



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CAMPUS PARAGOMINAS

LUANA BIANCA OLIVEIRA DA SILVA
THALISON BRUNO CAMPOS CORREA

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL E SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS
FLORÍSTICOS DE ÁREAS MINERADAS SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS
DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL

PARAGOMINAS
2019

LUANA BIANCA OLIVEIRA DA SILVA
THALISON BRUNO CAMPOS CORREA

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL E SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS
FLORÍSTICOS DE ÁREAS MINERADAS SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS
DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural da Amazônia como
requisito para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Área de concentração: Ecologia e Manejo de
Ecossistemas.

Orientador: Norberto Cornejo Noronha

Co-orientador (a): Tâmara Thaiz Santana Lima

PARAGOMINAS

2019

LUANA BIANCA OLIVEIRA DA SILVA
THALISON BRUNO CAMPOS CORREA

**CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL E SUA RELAÇÃO COM
ASPECTOS FLORÍSTICOS DE ÁREAS MINERADAS SUBMETIDAS A
DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal. Área de concentração: Ecologia e Manejo de Ecossistemas.

04/02/2019

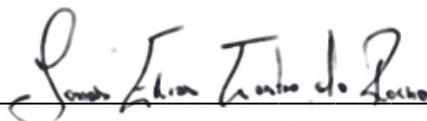
Data da Aprovação:

Banca Examinadora:



Orientador

Norberto Cornejo Noronha, Dr.
Universidade Federal Rural da Amazônia



Membro 1

Jonas Elias Castro da Rocha, M. Sc.
Universidade Federal Rural da Amazônia



Membro 2

Rodrigo de Souza Barbosa, M. Sc.
Universidade Federal Rural da Amazônia

DEDICATÓRIA

Luana Bianca Oliveira da Silva:

Dedico ao meu Deus e a minha família por sempre ter me dado forças e nunca deixar eu desistir.

Thalison Bruno Campos Correa:

A minha Mãe e minha irmã que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em todas as minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre está comigo nos melhores e nos piores momentos de minha vida, por nunca deixar eu me sentir sozinha;

A Universidade Federal Rural da Amazônia e em nome dos professores e funcionários pela colaboração para minha formação;

Ao Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega por proporcionar este estudo;

Ao Programa de Iniciação Científica da UFRA que me proporcionou uma bolsa de estudos;

Ao Professor Norberto Noronha pelo apoio e disponibilidade para elaboração deste trabalho;

A minha co-orientadora *Tâmara Lima* por toda sua paciência, tempo e conhecimentos repassados, meu muito obrigado;

A minha dupla de TCC Thalison Correa, por estar comigo nessa etapa tão especial da minha vida, por passar cada momento de preparação deste trabalho ao meu lado presencialmente ou virtualmente;

Ao Grupo de Pesquisa BIOAMA, em especial os meus amigos do *Grupo de Raízes*; Best *Rodrigo Mendes, Thalison Correa, Isamara Reis*, pela convivência diária, pelas risadas e por cada momento;

A todas as pessoas que estiveram de passagem ajudando na coleta das amostras;

Aos meus pais Damião Dias e Odsilene Oliveira por não medir esforços para que os meus sonhos se tornem realidade;

Aos meus irmãos Daniele Oliveira, Bruna Oliveira e Duran Oliveira e meu sobrinho Victor Gael por fazer parte da minha história;

Aos meus colegas que fizeram parte do grupo Wesley Rossi, Carlos Cavalcante, Elizabeth Gomes, Paulo Henrique, Thiara Barbosa, Bruna Oliveira e Amanda Fortaleza;

As minhas amigas de sala de aula Renata Santana, Ágta Thiala, Sara Souza, Jorleide Rodrigues, Alaene Ribeiro, Bruna Vicenzoth. A Daylle Rodrigues, Rafaely Pantoja, Damilly Viana, Alana Lima, Yasmin Sena, Júlia Amorin, Débora Oliveira Lucio Flávio, pelos momentos de descontração, amo vocês.

Aqueles que não citei o nome saibam que de alguma forma vocês marcaram a minha vida e pra vocês um forte abraço;

E a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado.

Luana Bianca Oliveira da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir chegar até aqui, sem ele nada disso seria possível;

A Universidade Federal Rural da Amazônia pela contribuição na minha formação em Engenharia Florestal;

Ao Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC), pela oportunidade de desenvolver este trabalho, e a Hydro mineração Paragominas pela disponibilidade das áreas de estudo;

Ao Professor Norberto Noronha pela disponibilidade e apoio durante o período de produção desta monografia;

A minha co-orientadora Tâmara Lima meu eterno obrigado por todo o apoio, paciência e dedicação durante o período de produção deste trabalho, e por todo o conhecimento por ela repassado;

A minha amiga e parceira de monografia Luana Oliveira que esteve comigo nos momentos de angústia e desespero durante a produção deste trabalho;

Aos meus amigos do Grupo de Pesquisa BIOMA, Carlos Cavalcante, Elizabeth Gomes, Rodrigo Mendes, Isamara Reis, Wesley Rossi e Thiara Barbosa pelo companheirismo e parceria durante os intermináveis dias de triagem de raízes no laboratório, enfim acabaram todas as raízes;

Ao meu Amigo das terras Gélidas da Finlândia, Rodrigo Mendes, por todo o apoio e ajuda, suas dicas e aulas por WhatsApp foram essências para a elaboração deste trabalho;

A minha mãe Carmem Albuquerque, e minha irmã Dayse Cardoso, por todo o apoio e incentivo durante os anos de graduação;

Às minhas companheiras de grupo de estudo Ágta Thiala, Isamara Reis, Luana Oliveira e Renata Baia pela parceria nessa trajetória acadêmica;

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a elaboração desta monografia;

Muito obrigado.

