivíduos e a diversidade de espécies das áreas em recuperação tendem a diminuir, evidenciando que o recrutamento de espécies é limitado pela dispersão de sementes. **(CITAR A FONTE E ANO). DENIS NÃO ME LEMBRO!!!! ME AJUDA, ACHO QUE TA NO SEU COMPUTADOR.**

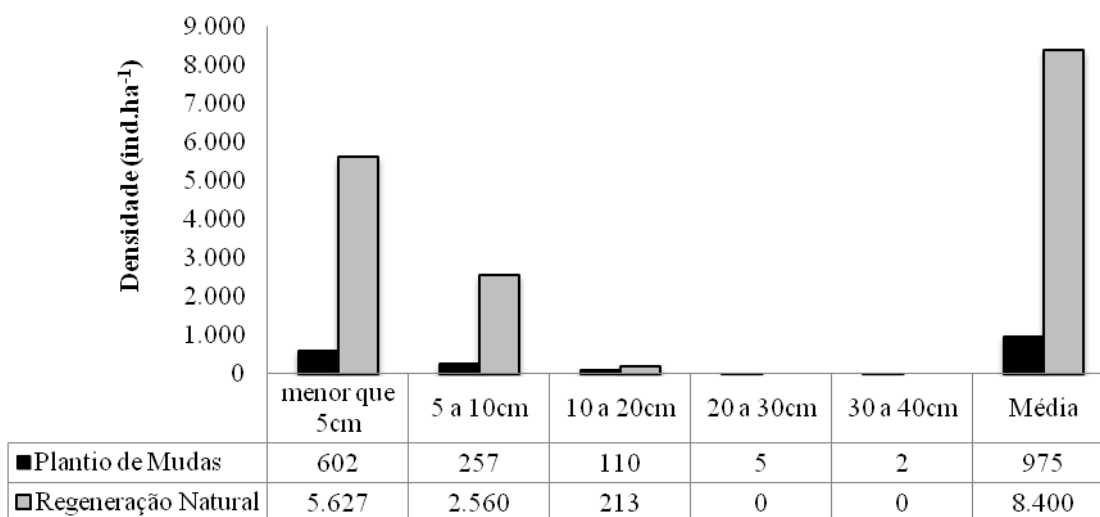
A partir da distribuição do número de indivíduos por hectare nas classes de diâmetro observa-se que na classe  $< 5\text{cm}$ , a média foi de  $5.627 \text{ ind.ha}^{-1}$  para a regeneração natural e para o plantio foi de  $602 \text{ ind.ha}^{-1}$ . Este comportamento demonstra que o processo de

germinação do banco de sementes do solo é mais intenso na área regeneração natural do que na área de plantio, onde os indivíduos regenerantes estão distribuídos de maneira irregular na área, concentrando-se em núcleos (reboleiras de regeneração) e com menor densidade de indivíduos (Figura 5).

Nas classes de diâmetro acima de 5cm a média para a área de regeneração natural foi de 2.773 ind.ha<sup>-1</sup> e para o plantio foi de 373 ind.ha<sup>-1</sup>. Porém, na área de plantio de mudas foram contabilizados indivíduos nas classes de diâmetro acima de 20cm dentre *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. peregrina, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. e *Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth., indicando que estes indivíduos destas espécies estão atingindo um grau de maturidade no processo de sucessão florestal e que a trajetória de restauração ecológica na área de plantio está seguindo na direção correta (Figura 8).

Os resultados demonstram que o plantio de mudas ficou abaixo do limite mínimo para o indicador densidade de plantas (menor que 1.500 ind.ha<sup>-1</sup>), recebendo nota 0, enquanto que a regeneração natural recebeu nota 3 por apresentar resultado acima do limite máximo estabelecido (maior que 3.000 ind.ha<sup>-1</sup>).

Figura 7: Distribuição diamétrica do número de indivíduos por hectare nas técnicas plantio de mudas e regeneração natural, utilizando dados de monitoramento de maio de 2015 e, considerando os indivíduos com altura total maior ou igual a 50cm nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



#### 4.2.3 Área basal

A área basal por hectare foi estimada com base nos dados do monitoramento de maio de 2015, englobando todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5cm.

A média para este indicador na regeneração natural foi de 13,6 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (DP<sub>±</sub> 9,81), valor médio acima do encontrado para o plantio de mudas de 2,9 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (DP<sub>±</sub> 0,7) (Figura 9).

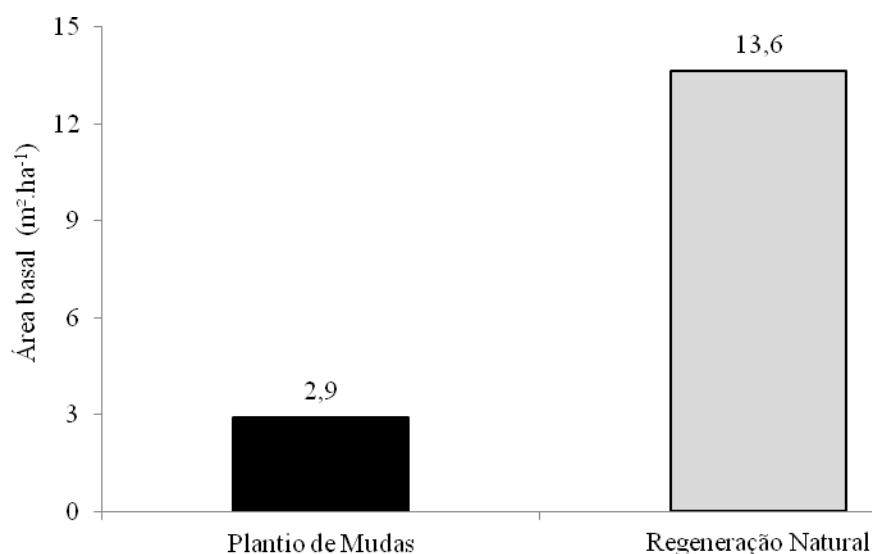
A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou uma diferença significativa entre os métodos avaliados ( $p<0,05$ ).

A área basal é um dos parâmetros utilizado para verificar distúrbios ou alterações no ambiente florestal, visto que, avalia a estrutura florestal, que tende a atingir com maior rapidez a estabilidade quando comparadas as medidas de composição de espécies (Letcher & Chazdon, 2009).

Nos processos de sucessão secundária são esperados valores de área basal elevados na fase intermediária, devido à elevada densidade e incremento em diâmetro (GOMIDE, 1997; CHAZDON, 2012).

Com este resultado, o plantio ficou abaixo do critério mínimo estabelecido para este indicador ( $< 7,0 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) recebendo nota “0”, enquanto que na regeneração natural, a média se estabeleceu acima do critério máximo ( $> 12,0 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ), recebendo a nota 3 para este indicador.

Figura 8: Comparação da média para a área basal por hectare nas técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, utilizando-se dados de monitoramento de maio de 2015 e, considerando todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5cm nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



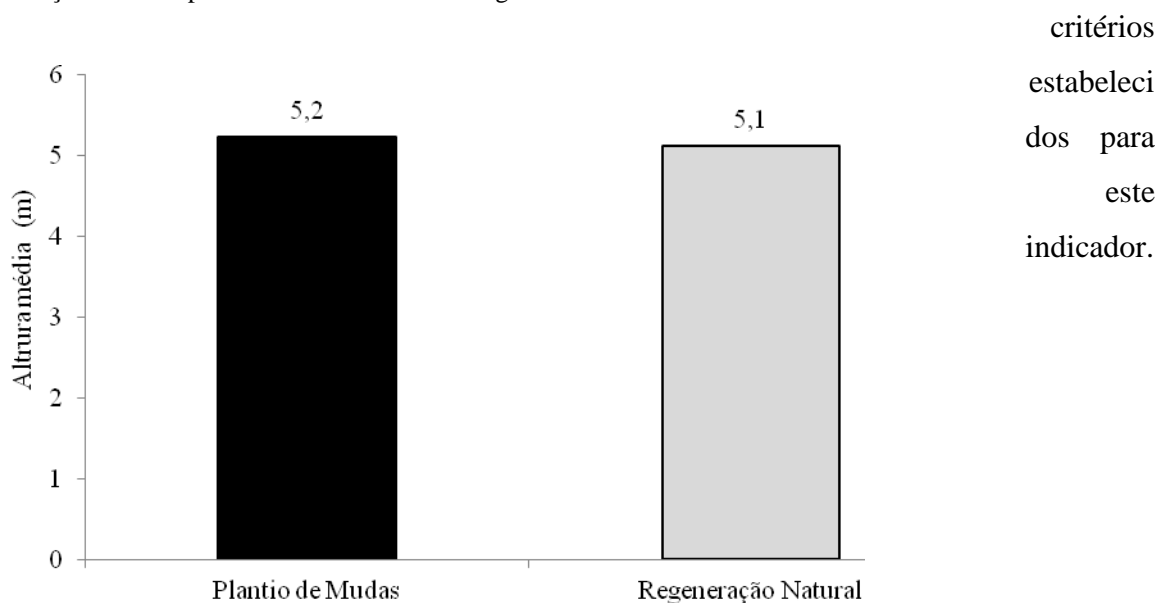
#### 4.2.4 Altura média

Para o cálculo da altura média foram contabilizados somente os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5,0 cm, mensurados na campanha de maio de 2015.

A altura média calculada para o plantio de mudas foi de 5,2 metros (DP=0,5), enquanto que na regeneração natural a média obtida foi de 5,1 metros (DP=0,42) (Figura 7). A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou que não existe diferença significativa entre os métodos avaliados ( $p>0,05$ ).