Thalison Bruno Campos Correa

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a biomassa acima do solo em vegetação secundária formada após a mineração de bauxita no município de Paragominas – PA. O presente estudo utilizou um banco de dados oriundos do Projeto Biodiversidade e Solos do Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC). As coletas foram realizadas em 13 áreas de mineração de bauxita com idades de 3 a 8 anos recuperadas após o processo de reconformação do solo. Os métodos de recuperação para promover o reestabelecimento da flora foram: plantio (PL), nucleação (NUC) e regeneração natural (RN). Como testemunha foi utilizado uma área de floresta próximo as áreas mineradas. Foram instaladas três parcelas em cada área de estudo, exceto para as áreas de RN10, RN6 e RN5 onde foram instaladas quatro parcelas, devido a heterogeneidade das áreas, sendo necessário maior número amostral. Em cada parcela foi realizado o levantamento florístico em três estratos da vegetação. Foi estabelecida uma parcela de 10 m × 50 m (500m²) para o inventário do estrato superior (indivíduos com CAP ≥ 15cm), uma sub-parcela de 5 x 50 m (250m²) foi estabelecida para o estrato médio (indivíduos com CAP < 15cm e altura ≥ 2,0 m) e, para a realização do inventário do estrato inferior (indivíduos com altura < 2,0m e ≥ 10 cm) foram distribuídas regularmente 10 sub-parcelas de 1 × 1 m no centro da parcela de 500m². A serapilheira foi coletada de forma aleatória dentro de cada parcela de 500m². Para a estrutura da vegetação foi calculado o DAP, D (densidade) e S (riqueza). Para a estimativa de biomassa acima do solo (Mg.ha⁻¹) nos estratos superior e médio, utilizou equações alométricas disponíveis na literatura. Foi realizado Shapiro-Wilk normality test para verificar o tipo de distribuição dos dados, uma Análise de Componente Principal (ACP) para verificar a relação entre a biomassa e os estratos da vegetação em cada área por método de recuperação e uma Análise de Co-inércia para verificar a relação entre a estrutura florística e a biomassa em função dos estratos da vegetação. Todas as análises de dados foram realizadas por meio do software R 3.5.0 e todos os testes foram verificados ao nível de 5% de probabilidade. Quanto a riqueza, foram encontradas 47 espécies (FLO), 27 (RN), 49 (PL) e 25 (NUC). Os valores médios de biomassa total encontrados na Regeneração Natural variaram de 21,42 Mg.ha⁻¹ na área com 7 anos a 244,92 Mg.ha⁻¹ na área com 5 anos. No Plantio essa variação foi menor indo de 17,07 Mg.ha⁻¹ na área com 3 anos a 54,95 Mg.ha⁻¹ na área com 7 anos de idade. Já na Nucleação a variação da biomassa total em um intervalo de 1 ano entre as áreas também não foi alta. A análise de co-inércia mostrou co-variância significativa entre as matrizes de biomassa e estrutura florística, porém compartilhando apenas 23% da variância dos dados (teste de Monte Carlo, p = 0,002). A quantidade e os padrões de distribuição da biomassa dentre os métodos de recuperação foram diferentes.

Palavras-chave: Fitomassa. Nucleação. Regeneração natural. Biomassa acima do solo. Floresta secundária.

ABSTRACT

This present study aims to evaluate the above - ground biomass in secondary vegetation formed after bauxite mining in the municipality of Paragominas, in the state of Pará in the north of Brazil and for that endeavour it was used the database from the Biodiversity Research Consortium Brazil - Norway (BRC). The data collection was carried out in 13 bauxite mining areas aged from 3 to 8 years old recovered after the soil reconditioning process. The recovery methods to promoting the reestablishment of the flora were as follows: Planting (PL), Nucleation (NUC) and Natural Regeneration (RN). As a control, a forest fragment near the mined areas was used. Three plots were installed in each study area, except for the areas of RN8, RN6 and RN5, where four plots were installed, due to the heterogeneity of the areas that required a larger sample number. In each plot the floristic survey was carried out in three strata of the vegetation. A 10 m × 50 m (500 m²) plot was established for the upper stratum inventory (individuals with CAP ≥ 15 cm), a sub-plot of 5 x 50 m (250 m²) was established for the middle stratum (individuals with CAP < 15 cm and height ≥ 2.0m) and 10 subplots of 1 × 1 m were regularly distributed in the centre of the plot of 500m² for the inventory of the lower stratum (individuals with height <2.0m and ≥ 10 cm). The litter was randomly collected within each plot of 500m². For the vegetation structure the DBH, D (density) and S (richness) were calculated. For the estimation of above-ground biomass (Mg.ha⁻¹) in the upper and middle strata, it was used allometric equations available in the current literature. A Shapiro-Wilk normality test was performed in order to verifying the type of data distribution, a Principal Component Analysis (PCA) to verify the correlation between the biomass and the vegetation strata in each system. This was possible by recovery method and a Co-inertia Analysis to verifying the correlation between the floristic structure and the biomass according to the strata of the vegetation. All data analyzes were performed using software R 3.5.0 and all tests were checked at a 5% probability level. In the floristic structure 47 species were found in the areas of FLO, 27 in RN areas, 49 in PL, and 25 in NUC. The mean values of total biomass found in the Natural Regeneration system ranged from 21.42 Mg.ha⁻¹ in the 7-year area to 244.92 Mg.ha⁻¹ in the 5-year area, whereas in the Plantation this variation was lower, ranging from 17.07 Mg.ha⁻¹ in the 3-year area to 54.95 Mg.ha⁻¹ in the 7-year-old area. In the Nucleation system the variation of the total biomass in a range of one year between the areas was also not high. Co-inertia analysis returned a significant co-variance between biomass matrices and floristic structure, but only 23% of the data variance (Monte Carlo test, p = 0.002). Finally, the amount and distribution patterns of biomass among the systems in recovery were different.

Keywords: Litterfall. Nucleation. Natural regeneration. Aboveground biomass. Secondary forest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo	17
Figura 2 - Processo de mineração por meio da técnica strip mining.....	17
Figura 3 - Implantação do plantio tradicional nas áreas em recuperação.....	18
Figura 4 - Área de Regeneração Natural	19
Figura 5 - Área em recuperação pelo método de nucleação associado ao plantio de mudas ...	19
Figura 6 - Localização das áreas mineradas em recuperação.....	20
Figura 7 - Croqui das parcelas instaladas nas áreas de estudo	22
Figura 8 - Ordenação do primeiro e segundo eixo para análise de componente principal da flora: (A) círculo de correlação das variáveis da estrutura da vegetação: riqueza e densidade por estrato da vegetação; (B) ordenação das 138 parcelas ordenadas por áreas de vegetação em recuperação. RiqSup= riqueza do estrato superior; RiqMed= riqueza do estrato médio; RiqInf= riqueza do estrato inferior; DenSup= densidade do estrato superior. DenMed= densidade do estrato médio; DenInf= densidade do estrato inferior; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação	30
Figura 9 - Proporção da biomassa acima do solo entre os quatro compartimentos da vegetação nos diferentes tipos de métodos de recuperação em áreas de vegetação secundária formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA, FLO = Floresta; RN = Regeneração Natural; PL = Plantio; NUC = Nucleação	34
Figura 10 - Porcentagem de biomassa recuperada acima do solo nos diferentes tipos de métodos de recuperação nas áreas de vegetação secundária em estudo, em relação a Floresta, formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA, RN = Regeneração Natural; PL = Plantio; NUC = Nucleação	34
Figura 11 - Ordenação do primeiro e segundo eixo para análise de componente principal de biomassa: (a) círculo de correlação dos componentes da vegetação; (b) ordenação das 138 parcelas agrupadas por métodos de recuperação. BioSup= biomassa do estrato superior; BioMed= biomassa do estrato médio; BioInf= Biomassa do estrato inferior, Serap= serapilheira; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação.	35
Figura 12 - Ordenação do primeiro e segundo eixo da análise de Co-inércia entre a biomassa e estrutura da vegetação; (a) ordenação da biomassa dos quatro compartimento da vegetação e variáveis da vegetação; (b) ordenação das 138 parcelas agrupadas por áreas de vegetação. RiqSup= riqueza do estrato superior; RiqMed= riqueza do estrato médio; RiqInf= riqueza do estrato inferior; DenSup= densidade do estrato superior. DenMed= densidade do estrato médio; DenInf= densidade do estrato inferior; BioSup= biomassa do estrato superior; BioMed= biomassa do estrato médio; BioInf= Biomassa do estrato inferior; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das áreas de estudo, vegetações secundárias formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA	21
Tabela 2 - Fórmulas utilizadas para cálculo das variáveis dendrométricas e florísticas	23
Tabela 3 - Equações alométricas utilizadas para determinar a biomassa dos estratos superior e médio, baseando-se no diâmetro	24
Tabela 4 - Riqueza e abundância dos hábitos de crescimento das espécies vegetais encontradas em florestas secundárias sob diferentes métodos de recuperação de área degradada por extração de bauxita, no município de Paragominas-PA (valores entre parênteses correspondem a % de espécies por hábito).	27
Tabela 5 . Densidade total de indivíduos por estrato das florestas secundárias formadas após extração de bauxita, submetidas a diferentes métodos de recuperação de área degradada, no município de Paragominas-PA.	28
Tabela 6 - Média \pm Desvio Padrão da biomassa total (Mg.ha ⁻¹) encontrada na Floresta e nas áreas de vegetação secundária formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA. FLO= floresta; RN= regeneração natural; PL= plantio; NUC= nucleação	31
Tabela 7 – Total de espécies por estrato nas áreas nos sistemas em recuperação formado após a extração de bauxita, no município de Paragominas-PA	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
	2.2 Geral	12
	2.2 Específicos	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
	3.1 Métodos de recuperação de áreas degradadas	13
	a) Plantio de mudas.	13
	b) Regeneração natural.	13
	c) Nucleação.	14
	3.2 Florestas secundárias	14
	3.3 Biomassa vegetal acima do solo	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	16
	4.1 Localização da área de estudo	16
	4.2 Métodos de recuperação das áreas mineradas	18
	4.2.1 Plantio de mudas.	18
	4.2.2 Regeneração natural	18
	4.2.3 Nucleação	19
	4.3 Instalação e condução do estudo	20
	4.3.1 Cálculos da estrutura da vegetação.	23
	4.3.2 Cálculo da biomassa	23
	4.4 Análise dos dados	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
	5.1 Caracterização da flora	25
	5.2 Caracterização da biomassa acima do solo	30
	5.3 Relação entre biomassa acima do solo e flora	35
6	CONCLUSÃO	37
7	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE	44

1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira teve no ano de 2017 uma significativa contribuição do setor de mineração, apresentando produto interno bruto de 4,3% e gerando 180 mil empregos diretos e mais de 2 milhões indiretos. Dentre os minérios extraídos, destaca-se a bauxita que em 2017 assumiu a quarta posição de extração mineral no Brasil (IBRAM, 2018). Em termos de produção, o estado do Pará é expoente por ser o principal produtor de bauxita do Brasil, colaborando com cerca de 90% da produção nacional (LIMA & NEVES, 2014). Se de um lado a atividade de mineração tem um peso significativo na economia, de outro tem um forte desafio no que tange às questões ambientais. Isso porque a mineração de bauxita requer a remoção total da vegetação e das camadas superficiais do solo o que inevitavelmente leva a uma perda de nutrientes (GRANT et al., 2007). No entanto, ambientes degradados podem ser restabelecidos naturalmente ou por meio de técnicas de recuperação de áreas degradadas.

A recuperação de áreas degradadas por mineração não é um processo simples e requer uma intensa intervenção antrópica para o efetivo restabelecimento do ecossistema (RODRIGUES; MONTEIRO; CULLEN, 2010). Por isso, os empreendimentos de mineração vêm aplicando diversas metodologias para a revegetação das áreas exploradas, como a regeneração natural, plantio de espécies de rápido crescimento e a nucleação, no entanto ainda se busca apontar uma técnica que apresente melhor retorno ambiental, social e econômico.

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). A escolha da técnica a ser adotada para a recuperação de áreas degradadas não deve estar associada apenas à recuperação da paisagem e à redução de custos, mas, deve-se considerar também os indicadores ecológicos, a quantidade de biomassa acima e abaixo do solo e o tempo de recuperação do ecossistema degradado, assim como o controle dos processos erosivos, a recuperação das propriedades do solo e dos processos ecológicos da sucessão florestal (BUGIN, 2002).

Após a reconformação do solo, a recuperação das áreas degradadas é marcada pelo surgimento de florestas secundárias. E são nestas áreas que ocorre o monitoramento para saber como as áreas estão se recuperando. O monitoramento engloba a avaliação de vários atributos e processos ecológicos como, por exemplo, os que dizem respeito à estrutura da vegetação. A estrutura de uma vegetação pode ser estudada com levantamentos florísticos nos quais podem

ser obtidas informações sobre a densidade de indivíduos, riqueza de espécies, composição florística, biomassa vegetal, dentre outros.

Por biomassa entende-se como sendo a quantidade de material vegetal contida por unidade de área em uma floresta e expressa em unidade de massa (ARAÚJO et al., 1999) e pode ser estudada para responder uma série de questões ambientais em relação ao estoque e a dinâmica do ecossistema, destacando-se o estudo de ciclagem de nutrientes, produtividade e detenção de carbono (SILVEIRA et al., 2008).

Alguns estudos têm mostrado que a biomassa vegetal varia em função do tipo de cobertura vegetal, histórico de uso do solo, características edáficas, idade e estágio sucessional, dentre outros (ARROYO-RODRÍGUEZ et al., 2015; VALE et al., 2018). Sabendo que este importante aspecto da vegetação é influenciado por fatores ambientais que foram drasticamente modificados pela atividade de mineração e considerando que para a recuperação das áreas mineradas são empregadas diferentes técnicas, cabem as seguintes perguntas: ao longo do tempo como ocorre a recuperação da biomassa vegetal? A biomassa vegetal pode ser influenciada pela técnica utilizada para a recuperação? Se sim, qual a técnica que promove uma recuperação mais rápida da biomassa vegetal?