No plantio de mudas 76,4% dos indivíduos amostrados tem altura menor ou igual a 5,0 m e 83% dos indivíduos na regeneração natural estão na mesma classe de altura (**QUAL CLASSE?**). Tendo em vista que as médias de alturas nas duas técnicas avaliadas apresentaram-se abaixo de 6,0 metros, ambas receberam a nota mínima (0), seguindo os

Figura 9: Valores de altura média nas técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, utilizando-se dados de monitoramento de maio de 2015 e considerando todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5cm nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



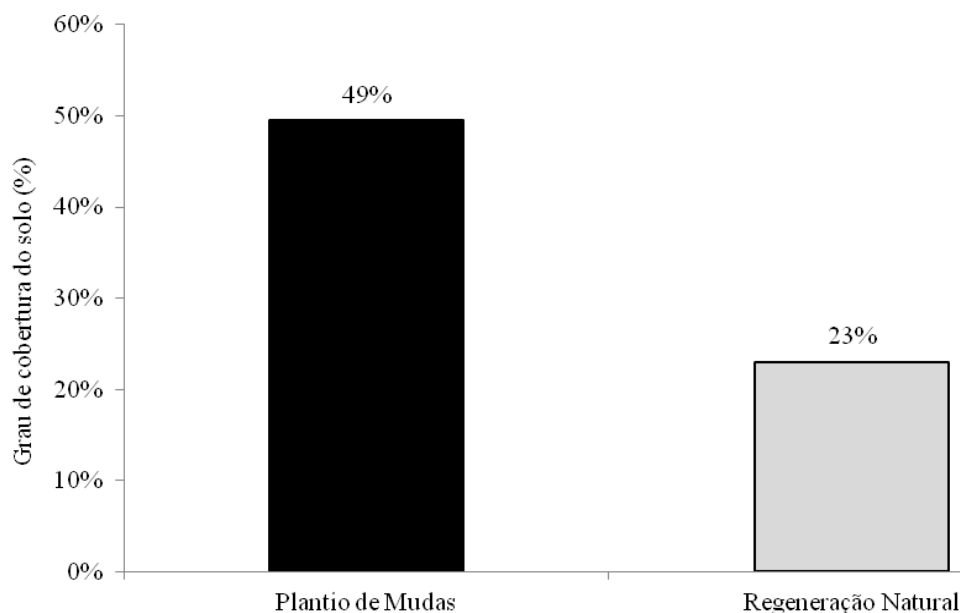
#### 4.2.5 Grau de Cobertura

O grau de cobertura foi avaliado a partir da medição das copas dos indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5,0 cm, mensurados na campanha de maio de 2015.



O grau de cobertura na área de plantio registrou valores médios de 49,5% (DP $\pm$ 17,6), superior a média de cobertura de copa encontrada na regeneração natural, que foi de 23% (DP $\pm$ 9,1) (Figura 10). A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou que não existe diferença significativa quanto a cobertura do solo entre os métodos avaliados ( $p>0,05$ ).

Figura 10: Valores médios para o grau de cobertura nas técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, utilizando-se dados de monitoramento de maio de 2015 e considerando todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5cm nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



A cobertura das copas na floresta é um fator determinante do microclima, influenciando o crescimento e permanência das plântulas, a mato-competição pela diminuição da luminosidade incidente no solo é fator determinante da composição florística, afetando processos de oxidação da matéria orgânica e controlando processos erosivos (MELO et al, 2007).

O método de medição da projeção de copa foi utilizado para o levantamento do indicador, porém não se mostrou um método prático, demandando muito tempo, além de impreciso devido à variação do formato das copas, ou seja, as copas não formam uma elipse perfeita. Essa observação também foi relatada por Melo (2007), que atestou que o método de interseção de linhas é o método mais adequado para avaliação em reflorestamentos de restauração, uma vez que a diferença estatística entre os métodos se dá em função de erro na mensuração das medidas transversais e longitudinais da copa no campo.

Para Azevedo (2011), que utilizou o cálculo e projeção de copa e fotografias hemisféricas também concluiu que o segundo método apresentou alta correlação com as idades de plantios e com o que foi observado em campo, sendo indicado como método mais

adequado para estudo de área de copa em reflorestamentos mistos e sua evolução ao longo do tempo.

Apesar dos resultados do levantamento demonstrar que o plantio de mudas apresenta melhores resultados, visualmente observou-se o contrário, corroborando o que Melo (2007) e Azevedo (2011) relataram como método impreciso e sujeito a muitos erros quando utilizado poucas medições. Dessa maneira, sugere-se que para utilizar este método há a necessidade de realização de mais mensurações ou utilizar outra metodologia.

Para a nota do indicador, o grau de cobertura das duas técnicas se enquadram no critério de sombreamento entre 50 e 80%, recebendo em ambos, a nota dois.

#### 4.2.6 Serrapilheira

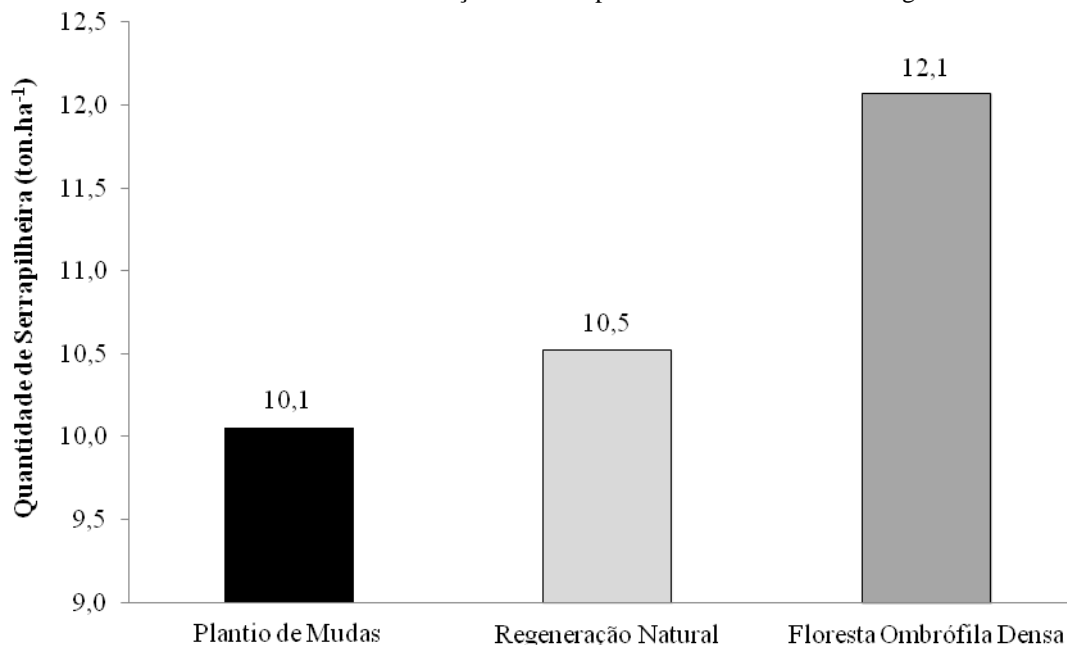
A quantidade total de serrapilheira no plantio de mudas foi de  $10,1 \text{ ton.ha}^{-1}$  ( $DP_{\pm 2,28}$ ), valor próximo ao encontrado para a área de regeneração natural de  $10,5 \text{ ton.ha}^{-1}$  ( $DP_{\pm 1,13}$ ), ambos são inferiores a quantidade encontrada para a Floresta Ombrófila Densa do entorno que foi de  $12,1 \text{ ton.ha}^{-1}$  ( $DP_{\pm 2,42}$ ) (Figura 11). A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou que não existe diferença significativa quanto quantidade de serrapilheira presente nas três áreas avaliadas ( $p>0,05$ ). Dessa forma, pode-se dizer que o processo de recuperação está na trajetória correta com relação a esse indicador, uma vez que o objetivo é conseguir que o quantitativo de serrapilheira seja igual ao das áreas do entorno. Como a coleta foi realizada no mês de maio, época de baixa pluviosidade, esse quantitativo tende a aumentar na época de chuvas na área de estudo.

A importância de se determinar a quantidade de serrapilheira é verificar o equilíbrio na floresta em virtude do retorno dos nutrientes às plantas pela decomposição da serrapilheira.

Segundo Caldeira (2013), a quantidade de serrapilheira acumulada no solo depende da espécie, cobertura florestal, estágio sucessional, idade, tipo de floresta e local, além do clima, precipitação, temperatura, relevo e, luminosidade.

A quantidade de serrapilheira nos dois ambientes estudados ficou acima de 9,4 ton.ha<sup>-1</sup> e, deste modo, receberam nota 3.

Figura 11: Valores médios da quantidade de serrapilheira contida no solo durante o monitoramento de maio de 2015 nas técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, comparadas com a quantidade encontrada em uma floresta nativa do entorno nas áreas de restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



#### 4.2.7 Análise Qualitativa

Na análise visual, foram considerados os indicadores: presença de erosão no solo e regeneração natural. A verificação destes indicadores em campo foi realizada considerando presença e ausência destes nas unidades de amostra.

No plantio de mudas, a presença de erosão no solo foi constatada em uma das parcelas avaliadas (Figura 11), enquanto que na regeneração natural não foi verificada a presença de erosão (Figura 11). Desta maneira, a técnica de plantio de mudas recebeu a nota mínima (zero), enquanto que a regeneração natural recebeu a nota máxima (três).

Uma das possíveis causas da presença de erosão pode ser explicada pela maneira que é realizada a reconformação do terreno, que não é realizado em curvas de nível, uma vez que o terreno não é plano, havendo um maior carreamento de sedimento para as áreas mais baixas. Além disso, foi realizada uma capina manual dois anos após a implantação do plantio, onde foram retiradas todos os indivíduos regenerantes, além. Outro fator que pode ter favorecido o rápido recobrimento do solo é o espeçamento utilizado. Salomão (2014) relata que plantios de

alta densidade e a indução da regeneração natural são as práticas mais recomendadas para recuperação de fragmentos degradados.

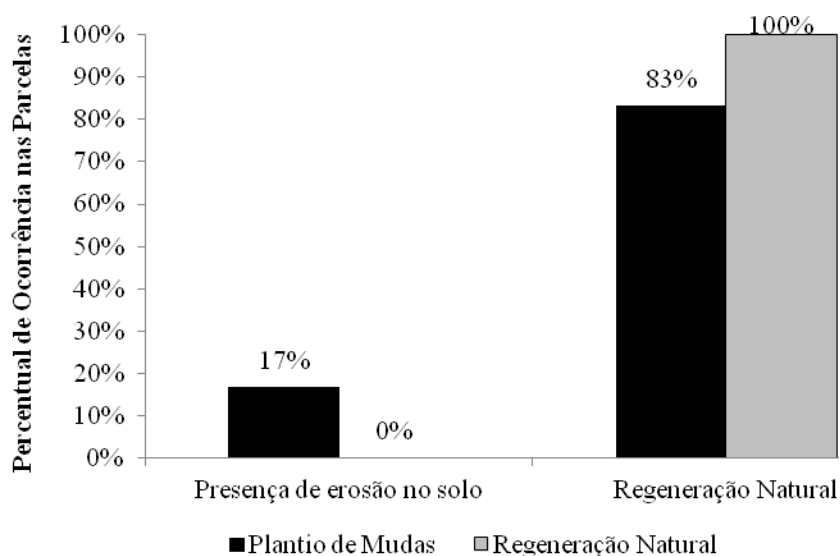
Nas áreas de regeneração natural, observa-se um maior recobrimento do solo, evitando o carreamento e lixiviação.

Figura 12: Presença de erosão evidenciada na unidade de amostra 01 no plantio de mudas durante o monitoramento realizado em maio de 2015 nas áreas em processo de recuperação pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



A regeneração natural foi observada em todas as parcelas da técnica de condução da regeneração natural, o que já era esperado. No plantio de mudas, a regeneração natural somente não foi constatada em uma unidade de amostra (Figura 13). Desta maneira, as duas técnicas avaliadas receberam nota máxima (três) pela presença de indivíduos regenerantes.

Figura 13: Percentual de ocorrência nas unidades de amostras para o indicador presença de erosão no solo e indivíduos da regeneração natural nas áreas de plantio de mudas e regeneração natural durante o monitoramento realizado em maio de 2015 nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



### 4.3 Manutenção da área em recuperação

#### 4.3.1 Mortalidade

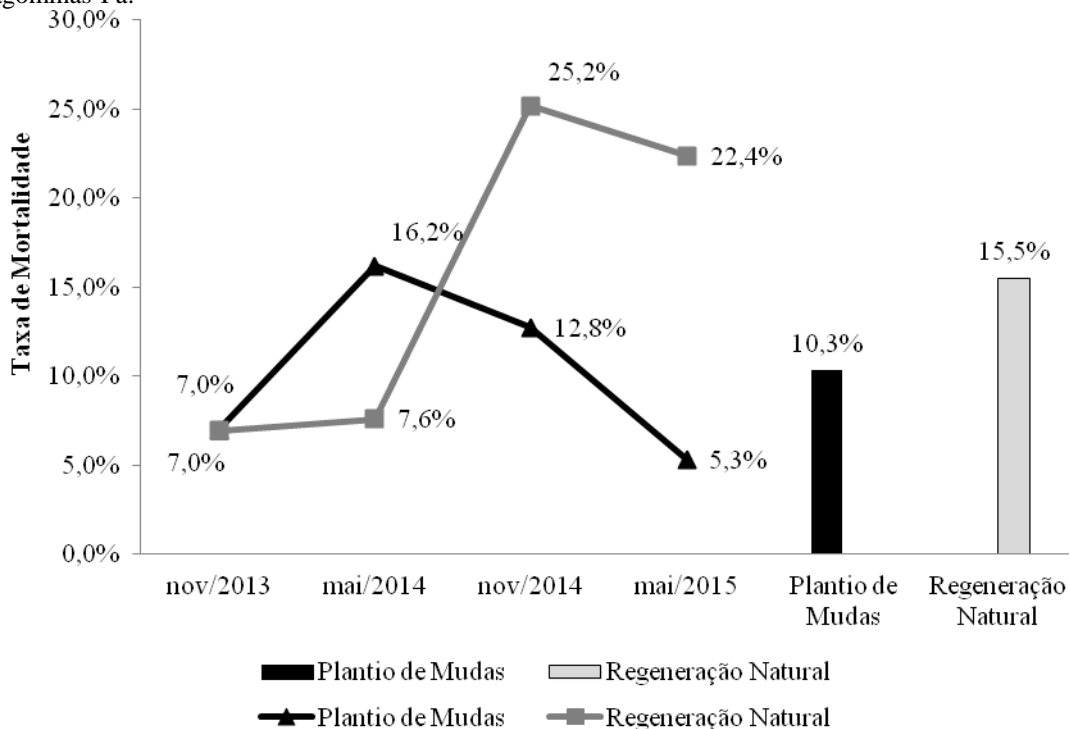
No cálculo da taxa de mortalidade foram considerados os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5,0cm.

No período analisado, a taxa de mortalidade média no plantio de mudas foi de 10,3% ao ano (DP= 4,5). O período com a maior taxa de mortalidade foi em maio de 2014 com 16,2% e a menor taxa de mortalidade foi verificada em maio de 2015 com 5,3% (Figura 12).

Na área onde foi implantada a técnica de condução da regeneração natural, a taxa média de mortalidade foi de 15,5% (DP=7,9). A menor taxa de mortalidade foi verificada no monitoramento realizado em novembro de 2013 com 7,0% e a maior taxa durante o monitoramento de novembro de 2014 com 25,2% (Figura 12).

A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou que não existe diferença significativa quanto quantidade de serrapilheira presente nas três áreas avaliadas avaliados ( $p>0,05$ ). **ISSO AQUI ESTÁ FORA DO CONTEXTO**

Figura 14: Taxa de mortalidade registrada nas técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, considerando todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5cm nas áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



No plantio de mudas, 39 espécies se enquadraram nas classes de aptidão baixa ou muito baixa por apresentarem taxa de mortalidade acima da média, sendo que *Solanum sp.* (43,8%), *Vernonanthura brasiliiana* (L.) H.Rob. (43,3%) e *Inga heterophylla* Willd. (41,7%) foram as espécies que apresentaram os maiores valores (Tabela 8). Um total de 82 espécies se enquadraram nas classes de aptidão alta ou muito alta por apresentarem valores abaixo da média ou inexistência de mortalidade no período avaliado, indicando serem aptas para o processo de restauração florestal (Tabela 8).

Tabela 8: Espécies com maiores valores de taxa de mortalidade em área de restauração florestal pós lavra de bauxita pela técnica de plantio de mudas em Paragominas-Pa.

Espécie	Grupo Ecológico	Taxa de Mortalidade	Classe de Aptidão
<i>Solanum sp.</i>	Pioneira	43,8%	Muito Baixa
<i>Vernonanthura brasiliiana</i> (L.) H.Rob.	Pioneira	43,3%	Muito Baixa
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Secundária Inicial	41,7%	Muito Baixa
<i>Senna sp.</i>	Pioneira	37,5%	Muito Baixa
<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Clímax	37,5%	Muito Baixa
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Pioneira	33,3%	Muito Baixa
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Clímax	31,7%	Muito Baixa
<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Secundária Inicial	27,9%	Muito Baixa
<i>Ficus sp.</i>	Pioneira	26,7%	Muito Baixa
<i>Alchornea sp.</i>	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Amburana sp.</i>	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Bauhinia macrophylla</i> Poir.	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Bixa orellana</i> L.	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.	Não Classificada	25,0%	Muito Baixa
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Secundária Tardia	25,0%	Muito Baixa
<i>Inga sp.</i>	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Mangifera indica</i> L.	Clímax	25,0%	Muito Baixa
<i>Pagamea sp.</i>	Não Classificada	25,0%	Muito Baixa
<i>Pseudopiptadenia sp.</i>	Secundária Tardia	25,0%	Muito Baixa
<i>Solanum stipulatum</i> Vell.	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	Secundária Tardia	25,0%	Muito Baixa

<b>Espécie</b>	<b>Grupo Ecológico</b>	<b>Taxa de Mortalidade</b>	<b>Classe de Aptidão</b>
<i>Theobroma sylvestre</i> Mart.	Secundária Inicial	25,0%	Muito Baixa
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Vitex compressa</i> Turcz.	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Vitex</i> sp.	Pioneira	25,0%	Muito Baixa
<i>Citharexylum macrophyllum</i> Poir.	Pioneira	22,6%	Muito Baixa
<i>Tabebuia</i> sp.	Secundária Tardia	16,1%	Muito Baixa
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	Pioneira	14,6%	Baixa
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	Pioneira	12,5%	Baixa
<i>Aspidosperma</i> sp.	Secundária Tardia	12,5%	Baixa
<i>Bauhinia acreana</i> Harms	Secundária Inicial	12,5%	Baixa
<i>Cassia</i> sp.	Secundária Inicial	12,5%	Baixa
<i>Copaifera</i> sp.	Secundária Tardia	12,5%	Baixa
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Clímax	12,5%	Baixa
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Clímax	12,5%	Baixa
<i>Lophanthera lactescens</i> Ducke	Secundária Tardia	12,5%	Baixa
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Secundária Tardia	8,4%	Alta
<i>Inga edulis</i> Mart.	Secundária Inicial	8,3%	Alta
<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	Secundária Tardia	6,7%	Alta
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Pioneira	6,3%	Alta
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Secundária Tardia	6,3%	Alta
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Secundária Tardia	6,3%	Alta
<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	Secundária Inicial	6,3%	Alta
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Secundária Inicial	6,3%	Alta
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Pioneira	6,3%	Alta
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	Secundária Inicial	5,0%	Muito Alta
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Secundária Inicial	4,4%	Muito Alta
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Pioneira	4,2%	Muito Alta
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Secundária Inicial	3,1%	Muito Alta
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Secundária Inicial	3,1%	Muito Alta
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Clímax	2,5%	Muito Alta
<i>Albizia duckeana</i> L.Rico	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. var. <i>peregrina</i>	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Andira</i> sp.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Astronium</i> sp.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Banara arguta</i> Briq.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Bauhinia platypetala</i> Burch. ex Benth.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta

Espécie	Grupo Ecológico	Taxa de Mortalidade	Classe de Aptidão
<i>Byrsonima crisper</i> A.Juss.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Byrsonima sp.</i>	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Caesalpinia sp.</i>	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Chrysophyllum sp.</i>	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Chrysophyllum sparsiflorum</i> Klotzsch ex Miq.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Clitoria arborea</i> Benth.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Ecclinusa sp.</i>	Clímax	0,0%	Muito Alta
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Eriotheca longipedicellata</i> (Ducke) A.Robyns	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Eschweilera sp.</i>	Clímax	0,0%	Muito Alta
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Genipa americana</i> L.	Clímax	0,0%	Muito Alta
<i>Handroanthus incanus</i> (A.H.Gentry) S.Grose	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Heisteria sp.</i>	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Homalium sp.</i>	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Inga capitata</i> Desv.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Macrolobium sp.</i>	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Mimosa schomburgkii</i> Benth.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Myrcia sp.</i>	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Parkia ulei</i> (Harms) Kuhlmann	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Peltogyne venosa</i> (Vahl) Benth.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Protium sp.</i>	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Pseudima frutescens</i> (Aubl.) Radlk.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. ex DC.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Senegalia multipinnata</i> (Ducke) Seigler & Ebinger	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Senegalia sp.</i>	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Pioneira	0,0%	Muito Alta



Espécie	Grupo Ecológico	Taxa de Mortalidade	Classe de Aptidão
<i>Spondias mombin</i> L.	Secundária Tardia	0,0%	Muito Alta
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Theobroma</i> sp.	Secundária Inicial	0,0%	Muito Alta
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Vitex orinocensis</i> Kunth	Pioneira	0,0%	Muito Alta
<i>Vitex triflora</i> Vahl	Pioneira	0,0%	Muito Alta

Na área regeneração natural um total de 8 espécies se enquadraram nas classes de aptidão baixa ou muito baixa por apresentarem taxa de mortalidade acima da média, tendo *Solanum* sp. (42,4%), *Trema micrantha* (L.) Blume (33,3%) e *Croton ascendens* Secco & N.A.Rosa (25,0%) como as que apresentaram os maiores valores (Tabela 9). Um total de 20 espécies apresentaram alta aptidão, por apresentarem taxa de mortalidade abaixo da média ou inexistência de mortalidade (Tabela 9).

Tabela 9: Espécies com maiores valores de taxa de mortalidade em áreas de restauração florestal pós lavra de bauxita pela técnica de condução da regeneração natural em Paragominas-Pa.

Espécie	Grupo Ecológico	Taxa de Mortalidade	Classe de Aptidão
<i>Solanum</i> sp.	Pioneira	42,4%	Muito Baixa
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Pioneira	33,3%	Baixa
<i>Croton ascendens</i> Secco & N.A.Rosa	Pioneira	25,0%	Baixa
<i>Croton cuneatus</i> Klotzsch	Pioneira	25,0%	Baixa
<i>Guatteria</i> Ruiz & Pav.	Pioneira	25,0%	Baixa
<i>Inga</i> sp.	Secundaria Inicial	25,0%	Baixa
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Pioneira	20,6%	Baixa
<i>Não Identificada 1</i>	Não Classificada	18,9%	Baixa
<i>Não Identificada 4</i>	Não Classificada	8,3%	Alta
<i>Cecropia</i> sp.	Pioneira	5,7%	Alta
<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.	Secundaria Inicial	5,0%	Alta
<i>Adenocalymma validum</i> L.G.Lohmann	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Aegiphila</i> sp.	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Amphiodon effusus</i> Huber	Secundaria Tardia	0,0%	Alta
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Secundaria Inicial	0,0%	Alta
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Cheiloclinium</i> sp.	Secundaria Inicial	0,0%	Alta
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Secundaria Tardia	0,0%	Alta
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Secundaria Tardia	0,0%	Alta
<i>Lophanthera lactescens</i> Ducke	Secundaria Tardia	0,0%	Alta
<i>Manihot</i> sp.	Pioneira	0,0%	Alta

<i>Não Identificada 2</i>	Não Classificada	0,0%	Alta
<i>Não Identificada 3</i>	Não Classificada	0,0%	Alta
<i>Senegalia multipinnata</i> (Ducke) Seigler & Ebinger	Secundaria Inicial	0,0%	Alta
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira	0,0%	Alta
<i>Zanthoxylum pentandrum</i> (Aubl.) R.A.Howard	Pioneira	0,0%	Alta

A taxa de mortalidade analisada nas parcelas do plantio de mudas (10,3%) e a encontrada na regeneração natural (15,5%) estão acima do limite máximo estabelecido para o indicador, recebendo ambas a pontuação “0”.

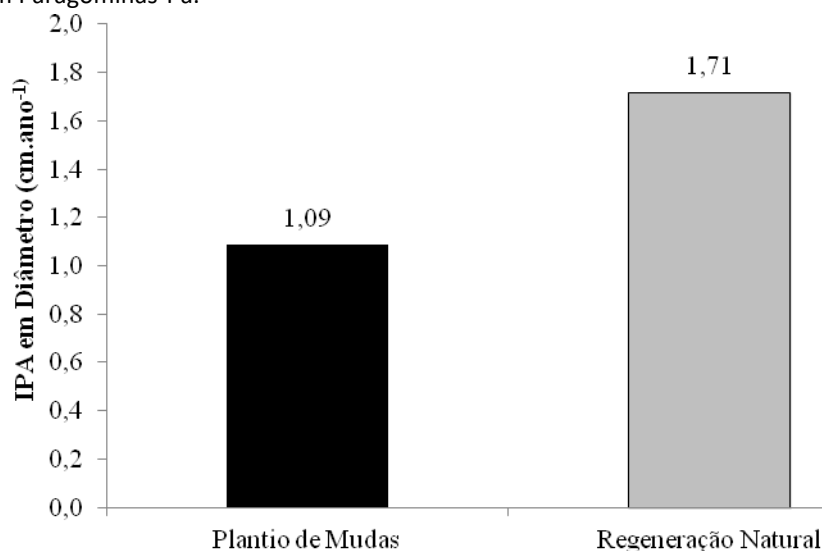
#### 4.3.2 Incremento periódico anual em diâmetro

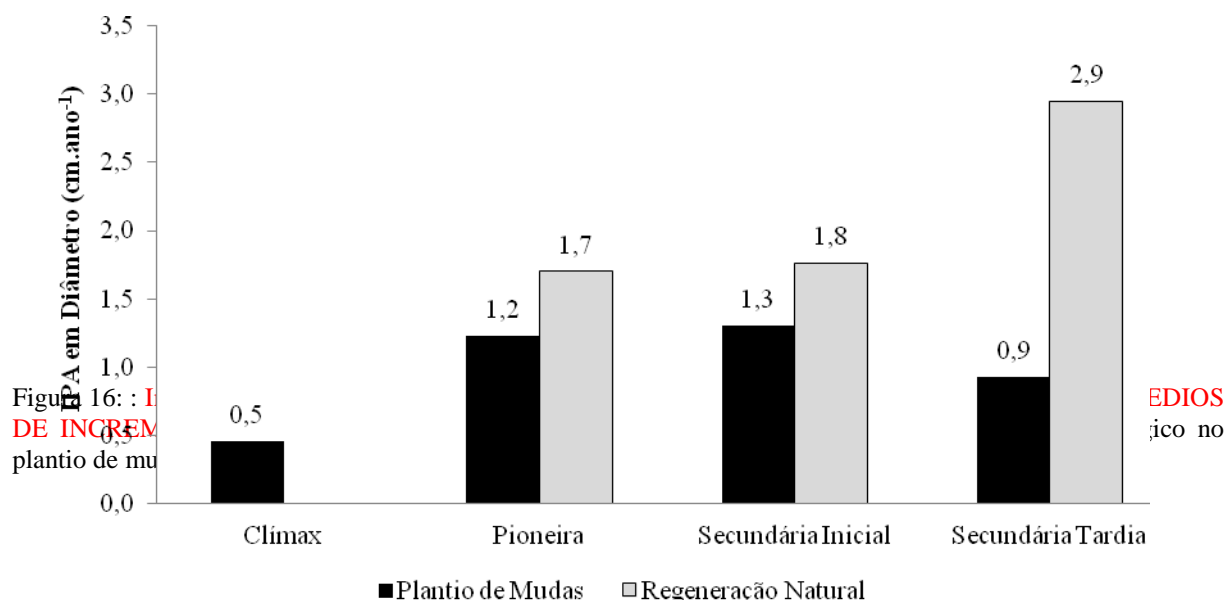
Na análise do incremento periódico anual (IPA) em diâmetro foram considerados todos os indivíduos presentes nas unidades de amostra que permaneceram vivos durante todas as campanhas de monitoramento, fornecendo cinco medições de diâmetro. **(SE FORAM 5 MEDIÇÕES NÃO É INCREMENTO ANUAL É PERIÓDICO, OU VOCE CALCULOU POR ANO? MAS NÃO APARECE ASSIM NAS FIGURAS).**

O incremento periódico anual do crescimento em diâmetro na área de plantio de mudas foi de 1,09 cm.ano<sup>-1</sup> (DP=0,28) enquanto que na regeneração natural o incremento foi de 1,71 cm.ano<sup>-1</sup> (DP=0,48) (Figura 13). A comparação das médias através do teste t ( $\alpha=0,05$ ) mostrou que existe diferença significativa entre os métodos avaliados ( $p<0,05$ ).