2 OBJETIVOS

2.2 Geral

Avaliar a biomassa acima do solo em vegetação secundária formada após a mineração de bauxita.

2.2 Específicos

- i. Descrever a florística nos diferentes estratos da vegetação;
- ii. Analisar a distribuição da biomassa acima do solo em diferentes estratos da vegetação;
- iii. Estimar a biomassa acima do solo em áreas com diferentes idades e métodos de recuperação;
- iv. Estabelecer a relação entre a biomassa acima do solo e outras variáveis da estrutura da vegetação em cada método de recuperação;
- v. Estimar a porcentagem de biomassa regenerada por diferentes métodos de recuperação em

relação às áreas de floresta;

- vi. Indicar um método de recuperação que promova o maior acúmulo de biomassa acima do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Métodos de recuperação de áreas degradadas

A recuperação de áreas degradadas era vista como uma atividade sem relação com a biodiversidade do ambiente a ser recuperado, sendo caracterizada na maioria dos casos apenas pelo plantio de mudas (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004). Atualmente, existem diversos métodos e técnicas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas, no entanto, esses métodos devem ser definidos em função das características do ecossistema a ser recuperado e a sua condição atual, para então definir o nível de recuperação que se deseja alcançar (ALMEIDA, 2016; ENGEL & PARROTA, 2003).

De acordo com a legislação, os métodos de recuperação da vegetação deverão ser definidos conforme as características bióticas e abióticas da área e conhecimentos prévios sobre o tipo de distúrbio causado no ambiente, a resiliência da vegetação e a sucessão secundária (ICMBIO, 2014). Os métodos e as técnicas utilizados para a recuperação de áreas degradadas são apenas o início do processo de formação das florestas secundárias que ocuparão os solos minerados. Dentre os métodos utilizados podemos citar: plantio de mudas, indução da regeneração natural e técnicas de nucleação.

- a) Plantio de mudas: Este método é considerado o mais usual no processo de recuperação de áreas degradadas. Tem por finalidade acelerar o processo de sucessão natural, protegendo o solo de forma rápida contra a erosão, para garantir o sucesso da recuperação (ALMEIDA, 2016).
- b) Regeneração natural: A regeneração natural busca explorar o potencial de resiliência das áreas degradadas, induzindo a ocorrência da regeneração para proporcionar a restauração florestal na área através da viabilidade do banco de sementes, banco de plântulas, disponibilidade de chuva de sementes e rebrota de cepas, podendo ser eficaz e se tornar uma boa estratégia a ser utilizada, em áreas com menor grau de perturbação (ALMEIDA, 2016;

RIBEIRO, 2016).

c) Nucleação: A nucleação é a formação de pequenos núcleos de vegetação, ilhas de alta diversidade que se conectarão dentro de uma área degradada, promovendo a conectividade da paisagem por meio de fluxos ecológicos (REIS et al., 2010).

3.2 Florestas secundárias

As florestas secundárias são iniciadas a partir de uma perturbação seguida por uma sequência de mudanças que levam a regeneração da comunidade em diferentes fases sucessionais (IBGE, 2004; SIMINSKI & FANTINI, 2013). Alguns fatores como escala, intensidade e a frequência dos distúrbios, assim como a distância das fontes de propágulos, a presença de espécies exóticas, e as condições edáficas influenciam na trajetória da sucessão de uma floresta (CONNELL, 1978; CHAZDON, 2012).

A reconstituição da densidade populacional de uma área após um distúrbio é caracterizada como o momento inicial da formação de uma floresta secundária (PUIG, 2008), Entretanto, nos estágios iniciais de sucessão, há uma baixa riqueza, frequentemente composta por espécies generalistas que possuem uma ampla distribuição, podendo ocasionar modificações rápidas na estrutura da comunidade nos anos seguintes (SALOMÃO et al., 2012; CHAZDON, 2012). Portanto o estágio inicial da sucessão é marcado por uma intensa modificação nas taxas de mortalidade, natalidade e na composição florística.

Mesmo não existindo um momento específico para que a floresta alcance seu estado de clímax (MONTGOMERY & CHAZDON, 2002), o processo de formação das florestas secundárias é caracterizado por mudanças que levam ao adensamento do dossel, elevado riqueza e espécies, e altos valores de área basal e da biomassa, promovendo semelhança com a composição florística de florestas primárias (AIDE et al., 2000; AGUIAR, 2016; PUIG, 2008). As florestas secundárias podem demorar até centenas de anos para se assemelharem às florestas primárias, no entanto, as florestas em estágios sucessionais iniciais realizam importantes serviços ecossistêmicos como o acúmulo de biomassa, ciclagem de nutrientes, controle de erosão, proteção de recursos hídricos, manutenção da biodiversidade, promoção de interações ecológicas e sequestro de carbono (CHAZDON, 2012; PUIG, 2005; POORTER et al., 2016).

Por causa da demanda urgente por informações sobre a recuperação das áreas degradadas que não acompanha o ritmo de crescimento da vegetação, alguns estudos têm trabalhando com áreas em diferentes estágios de sucessão, analisando a vegetação por meio de

estudos de cronosequência (AIDE et al., 2000; ARAÚJO, 2005; LIEBSCH; MARQUES; GOLDENBERG, 2008; CHAZDON, 2012) para poder determinar quais atributos ecológicos estão avançando ou não, durante o processo da sucessão.

3.3 Biomassa vegetal acima do solo

São poucos os estudos realizados na região amazônica para biomassa vegetal acima do solo em áreas de vegetação jovens com pouca biomassa. A maioria dos estudos é direcionada para florestas primárias, ou secundárias com idades bem avançadas, isso devido ao maior impacto dessas áreas nas emissões de CO₂ e nas altas taxas de desmatamento (INPE, 2008).

Entretanto, as florestas consideradas maduras, em função da sua idade avançada, já atingiram níveis máximos de estocagem de biomassa e carbono, e reduzem a absorção de quantidades elevadas de CO₂ da atmosfera. Já as florestas secundárias mais jovens estão em total desenvolvimento, acumulando mais CO₂ da atmosfera, pois o processo de ganho pela fotossíntese supera a perda por meio da respiração, o que ocasiona uma alta produtividade primária líquida. Alguns estudos de florestas secundárias em cronosequência demonstram um maior acúmulo de biomassa acima do solo em vegetação secundária do que em áreas de vegetação primária (LETCHER & CHAZDON, 2009).