**AQUI VOCE DEVA INCLUIR UM PARAGRAFO SOBRE OS TRATOS SILVICULTURAIS (ADUBAÇÃO, CONTROLE DE FORMIGAS ETC.) ADOTADOS NO PLANTIO QUE NÃO SÃO PRIVILEGIO DA RN**

Figura 15: Valores de incremento periódico anual em diâmetro nas técnicas plantio de mudas e regeneração natural, considerando os indivíduos com cinco medições de diâmetro em áreas de restauração florestal pós lava de bauxita em Paragominas-Pa.





Considerando os grupos ecológicos, o incremento em diâmetro foi maior na área de regeneração natural do que no plantio de mudas em quase todos os grupos analisados (Figura 14). Os grupos das pioneiras e das secundárias iniciais apresentaram elevadas taxas de incremento nas duas técnicas analisadas. A maior taxa de incremento foi calculada para o grupo das secundárias tardias na regeneração natural. As espécies clímax foram identificadas somente no plantio de mudas.

Na área de plantio de mudas um total de 32 espécies se enquadraram nas classes de aptidão alta ou muito alta por apresentarem crescimento em diâmetro acima da média, sendo que *Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth. (11,7 cm.ano<sup>-1</sup>), *Inga edulis* Mart. (3,7 cm.ano<sup>-1</sup>), *Inga capitata* Desv. e *Croton matourensis* Aubl. (3,4 cm.ano<sup>-1</sup>) apresentaram os maiores valores de incremento. Um total de 66 espécies apresentaram baixa ou muito baixa aptidão, por apresentarem incremento em diâmetro abaixo da média (Tabela 10).

Tabela 10: Valores médios de incremento periódico anual (VEJA ISSO AQUI) em diâmetro por espécie em uma área de restauração florestal pós lavra de bauxita pela técnica de plantio de mudas em Paragominas-Pa.

Espécies	Grupo Ecológico	IPA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	Classe de Aptidão
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Pioneira	11,7	Muito Alta

Espécies	Grupo Ecológico	IPA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	Classe de Aptidão
<i>Inga edulis</i> Mart.	Secundária Inicial	3,7	Muito Alta
<i>Inga capitata</i> Desv.	Secundária Inicial	3,4	Muito Alta
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Pioneira	3,4	Muito Alta
<i>Caesalpinia</i> sp.	Secundária Tardia	2,9	Muito Alta
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Pioneira	2,7	Muito Alta
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Secundária Inicial	2,7	Muito Alta
<i>Mimosa schomburgkii</i> Benth.	Pioneira	2,3	Muito Alta
<i>Senegalia</i> sp.	Secundária Inicial	2,2	Muito Alta
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Secundária Inicial	2,2	Muito Alta
<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	Secundária Inicial	2,1	Muito Alta
<i>Handroanthus incanus</i> (A.H.Gentry) S.Grose	Secundária Tardia	2,0	Muito Alta
<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	Secundária Inicial	2,0	Muito Alta
<i>Cassia</i> sp.	Secundária Inicial	2,0	Muito Alta
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	Secundária Inicial	1,9	Muito Alta
<i>Eriotheca longipedicellata</i> (Ducke) A.Robyns	Secundária Inicial	1,9	Muito Alta
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Secundária Tardia	1,7	Muito Alta
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Secundária Inicial	1,6	Muito Alta
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Secundária Inicial	1,6	Muito Alta
<i>Byrsonima</i> sp.	Secundária Inicial	1,5	Muito Alta
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. var. peregrina	Secundária Tardia	1,5	Muito Alta
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	Pioneira	1,5	Muito Alta
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Pioneira	1,5	Muito Alta
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Secundária Tardia	1,4	Alta
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	Pioneira	1,3	Alta
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Secundária Tardia	1,3	Alta
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Secundária Inicial	1,3	Alta
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Secundária Inicial	1,3	Alta
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Clímax	1,2	Alta
<i>Tabebuia</i> sp.	Secundária Tardia	1,2	Alta
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Secundária Tardia	1,2	Alta
<i>Ficus</i> sp.	Pioneira	1,1	Alta
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Secundária Tardia	1,0	Baixa
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Secundária Inicial	1,0	Baixa
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Secundária Inicial	1,0	Baixa
<i>Pseudima frutescens</i> (Aubl.) Radlk.	Pioneira	1,0	Baixa
<i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC.	Secundária Inicial	1,0	Baixa
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	Secundária Inicial	1,0	Baixa
<i>Eschweilera</i> sp.	Clímax	1,0	Baixa
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Secundária Tardia	1,0	Baixa
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Clímax	1,0	Baixa
<i>Albizia duckeana</i> L.Rico	Secundária Tardia	1,0	Baixa
<i>Ecclinusa</i> sp.	Clímax	1,0	Baixa
<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	Pioneira	1,0	Baixa
<i>Astronium</i> sp.	Secundária Tardia	0,9	Baixa

Espécies	Grupo Ecológico	IPA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	Classe de Aptidão
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Secundária Tardia	0,9	Baixa
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	Secundária Inicial	0,9	Baixa
<i>Bauhinia acreana</i> Harms	Secundária Inicial	0,9	Baixa
<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	Secundária Tardia	0,9	Baixa
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Secundária Tardia	0,8	Baixa
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Secundária Inicial	0,8	Baixa
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Secundária Tardia	0,8	Baixa
<i>Homalium</i> sp.	Pioneira	0,8	Baixa
<i>Vitex orinocensis</i> Kunth	Pioneira	0,8	Muito Baixa
<i>Aspidosperma</i> sp.	Secundária Tardia	0,8	Muito Baixa
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Secundária Inicial	0,7	Muito Baixa
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Secundária Inicial	0,7	Muito Baixa
<i>Andira</i> sp.	Secundária Inicial	0,7	Muito Baixa
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Clímax	0,7	Muito Baixa
<i>Chrysophyllum</i> sp.	Pioneira	0,7	Muito Baixa
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira	0,7	Muito Baixa
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Pioneira	0,7	Muito Baixa
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	Secundária Inicial	0,7	Muito Baixa
<i>Peltogyne venosa</i> (Vahl) Benth.	Secundária Tardia	0,7	Muito Baixa
<i>Theobroma</i> sp.	Secundária Inicial	0,6	Muito Baixa
<i>Banara arguta</i> Briq.	Pioneira	0,6	Muito Baixa
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Secundária Inicial	0,6	Muito Baixa
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Secundária Tardia	0,6	Muito Baixa
<i>Parkia ulei</i> (Harms) Kuhlm.	Secundária Tardia	0,6	Muito Baixa
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm	Pioneira	0,6	Muito Baixa
<i>Heisteria</i> sp.	Pioneira	0,6	Muito Baixa
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Pioneira	0,6	Muito Baixa
<i>Spondias mombin</i> L.	Secundária Tardia	0,5	Muito Baixa
<i>Protium</i> sp.	Secundária Tardia	0,5	Muito Baixa
<i>Citharexylum macrophyllum</i> Poir.	Pioneira	0,5	Muito Baixa
<i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. ex DC.	Secundária Tardia	0,5	Muito Baixa
<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Secundária Inicial	0,5	Muito Baixa
<i>Lophanthera lactescens</i> Ducke	Secundária Tardia	0,5	Muito Baixa
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	Secundária Inicial	0,5	Muito Baixa
<i>Bixa orellana</i> L.	Pioneira	0,5	Muito Baixa
<i>Vitex triflora</i> Vahl	Pioneira	0,5	Muito Baixa
<i>Chrysophyllum sparsiflorum</i> Klotzsch ex Miq.	Pioneira	0,5	Muito Baixa
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	Pioneira	0,4	Muito Baixa
<i>Macrobium</i> sp.	Secundária Inicial	0,4	Muito Baixa
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Clímax	0,4	Muito Baixa
<i>Copaifera</i> sp.	Secundária Tardia	0,4	Muito Baixa
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Secundária Tardia	0,4	Muito Baixa
<i>Clitoria arborea</i> Benth.	Secundária Inicial	0,4	Muito Baixa
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Secundária Tardia	0,3	Muito Baixa
<i>Genipa americana</i> L.	Clímax	0,3	Muito Baixa
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Secundária Tardia	0,3	Muito Baixa

Espécies	Grupo Ecológico	IPA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	Classe de Aptidão
<i>Não Identificada</i>	Não Classificada	0,3	Muito Baixa
<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Clímax	0,2	Muito Baixa
<i>Myrcia</i> sp.	Pioneira	0,2	Muito Baixa
<i>Bauhinia platyptala</i> Burch. ex Benth.	Secundária Inicial	0,2	Muito Baixa
<i>Senegalia multipinnata</i> (Ducke) Seigler & Ebinger	Secundária Inicial	0,2	Muito Baixa
<i>Bauhinia macrophylla</i> Poir.	Secundária Inicial	0,1	Muito Baixa
<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.	Secundária Inicial	0,1	Muito Baixa

Na regeneração natural, 10 espécies se enquadraram nas classes de aptidão alta ou muito alta por apresentarem crescimento em diâmetro acima da média, sendo que *Guatteria poeppigiana* Mart. (4,1 cm.ano<sup>-1</sup>), *Hymenaea parvifolia* Huber (2,9 cm.ano<sup>-1</sup>), *Senegalia multipinnata* (Ducke) Seigler & Ebinger (4,1 cm.ano<sup>-1</sup>) e *Aegiphila* sp. (2,5 cm.ano<sup>-1</sup>) apresentaram os maiores incrementos. Nas classes de aptidão baixa ou muito baixa um total de 8 espécies apresentaram incremento em diâmetro abaixo da média (Tabela 10).

Tabela 11: Valores médios de incremento periódico anual (VEJA ISSO AQUI) em diâmetro por espécie em área de restauração florestal pós lavra de bauxita pela técnica de condução da regeneração natural em Paragominas-Pa.

Espécies	Grupo Ecológico	IPA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	Classe de Aptidão
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Pioneira	4,1	Muito Alta
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Secundaria Tardia	2,9	Muito Alta
<i>Senegalia multipinnata</i> (Ducke) Seigler & Ebinger	Secundaria Inicial	2,6	Alta
<i>Aegiphila</i> sp.	Pioneira	2,5	Alta
<i>Não Identificada 2</i>	Não Classificada	2,5	Alta
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Secundaria Inicial	2,3	Alta
<i>Cecropia</i> sp.	Pioneira	2,3	Alta
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira	2,1	Alta
<i>Não Identificada 4</i>	Não Classificada	2,0	Alta
<i>Guatteria</i> Ruiz & Pav.	Pioneira	1,8	Alta
<i>Solanum</i> sp.	Pioneira	1,7	Baixa
<i>Não Identificada 1</i>	Não Classificada	1,7	Baixa
<i>Não Identificada 3</i>	Não Classificada	1,6	Baixa
<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.	Secundaria Inicial	1,3	Baixa
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Pioneira	1,0	Baixa
<i>Inga</i> sp.	Secundaria Inicial	0,7	Baixa
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Pioneira	0,5	Baixa
<i>Zanthoxylum pentandrum</i> (Aubl.) R.A.Howard	Pioneira	0,4	Muito Baixa

O incremento periódico anual em diâmetro nas duas técnicas está acima do limite máximo estabelecido para o indicador ( $> 0,7\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) recebendo ambas a pontuação 3.

### FALTA DISCUTIR ISSO AQUI NÉ?

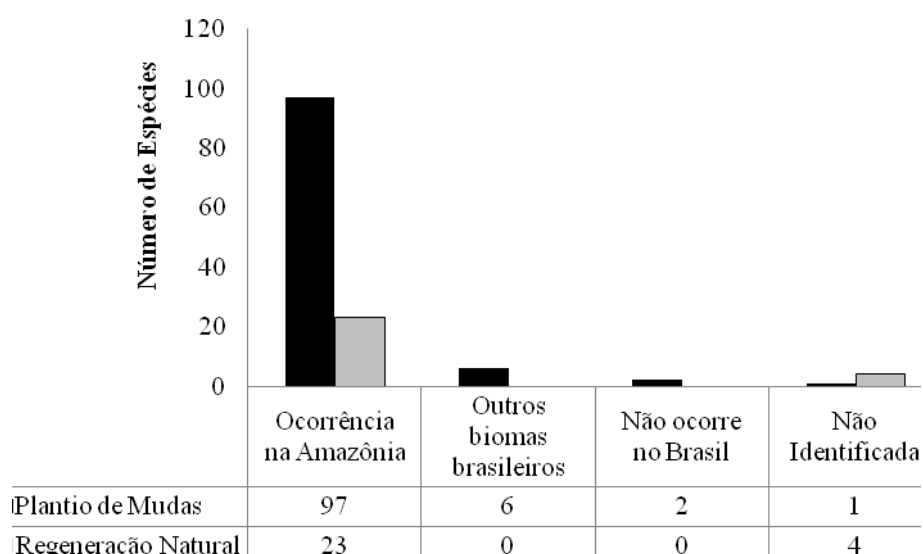
#### 4.3.3 Presença de espécies exóticas e ameaçadas de extinção

Das 106 espécies registradas na área do plantio de mudas apenas uma espécie não foi identificada e, do restante, 97 espécies tem ocorrência registrada na região amazônica, 6 espécies não tem registro de ocorrência para a Amazônia (Flora do Brasil, 2015), porém com registro em outros biomas brasileiros. Apenas as espécies *Bauhinia macrophylla* Poir. e *Bauhinia purpurea* L. foram classificadas como exóticas, ou seja, não possuem registro de ocorrência na flora do Brasil (Figura 15).

Na regeneração natural, como esperado, foram registradas 23 espécies de ocorrência na flora do bioma Amazônia, tendo em vista que as espécies são originárias do banco de sementes da floresta nativa retirada para a extração da lavra de bauxita (Figura 15).

Seguindo os critérios de verificação estabelecidos, o plantio de mudas recebeu uma nota mínima (zero) e a regeneração natural, nota máxima (três).

Figura 17: Número de espécies nativas e exóticas encontradas no plantio de mudas e regeneração natural em áreas em restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.



Espécies exóticas devem ser controladas em áreas sob restauração, para permitir e estimular o desenvolvimento de espécies nativas mais desejadas (NBL, 2013). Espécies nativas, especialmente aquelas de interesse para a restauração devem



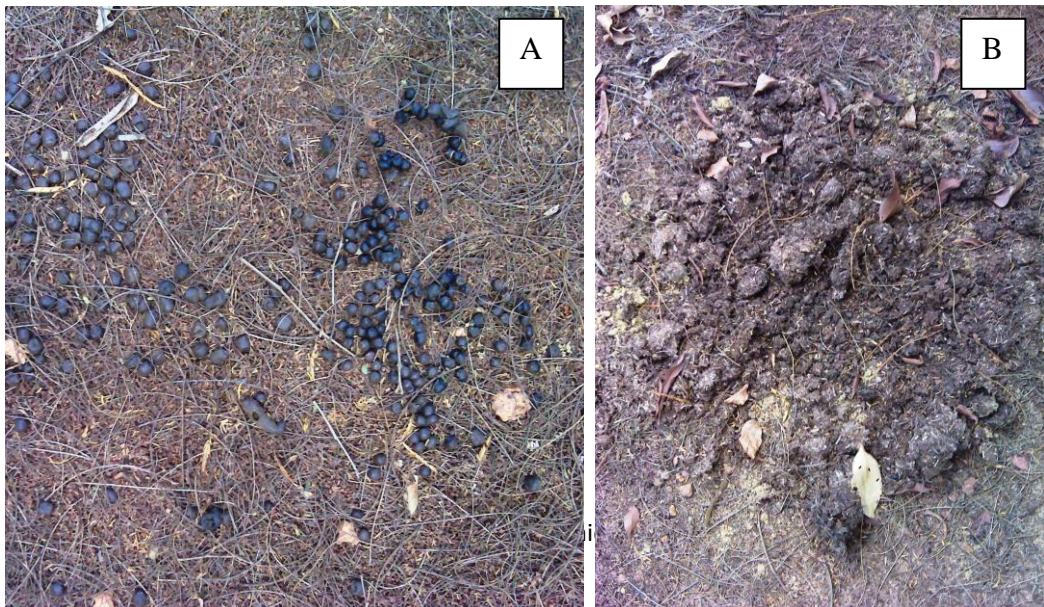
ser favorecidas, inclusive com aplicação de tratamentos silviculturais (adubação, controle de formigas etc.) que melhorem o seu desenvolvimento e estabelecimento no povoamento.

#### 4.3.4 Vestígios de retorno da fauna

Para o indicador de retorno da fauna silvestre, foi verificado a presença de vestígios de fezes de *Tapirus terrestris Linnaeus* (anta) e *Mazama americana* (veado-mateiro) somente nas áreas de plantio de mudas, sendo atribuída a nota máxima para este indicador (três), enquanto que para a regeneração natural foi atribuída a nota zero, por não ter sido encontrado nenhum vestígio nas unidades amostradas (Figura 16 A e B).

**PRECISA INCLUIR UMA DISCUSSÃO SOBRE ESSA INFORMAÇÃO AQUI... EM RELAÇÃO COMO ESSE INDICADOR AFETA OU REFLETE NA RESTAURAÇÃO**

Figura 18: Vestígios de retorno da fauna silvestre nas áreas de plantio de mudas. A – Fezes de *Mazama americana*; B – Fezes de *Tapirus terrestris Linnaeus*



#### 4.4 Avaliação global das duas técnicas a partir dos indicadores



Na consolidação da nota final por indicador, não houve diferença significativa entre as técnicas, observando-se discreta vantagem para a nota final do plantio de mudas, porém ambas receberam classificação “Bom”, por apresentar nota entre o intervalo de 1,1 a 2,0 (Tabela 14).

Tabela 12: Avaliação global dos indicadores analisados para as técnicas de plantio de mudas e indução da regeneração natural em área de restauração florestal pós lavra de bauxita em Paragominas-Pa.