A biomassa vegetal acima do solo é uma variável ecológica, a partir dela é possível tomar decisões no gerenciamento das áreas degradadas em recuperação. Quantificar a biomassa e analisar a sua dinâmica são essenciais para determinar novas estratégias de recuperação (TRAUTENMULLER, 2015). Estudos sobre a biomassa acima do solo permitem conhecer as características dos ecossistemas em recuperação além de subsidiar diversos estudos com relação à Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelo Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) (CORTE et al., 2012).

O reestabelecimento da flora em áreas de mineração a céu aberto tem como ênfase a cobertura imediata do solo para conter os processos erosivos, nestas áreas a biomassa vegetal tem sido motivo de preocupação por parte de pesquisadores e técnicos há mais de 60 anos (SALOMÃO, 2014). A vegetação formada nas áreas em recuperação, em especial as espécies nativas, tem o potencial de encurtar o tempo de recuperação de ambientes degradados e se combinadas com espécies leguminosas de crescimento acelerado, favorecem a rápida colonização do solo de forma a acelerar o equilíbrio químico e físico do solo (LONGO, RIBEIRO, MELO, 2011).

Com o intuito de avaliar o acúmulo de biomassa e nutrientes o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) considera quatro reservatórios de carbono para a quantificação da biomassa em ecossistemas florestais: biomassa viva acima do solo, biomassa abaixo do solo, biomassa morta acima do solo e a necromassa, sendo a biomassa total dada pela soma de todos esses componentes. As estimativas de biomassa devem ser obtidas considerando o tipo de vegetação, a idade e/ou estágios da floresta (PUIG, 2005; MAJUMDAR et al., 2016).

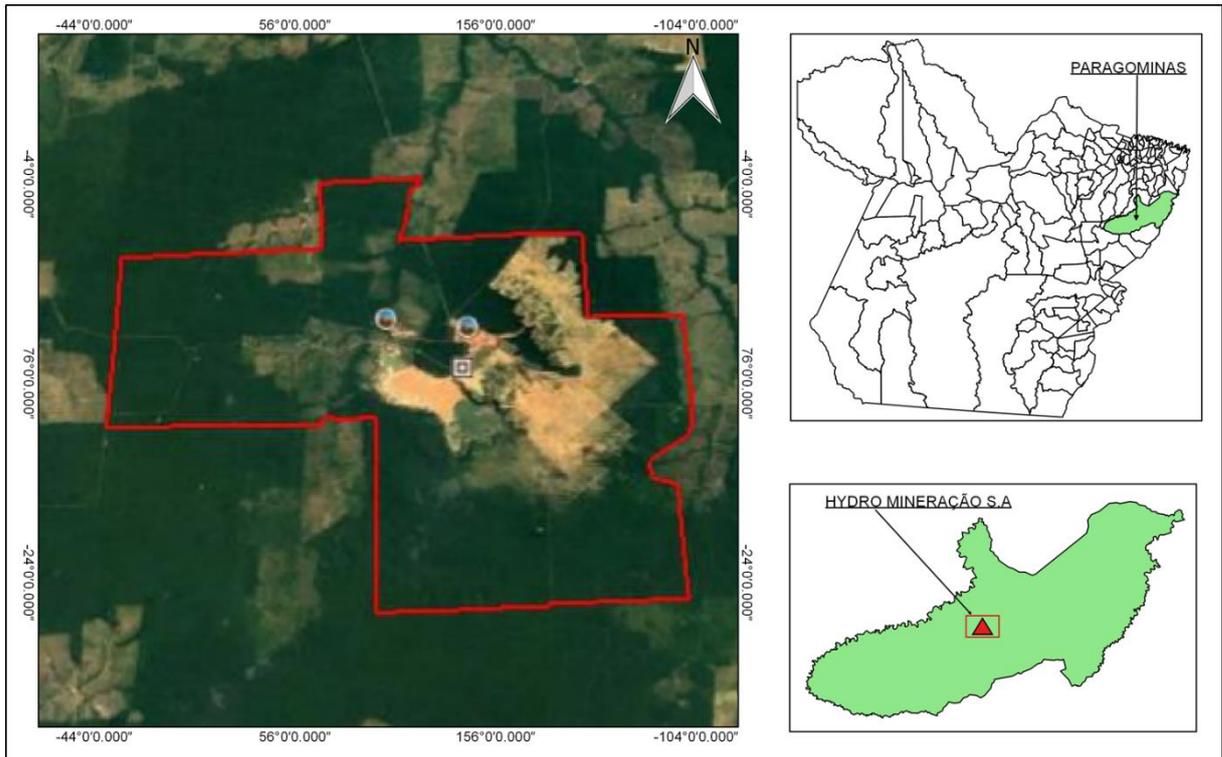
A literatura descreve dois métodos para a estimativa de biomassa: o método direto e o indireto. O método direto consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem na área de estudo. Já o método indireto realiza as estimativas a partir de dados de inventários florestais (SILVA, 2007), sem a necessidade de derrubar a árvore, correlacionando a biomassa com alguma variável obtida no inventário.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

O presente estudo utilizou um banco de dados oriundos do Projeto Biodiversidade e Solos do Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC), coletados no período de 01 a 15 de novembro de 2017 em uma área de mineração de bauxita ($3^{\circ}15'50''S$ $47^{\circ}44'19''W$), localizada no Platô Miltônia 3, a 70 km da sede municipal de Paragominas, no nordeste paraense (Figura 1). O clima na área de estudo é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com período de estiagem entre os meses de junho a dezembro (BASTOS et al., 2005), temperatura média anual de $25^{\circ}C$, regime pluviométrico entre 2.250 e 2.500 mm e umidade relativa do ar média de 85% (SEPOF, 2014).

Na área do Platô Miltônia 3, anteriormente a mineração, predominava a utilização de grandes extensões de terra para a atividade agropecuária (HYDRO, 2003). De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da mineradora, a área era formada por antigas lavouras de subsistência e pastagens artificiais abandonadas que contribuíram para uma cobertura vegetal em vários estágios de sucessão (HYDRO, 2003). As áreas de florestas remanescentes na área de influência do empreendimento se encontram também alteradas, seja pelo fogo, retirada de madeira ou são resultantes da regeneração após sua utilização como área para agricultura ou pasto (HYDRO, 2003).

Figura 1 - Localização da área de estudo

Fonte: Autores

O Platô Miltônia 3 é uma das áreas de ocorrência de depósitos de bauxita dentro da área de influência da Mineração Paragominas. A técnica utilizada pela mineradora para a obtenção do minério é denominada de *strip mining*, ou mineração a céu aberto, caracterizada pelos seguintes processos: supressão vegetal, decapeamento, desmonte, escavação, carregamento e transporte do material (Figura 2). Nesta técnica, a extração é realizada em faixas, caracterizada pela retirada da cobertura vegetal, intensa movimentação das camadas superficiais e sub-superficiais do solo (REIS, 2006; MILLER, 2007).