Código do Critério	Indicadores Avaliados	Peso	Plantio de Mudas		Regeneração Natural	
			Nota do indicador	Nota Final	Nota do indicador	Nota Final
<b>A</b>	<b>MANUTENÇÃO DA ÁREA EM RECUPERAÇÃO</b>					
A.1	Mortalidade	3	2	6	0	0
A.2	Presença de insetos (formigas e cupins)	2	3	6	0	0
A.3	Presença de espécies exóticas não invasoras	2	0	0	3	6
<b>B</b>	<b>RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA</b>			0		
B.1	Grau de cobertura / sombreamento	3	2	6	2	6
B.2	Presença de Clareiras	1	0	0	0	0
B.3	Presença de regeneração natural	2	3	6	3	6
B.4	Presença de erosão	3	0	0	3	9
B.5	Serrapilheira	3	1	3	1	3
<b>C</b>	<b>RECUPERAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO</b>			0		
C.1	Densidade de plantas	3	3	9	3	9
C.2	Diversidade	3	3	9	2	6
C.3	Altura média de planta	2	3	6	3	6
C.4	Área basal	2	0	0	3	6
C.5	Presença de vestígios de retorno da fauna	3	3	9	0	0
<b>Nota Final</b>				<b>1,54</b>	<b>1,46</b>	

**FALTA DISCUTIR AQUI**

Para Dale e Bayler (2001) indicadores de avaliação e monitoramento são fenômenos observáveis que refletem as mudanças no estado quantitativo e qualitativo de um sistema ecológico e servem como sinal de alerta ou de diagnóstico ambiental - PARA A PARTE DA AVALIAÇÃO GLOBAL

## 5 CONCLUSÃO

COLOCA OS OBJETIVOS AQUI E VAMOS CONCLUIR EM CIMA DE CADA UM

## 6 BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, G. F. **Proposta Metodológica de Indicadores para Recuperação de Áreas Degradada**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica e Escola de Química, Rio de Janeiro, 2014.

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G. ; RODRIGUES, R. R. ; GANDOLFI, S. Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração. In: MARTINS, S.V. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: Editora UFV, 2012, cap. 9, p. 262-293.

RODRIGUES, R. R.;GALDOLFI, S. 2001. Conceitos, Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & GALDOLFI, S (orgs.) **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ FAPESP. p.235-247.

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. 2007. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v.2, n.2, p.85-139, mai-ago. 2007.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.M. (1980) Identificação de plantas invasoras de cultura da região de Manaus. *Acta Amazonica*, **10**, 47-95.

AZEVEDO, V. K.; FRANCELINO, M. R. Determinação da cobertura de copa utilizando diferentes métodos. Apresentado no Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental – 14 a 16 de setembro de 2011 SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

CHARLES-DOMINIQUE, P. (1986) Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guyana. In: ESTRADA, A. & FLEMING, T.H. (eds.). *Frugivores and Seed Dispersal*. Dordrecht, Junk. p. 119-135.

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio - 2º Workshop Bauxita & Alumina da Amazônia. Acessado em: 15/02/2016. <http://www.abal.org.br/noticias/lista-noticia/integra-noticia/?id=1290>

ALCOA – Alcoa no Brasil: Juruti. Acessado em: 15/02/2016. [https://www.alcoa.com/brasil/pt/info\\_page/Juruti.asp](https://www.alcoa.com/brasil/pt/info_page/Juruti.asp)

ALLEONI, L.R.F.; BORBA, R.P.; CAMARGO, O. A. Metais pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros. **Tópicos em Ciências do Solo**, v. 4, p. 1-42, 2005.

ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils. In: Ed. **Blackie Academic & Professional**. New York, John Wiley & Sons, 1990. p. 1-39

ANDRADE, G. F. **Proposta Metodológica de Indicadores para Recuperação de Áreas Degradadas**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica e Escola de Química, Rio de Janeiro, 2014

BALIEIRO, F. C.; TAVARES, S. R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação**. Documento 103, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008, 228 p.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. 2009. 58 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

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

BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. In: **IB, UFRJ: SBL**. 2 ed. Rio de Janeiro. 2000. 47 p.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S., RODRIGUES, R. R... Restauração Florestal. Editoria Oficina de Textos. São Paulo. 2015

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVES, A. G.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, Jun. 2010.

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G. ; RODRIGUES, R. R. ; GANDOLFI, S. Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração. In: MARTINS, S.V. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: Editora UFV, 2012, p. 262-293, cap. 9.

BRANDT. Relatório de impacto ambiental da empresa Mineração Bauxita Paragominas. Ananindeua, 2003

BRASIL. Lei N. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 16509. Brasília, 1981.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, 1998.

BRASIL. Lei Nº 9985/2000. **Publicação DOU**, Seção 1, p.1. 2000.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Novo Código Florestal Brasileiro. Publicação DOU**. 2012.

BRAZ, A. M. S. **Coefficiente de Distribuição de Metais Pesados em Solos Paraenses**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

BRITO, A.; FERREIRA M. Z.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. ACEWRBI, F. W. Comparação entre os métodos de quadrantes e PRODAN para análises florística, fitossociológica e volumétrica. **Revista Cerne**, v. 13, n. 4, p. 399-405 dez. 2007.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p. 277-285, mar. 2001.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R.V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.5 n.2, p. 101-116. jun. 2007.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. *Comunicata Scientiae*, v. 4, n. 2, p. 111-119, 2013.

CAPELO, J. Conceitos e métodos da Fitossociologia. Formulação contemporânea e métodos numéricos de análise da vegetação. In: Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, **Estação Florestal Nacional**, Oeiras, ISBN: 972-95736-8-9. 2003. 107 p.

CARVALHO, C. T. **Técnicas de restauração em área de reserva legal no município de Dourados – MS**. 2010. 35 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2012.

CLEWELL, A.; RIEGER, J.; MUNRO, J. **Diretrizes para desenvolver e gerenciar projetos de Restauração Ecológica**. 2 ed. Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica. 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 420/2009, de 30 de dezembro de 2009. **Publicação DOU**, n 249, 2009.

CUNHA, F. G. **Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná**. 2002, 186 f. Tese (Doutorado em Geociências na área de Metalogênese) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51 n. 1, p.153-158, feb. 1987.

CURY, T. S.; CARVALHO JUNIOR, O. **Manual para restauração florestal: florestas de transição**. Série boas práticas, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. v.5, Belém, 2011.

DE OLIVEIRA, L. C. (1998). Dinâmica de crescimento e regeneração natural de uma floresta secundária no Estado do Pará. In Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People, and Policy: Proceedings of a Conference Held at CATIE, Costa Rica, November 10-12, 1997 (Vol. 4, p. 69). Bib. Orton IICA/CATIE.

DURIGAN, G. **O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação**. Cadernos da Mata Ciliar: Monitoramento de áreas em recuperação. n. 4 São Paulo, 2011.

DURIGAN, G., ENGEL, V.L. Restauração de Ecossistemas no Brasil: Onde Estamos e Para Onde Podemos Ir? In: Sebastião Venâncio Martins. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. 1 ed. v. 1, Viçosa, UFV, 2012, p. 41-68.

EHRENFELD, J.G., Defining the Limits of Restoration: The Need for Realistic Goals. **Restoration Ecology**, v.8, n. 1, p. 2–9, mar. 2009.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 3-26.

FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. Disponível em: <[http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011\\_02.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf)>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2015.

FEARNSIDE. P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FELFILI, J. M.; RESENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, p. 64, 2003.

FERREIRA G. L. V. B; FERREIRA N. B. V. Meio ambiente e mineração na Constituição Federal. **Cadernos de Direito**, Piracicaba, v. 11 n. 2, p. 111-124, jun. 2011.

FERREIRA, G. L. B. V; FERREIRA, N. B. V. Exploração minerária e a recuperação de áreas degradadas. Acesso em: <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=2470](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2470)>. Acesso em: 24 de outubro de 2014.

FINOL, U. V. H. Nuevos Parametros a Considerarse em el Analises Estructural de las Selvas Virgines Tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

Forzza, R. C. et al. 2010. Síntese da diversidade brasileira. In: Forzza, R. C. et al. 2010. Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil. v. 1: 21-42. Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

FORTES, DE OLIVEIRA Fabiano; LÚCIO, Alessandro Dal'Col; STORCK, Lindolfo. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciencia rural**, v. 38, n. 9, p. 2512-2518, 2008.

FREITAS, J.; CRUZ, H.; BARROS, P. L. C. Regulamentação de parâmetros técnicos em PMFS no âmbito do CONAMA. 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/9F5F8BB7/NotaTec\\_RedeflorFinal.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/9F5F8BB7/NotaTec_RedeflorFinal.pdf)>. Acesso em: 12 de março de 2015.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS - FIPE. **Análise espacial da mineração no Pará**. Secretaria de Estado de Transporte do Estado do Pará. Plano Estadual de Logística e Transportes do Estado do Pará. São Paulo. 2009. Acessado em 17/02/2016.

[http://setran.pa.gov.br/antigo/PELT/estudos/Arquivos/Estudo\\_Minera%C3%A7%C3%A3o%20revisado.pdf](http://setran.pa.gov.br/antigo/PELT/estudos/Arquivos/Estudo_Minera%C3%A7%C3%A3o%20revisado.pdf)

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. de M. Composição florística e estrutural da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.559-566, 2002

GOMIDE, G. L. A. 1997. Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná.

GOMIDE, G. L. A. 2003. Dinâmica sucessional de florestas neotropicais secundárias: estudos de caso na Amazônia brasileira e na Costa Rica, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná.

GUILHERME L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L. MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. In:

VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI L.R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E.J. **Tópicos de Ciência do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4. 2005.

GUIMARÃES, J.C.C. et al. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita no Sul de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.8, n 15, p. 321-333, 2012.

GÓMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Studies on secondary succession o tropical low-lands: the cycle of secondary species. In: PROCEEDINGS FIRST INTERNATIONAL CONGRESS OF ECOLOGY. 1974.

GUO, G. L.; ZHOU, Q. X.; KOVAL, P. V.; BELOGOLOVA, G. A. Speciation distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in contaminated Phaeozem in north-east China using single and sequential extraction procedures. **Australian Journal of Soil Research**, v. 44, p.135-142, mar. 2006.

HOWELL, E. A.; HARRINGTON, J. A.; GLASS, S. B. *Introduction to Restoration Ecology*. Washington: Island Press, 418 p. 2012.

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

IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira: Sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE, 1977. *Geografia do Brasil vol.1 - Região Norte*.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. Projeto PRODES: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acessado em 15/08/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM

\_\_\_\_\_ (a) **Informações sobre a Economia Mineral Brasileira 2015**. Acessado em 18/02/2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>

\_\_\_\_\_ (b) **Informações sobre a Economia Mineral do Estado do Pará 2015**. Acessado em 18/02/2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005484.pdf>

JARDIM, F.C.S.; HOSOKAWA, R. T.; *Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. Acta Amazonica*. Manaus, v.17, p. 411-508, 1986.

JEFFERY, W.G. *A world of metals: finding, making and using metals*. 2 ed Ottawa: ICME, 60 p. 2001.

**(B) KAGEYAMA, P.Y. & CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária estrutura genética e plantações e de espécies arbóreas nativas. Série Técnica IPEF, n. 41/42, p. 83-93, 1989.**

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A.; CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas, **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO, JUNIOR. A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatório. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão, **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 1, p. 109-12.

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

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.

KOTSCHOUBEY B.; CALAF J. M. C.; LOBATO A. C. C.; LEITE A. S.; AZEVEDO C. H. D. Caracterização e gênese dos depósitos de bauxita da Província Bauxitífera de Paragominas, noroeste da bacia do Grajaú, nordeste do Pará/ oeste do Maranhão. In: MARINI O.J., QUEIROZ E.T., RAMOS B.V. (Eds.) **Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia**. Brasília: DNP/ Mineral-ADIMB, 2005. p. 691-782.

KUPPER, A. Recuperação vegetal com espécies nativas. **Silvicultura**, São Paulo, v.15, n.58, p.38-41, dez. 1994.

LAGE, C. **Estrutura e Florística do Estrato Lenhoso do Gradiente Borda Interior de um Fragmento Florestal no Município de Guaçuí, ES**. 2011. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

LETCHER, S. G. & R. L. CHAZDON, 2009. **Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in Northeastern Costa Rica**. *Biotropica* 41: 608-617.

MACEDO, A. J. B.; BAZANTE, A. J.; BONATES, E. J. L. Seleção do método de lavra: arte e ciência. *REM: Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 54, n. 3, p. 221-225, 2001.



MAGURRAN, A.E. **Diversidad Ecológica y su Medición**. Espanha: Ediciones Vedra, 199 p. 1989.

MARTINS, S. V.; Rodrigues B. D.; Leite, H. G. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. **Revista Ação Ambiental**, v.10, n.36, p.10-13, 2007.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.19-51. 2009.

MARTINS, S. V. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 2 ed. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil Editora**, 2010. v. 1. 268 p.

MARTINS, S. V.; SARTORI, M.; RAPOSO FILHO, F. L.; SIMONELI, M.; DADALTO, G.; PEREIRA, M. L.; SILVA, A. E. S. (Coord.) **Potencial de Regeneração Natural de Florestas Nativas nas Diferentes Regiões do Estado do Espírito Santo**. Vitória: CEDAGRO. 2014. p. 102.

MASSOCA, PES et al. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia Central. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém**, v. 7, n. 3, p. 235-250, 2012.

MELLO, J. M.; OLIVEIRA-FILHO A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Comparação Entre Procedimentos de Amostragem para Avaliação Estrutural de um Remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-15, 1996.

MELO, Antônio Carlos Galvão de; MIRANDA, Dirceu Lúcio Carneiro de; DURIGAN, Giselda. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 321, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2001. Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral. Brasília, DF.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os Procedimentos e Critérios para o Licenciamento Ambiental. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]; Brasília, 22 de Dez. 1997.

MORAES e SILVA, V. S. Manejo de Floresta Nativas: Planejamento, Implantação e Monitoramento. Cuiabá: UFMT, 2006, p. 114.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v.4, n.1, p. 83-100, 2006.

NRIAGU, J. O.; PACYNA, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. **Nature**, v. 33, p. 134-139, 1988.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 807-812, dez. 2001.

OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M. Metais pesados em solos de uma topolitossequência do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 785-796, 2004.

PARÁ. Lei nº 6.462. Dispõe sobre a Política Estadual de Florestas e demais Formas de Vegetação e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado do Pará. 2002.

PARÁ. Lei nº 7.381. Dispõe sobre a recomposição da cobertura vegetal, das matas ciliares no Estado do Pará. Assembleia Legislativa do Estado do Pará. 2010.

PARÁ. Lei nº 7.604. Altera e revoga dispositivos da Lei nº 7.398, de 16 de abril de 2010, que dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Leste e Calha Norte do Estado do Pará. 2012

PÉREZ, D. V.; SALDANHA, M. F. C.; MENEGUELLI, N. A.; MOREIRA, J. C.; VAITSMAN, D. S. Geoquímica de alguns solos brasileiros. **Pesq. And. CNPS**, v. 4, p. 1-14, 1997.

POGGIANI, F. OLIVEIRA, R. E. CUNHA, G. C. Práticas de Ecologia Florestal. **Documentos Florestais**. Piracicaba, v.16, p.1 – 44, 1996.

PUERTA, R., 2002. Regeneração arbórea em pastagens abandonadas na região de Manaus em função da distância da floresta contínua. *Scientia Forestalis* 62: 32-39

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**, Goiânia, v.8, n.15, nov.2012.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. *Matas Ciliares Conservacao e Recuperacao* v1, p. 235-247, 2000.

RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. F.; OLIVEIRA-JUNIOR, R. C.; SANTOS, P. L.; SILVA, J. L. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2003, 64p.

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**, v.142, p.1242-1251, 2009.

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.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. 2009. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Instituto BioAtlântica.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, n.13, p.569-577. 2005.

SABOGAL, C.; ALMEIDA, E.; MARMILLOD, D.; CARVALHO, J. O. P. Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas. Belém: CIFOR. 2006. 190 p.

SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; ROSA, N. A.. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**. Viçosa, v.38, n.1, p.1-24, jan.-fev. 2014.

SCOLFORO, J.R.S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA: FAEPA, 1998. 441p.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Série técnica: Floresta e ambiente**. v. 2, n. 2, p. 1-18, 2012.

SEDEME – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia do Pará – Estatística, Pará em Números, PIB 2012. Acessado em: 15/02/2016. <http://sedeme.com.br/portal/estatistica/para-em-numeros/pib/>

SILVA, S. R.; PROCÓPIO, S. O. ; QUEIROZ, T. F. N. ; DIAS, L. E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa. n.28, p.189-196, jan.-fev.2004.

SIQUEIRA, L. P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do estado de São Paulo, Brasil**. 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SMITH, R. L. **Ecology and field biology**. 2 ed. New York: Harper & Row Publishers. 1974. 850p.

SOARES, P. S. M.; YOKOYAMA, L.; FREIRE, D. D. C. **Transporte de metais pesados no solo no contexto da disposição de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, Série Tecnologia Ambiental, n.33, 2005, 45 p.

SPRENT, J. I. 2001. Nodulation in Legumes. Kew: Royal Botanical Gardens. 146p.

CORAL, S. T., LUIZÃO, F., PASHANASI, B., DEL CASTILLO, D., & LAVELLE, P. 2014. Influencia da massa e nutrientes da liteira sobre a composição dos macroinvertebrados em plantíos florestais na Amazônia peruana. *Folia Amazónica*, 23(2), 171-186.

TAVARES, SR de L. & BALIEIRO, F. de C. 2008. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Embrapa Solos. Série documento.

TEIXEIRA, W.; TAIOLI, F.; FAIRCHILD, T. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. 568 p.

VALADARES, J. M. A. S. Cobre em solos do Estado de São Paulo I-cobre total. *Bragantia*, Campinas, v.34, n.4, p.125-132, 1975<sup>a</sup>.

VALADARES, J. M. A. S.; CATANI, R. A. Zinco em solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 34, n. único, p. 133-139, 1975<sup>b</sup>.

VALERI, S. V. E.; SENÔ, K. C. A. Manejo e recuperação Florestal. Legislação, uso da água e sistema agroflorestais. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2004. 180 p.

WHITMORE, T.C. **Tropical rain forest of the Far East**. 2 ed. Oxford: Clarendon Press. 1984.

WHITMORE, T.C. Secondary succession from seed in tropical rain forest. *Forestry Abstracts*, v.44: 767-779, 1983.

## 8 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, D. D. D.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. S. D.; SALOMÃO, R. D. P.; SILVA, A. S. L. D.; JARDIM, M. A. G. Checklist da flora arbórea de remanescentes florestais da região metropolitana de Belém e valor histórico dos fragmentos, Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém, v.4, n.3, p.231-289. 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Willey and Sons, 1974, p. 45-135.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A.. O QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG, BRASIL: ASPECTOS SOBRE SUA HISTÓRIA, SEUS RECURSOS MINERAIS E PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS. **Revista Geonomos**, v. 18, n. 1, 2013.

SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014<sup>a</sup>.

SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA-JÚNIOR S.; ROSA, N. A.; PRECINOTO R. S. Crescimento de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira) na Amazônia trinta anos após a mineração de bauxita. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v.9 n.2,p.307-320. 2014<sup>b</sup>.

VERA CRUZ, EIA - Estudo de Impacto Ambiental: lavra e beneficiamento de bauxita. Paragominas: Mineração Vera Cruz. 2003.

VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. *Ecology*, 65 (1): 285-298, 1984

## 9 CONCLUSÕES GERAIS