Figura 2 - Processo de mineração por meio da técnica strip mining

Fonte: Hydro, adaptado (2003).

4.2 Métodos de recuperação das áreas mineradas

Na área de estudo são utilizados três métodos para promover o reestabelecimento da flora conforme descrito abaixo:

4.2.1 Plantio de mudas:

O plantio de mudas nas áreas em recuperação ocorreu por meio da implantação de mudas de espécies florestais nativas da região de diferentes grupos ecológicos, com covas de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m, espaçadas de 3 m x 3 m (Figura 3). Como tratamento silvicultural foi realizado inicialmente o controle de formigas cortadeiras com isca formicida granulada e duas capinas manuais durante o primeiro ano.

Figura 3 - Implantação do plantio tradicional nas áreas em recuperação



Fonte: Hydro, 2017.

4.2.2 Regeneração natural

Na área de estudo foram realizados os seguintes procedimentos: conformação do terreno com espalhamento do estéril; cobertura do estéril com camada de solo superficial oriundo da mesma área antes da lavra do minério, denominado de *topsoil* com aproximadamente 30 cm de espessura, para favorecer a regeneração de propágulos presente no substrato, em seguida foi utilizada uma grade niveladora para promover o nivelamento evitando erosões laminares e acúmulo de água; e posteriormente o isolamento da área (Figura 4).

Figura 4 - Área de Regeneração Natural



Fonte: Hydro, 2017.

4.2.3 Nucleação

O método utilizado pela empresa consiste na transposição de galhadas e montes de topsoil coletados nas áreas de supressão, associado ao plantio de mudas nas linhas entre os núcleos de vegetação (Figura 5).

Figura 5- Área em recuperação pelo método de nucleação associado ao plantio de mudas

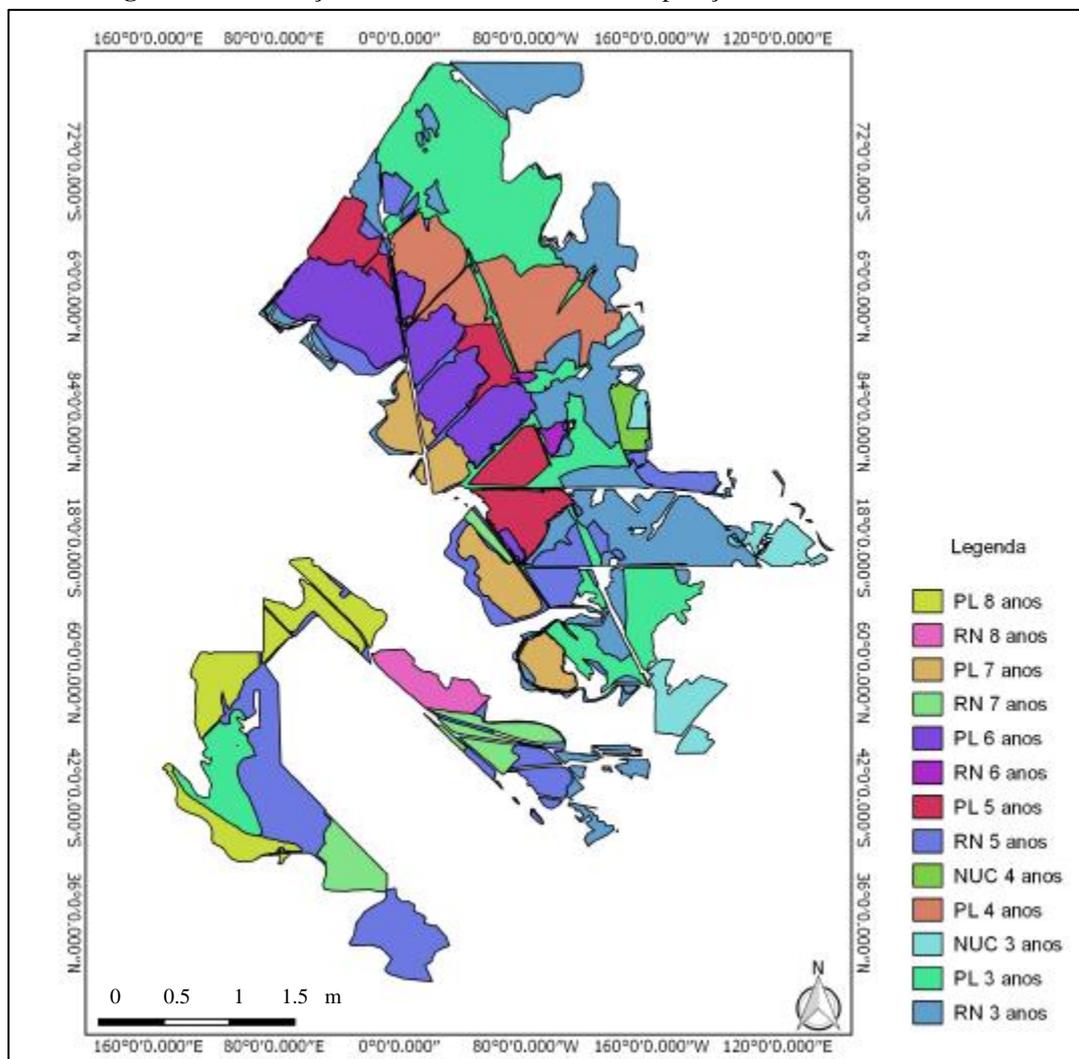


Fonte: Hydro, 2017.

4.3 Instalação e condução do estudo

As coletas foram realizadas em 13 áreas em recuperação (Figura 6), após o processo de reconformação do solo, com a utilização do próprio material estéril associado à adição do *topsoil*. Os métodos de recuperação para promover o reestabelecimento da flora foram: Plantio (PL), Nucleação (NUC) e Regeneração Natural (RN), as áreas de estudo possuíam idades que variavam de 3 a 8 anos (Tabela 1). Como testemunha foi utilizado uma área de floresta próximo as áreas mineradas.

Figura 6 - Localização das áreas mineradas em recuperação.



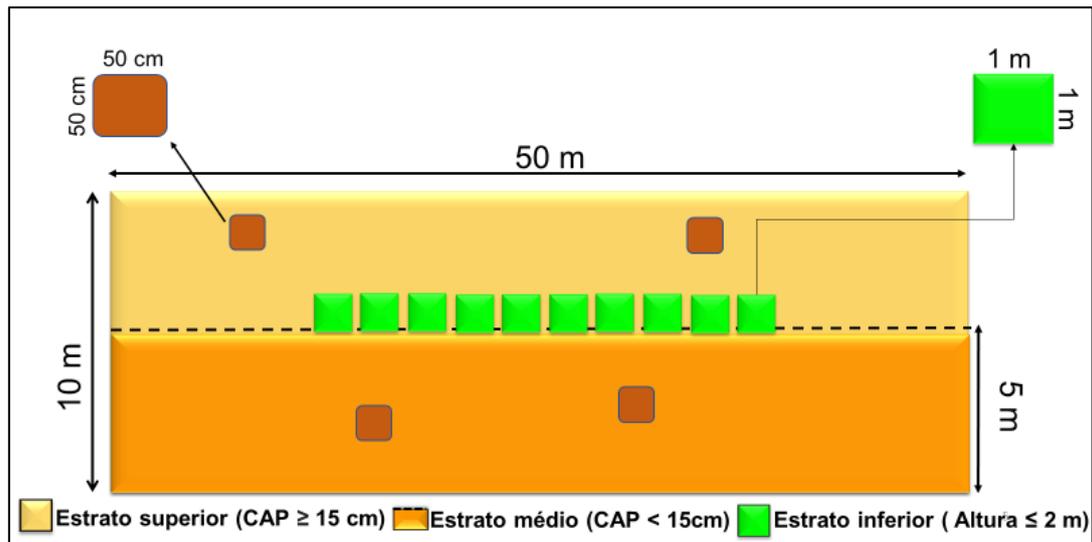
Fonte: Autores

Tabela 1 - Classificação das áreas de estudo, vegetações secundárias formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA

Método de recuperação	Ano de implantação	Idade (anos)	Código
Plantio	2009	8	PL8
	2010	7	PL7
	2011	6	PL6
	2012	5	PL5
	2013	4	PL4
	2014	3	PL3
Regeneração Natural	2009	8	RN8
	2010	7	RN7
	2011	6	RN6
	2012	5	RN5
	2014	3	RN3
Nucleação	2013	4	NUC4
	2014	3	NUC3
Floresta	FLO

Foram instaladas três parcelas em cada área de estudo, exceto para as áreas de RN7, RN6 e RN5, onde foram instaladas quatro parcelas, devido a heterogeneidade das áreas, sendo necessário maior número amostral. Em cada parcela foi realizado o levantamento florístico em três estratos da vegetação. Foi estabelecida uma parcela de 10 m × 50 m (500m²) para o inventário do estrato superior (indivíduos com CAP ≥ 15cm), uma sub-parcela de 5 x 50 m (250m²) foi estabelecida para o estrato médio (indivíduos com CAP < 15cm e altura ≥ 2,0 m) e, para a realização do inventário do estrato inferior (indivíduos com altura < 2,0m e ≥ 10 cm) foram distribuídas regularmente 10 sub-parcelas de 1 × 1 m no centro da parcela de 500m². A serapilheira foi coletada de forma aleatória dentro de cada parcela de 500m², com quatro repetições por parcela, totalizando 12 amostras por área de estudo (Figura 7).

Figura 7- Croqui das parcelas instaladas nas áreas de



Fonte: Autores

Para a determinação da biomassa, foram utilizados os métodos indireto e direto, sendo o primeiro para o estrato superior e médio, e o segundo para o estrato inferior e serapilheira. Nos estratos superior e médio os dados de circunferência a altura do peito (CAP) foram coletados com o auxílio de uma fita centimétrica e todas as informações foram anotadas em fichas de campo. Para o estrato inferior, foram coletados todos os indivíduos lenhosos e não lenhosos com altura entre 0,10 m até 2 m, sem o sistema radicular. A serapilheira foi coletada com o auxílio de um gabarito de 50 cm x 50 cm e todas as amostras foram armazenadas em sacos de papel propriamente identificados. Em todos os estratos foram registrados os nomes vulgares das espécies com o auxílio de um identificador botânico.

Após a coleta, os materiais do estrato inferior e da serapilheira foram levados para o laboratório multifuncional 3 da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, para serem pesados com o auxílio de balança de precisão para a obtenção dos dados de massa fresca (gramas). Posteriormente, o material foi levado para a secagem em estufa à 75 °C até a obtenção da massa seca constante.

Para a identificação dos indivíduos, foi coletado material botânico com o auxílio de podão e feita a confecção de exsiccatas para a identificação botânica das espécies. Após a coleta, as exsiccatas foram levadas à estufa para secagem do material. Todo o material coletado foi comparado com material botânico disponível em literaturas especializadas para identificação em nível de espécie e modo de vida. A correção dos nomes científicos e a classificação das formas de vida foram realizadas de acordo com a plataforma online de Lista de Espécies da

Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>), com as seguintes especificações: arbóreo, arbustivo, herbácea e liana.

4.3.1 Cálculos da estrutura da vegetação

Foram calculados os seguintes parâmetros para a estrutura florística: DAP (diâmetro à 1,3 m do solo), D (densidade) e S (riqueza) nos três estratos da vegetação (Tabela 2).

Tabela 2 - Fórmulas utilizadas para cálculo das variáveis dendrométricas e florísticas

Variável	Fórmula	Descrição
DAP (diâmetro a altura do peito)	$DAP = \frac{CAP}{\pi}$	CAP= Circunferência à altura do peito $\pi = 3,1416$
D (densidade)	$D = \frac{N}{\text{Área}}$	N = Número total de indivíduos
S (riqueza)	Número de espécies ocorrentes na área.	--

4.3.2 Cálculo da biomassa

Por meio dos dados coletados no inventário florístico foi possível calcular a biomassa acima do solo ($Mg \cdot ha^{-1}$) para os estratos superior e médio, com o uso de equações alométricas disponíveis na literatura (Tabela 3). Para o estrato inferior e a serapilheira, a biomassa foi calculada pela média do peso da matéria seca. Nos estratos superior e médio a biomassa foi calculada a partir de equações que usam o diâmetro à 1,30 m do solo (DAP). A Biomassa seca para as áreas de floresta primária foi calculada conforme Higuchi et al. (1998) considerando duas classes de DAP: DAP entre 20 e 5cm e $DAP > 20$ cm. A biomassa das áreas de vegetação secundária foi calculada utilizando duas classificações: DAP menor que 28,6 cm conforme Nelson et al. (1999), e DAP maior que 26,8 cm segundo a equação de Brown (1997), para espécie *Cecropia* sp., foi utilizada a equação de Nelson et al. (1999), devido à sua forma de crescimento peculiar que tem ramos ocos e madeira de baixa densidade (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações alométricas utilizadas para determinar a biomassa dos estratos superior e médio, baseando-se no diâmetro

Grupo de espécies	Equação	Fonte
Floresta Primária		
DAP > 20 cm	$LN(BF) = -0,151 + 2,170 * LN(DAP)$	Higuchi et al. (1998)
$5 \leq DAP < 20$ cm	$LN(BF) = -1,754 + 2,665 * LN(DAP)$	Higuchi et al. (1998)
DAP < 5 cm	DAP < 5 cm: $LOG(BS) = -0,85 + 2,57 * LOG(DAP)$	Gerwing (2002)
Floresta Secundária		
DAP \leq 28,6	$LN(BS) = -1,9968 + 2,4128 * LN(DAP)$	Nelson et al. (1999)
DAP > 28,6	$LN(BS) = -2,134 + 2,530 * LN(DAP)$	Brown (1997)
Espécies de árvores pioneiras		
Cecropia sp.	$LN(BS) = -2,512 + 2,426 * LN(DAP)$	Nelson et al. (1999)

BS= biomassa seca; BF= biomassa fresca convertida para biomassa seca por meio do fator 0.603, como recomendado por Higuchi et al. (1998). DAP = diâmetro à altura do peito.

4.4 Análise dos dados

Foi realizado *Shapiro-Wilk normality test* ($p = 2.403e-09$) para verificar o tipo de distribuição dos dados. Significantes diferenças entre a biomassa dos diferentes tipos de métodos de recuperação foram determinadas pelo teste qui-quadrado usando Kruskal-Wallis (K-W) por meio do pacote *Agricolae* (MENDIBURU, 2016).

Foi realizada Análise de Componente Principal (ACP) para verificar a relação entre a biomassa e os estratos da vegetação em cada área, por método de recuperação, essa análise ocorreu sobre uma matriz de quatro compartimentos da vegetação (superior, médio, inferior e serapilheira) por onze áreas em recuperação e uma área de floresta.

Foi realizada uma Análise de Co-inércia por meio do teste de Monte-Carlo para verificar a relação entre a estrutura florística e a biomassa em função dos estratos da vegetação nas áreas de estudo. Essa análise ocorreu sobre uma matriz de seis parâmetros da estrutura florística (densidade e riqueza dos estratos superior, médio e inferior) com uma matriz de quatro parâmetros da biomassa (biomassa seca dos estratos superior, médio, inferior e a serapilheira) por onze áreas em recuperação (Tabela 1), utilizando o pacote *Ade4* (DRAY; DUFOUR, 2007).

Os dados de biomassa e da estrutura florística foram logaritimizados ($\log x + 1$) para a padronização. Todas as análises de dados foram realizadas por meio do software R 3.5.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) e todos os testes foram verificados ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da flora

Na área de Floresta foi encontrada uma riqueza de 47 espécies, onde 23 delas ocorreram no estrato superior que apresentou densidade média de 0,071 ind.m², 20 espécies no estrato médio (densidade média = 0,112 ind./m²) e 33 no estrato inferior (densidade média= 5,500 ind.m²) (Tabela 5). Das espécies encontradas na Floresta 83% delas são de hábito arbóreo (Tabela 4). As cinco espécies mais abundantes foram: *Rinorea flavescens* (Aubl.) Kuntze (41 indivíduos), *Inga laurina* (Sw.) Willd (39 indivíduos), *Bauhinia rutilans* Spruce ex Benth (23 indivíduos), *Sagotia racemosa* Baill (14 indivíduos), *Chrysophyllum amazonicum* T.D.Penn. (14 indivíduos) (Tabela 7 - apêndice).

Nas áreas de Regeneração Natural foi encontrada uma riqueza de 27 espécies, distribuídas entre os estratos da seguinte forma: 10 no estrato superior que apresentou média de 0,03 ind.m²; 10 espécies no estrato médio com média 0,089 ind.m²; e 22 no estrato inferior com média de 1,347 ind.m² (Tabela 5). As cinco espécies mais abundantes foram: *Croton matourensis* Aubl (219 indivíduos), *Vismia guianensis* (Aubl.) (109 indivíduos), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (53 indivíduos), *Onychopetalum amazonicum* R. E. Fries (50 indivíduos), *Cecropia glaziovii* Sneathlaga (46 indivíduos), *Laetia corymbulosa* Spruce ex Benth. (46 indivíduos) (Tabela 7 - apêndice).

Nas áreas de Plantio foi encontrada uma riqueza de 46 espécies, distribuídas entre os estratos da seguinte forma: 31 no estrato superior que apresentou média de 0,031 ind.m²; 23 espécies no estrato médio com média de 0,065 ind.m²; e 21 no estrato inferior com média de 1,100 ind.m² (Tabela 5). As cinco espécies mais abundantes foram: *Croton matourensis* Aubl (132 indivíduos), *Vismia guianensis* (Aubl.) (126 indivíduos), *Bauhinia forficata* Link (60 indivíduos), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (54 indivíduos), *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard (31 indivíduos) (Tabela 7 - apêndice).

A Nucleação apresentou uma riqueza de 25 espécies, onde 10 delas ocorreram no estrato superior com média de 0,028 ind.m², 14 espécies no estrato médio com média de 0,083 ind.m²; e 9 no estrato inferior com média de 1,267 ind.m² (Tabela 5). As cinco espécies mais abundantes foram: *Cecropia glaziovii* Sneathlaga (103 indivíduos), *Vismia guianensis* (Aubl.) (30 indivíduos), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (20 indivíduos), *Solanum* L (29 indivíduos), *Cecropia hololeuca* Miq (18 indivíduos) (Tabela 7 – apêndice).

Os valores de riqueza encontrados neste estudo nas áreas de Regeneração de 3 a 8 anos estão próximos aos encontrados na literatura para florestas secundárias formadas após outros tipos de uso do solo, como agricultura. Lima et al., (2007) analisando a sucessão florestal a partir das mudanças florísticas e estruturais de floresta sucessionais em recuperação após o processo de derruba e queima, encontraram 53 espécies em área de floresta secundária com dez anos na região de Manaus. Coelho et al., (2003) encontraram uma riqueza de 18, 30 e 73 espécies para áreas com 4, 8 e 12 anos, respectivamente, em florestas secundárias em Castanhal, PA.

As áreas em recuperação analisadas apresentam predominância de espécies heliófitas (Tabela 7 - apêndice), isto pode ser explicado devido ao uso prévio do solo à atividade de mineração, agricultura e pasto, refletindo no banco de sementes do *topsoil*. Nas áreas mais antigas isto pode estar relacionado com a escolha das espécies que foram plantadas nas áreas. A presença de *Cecropia* spp., *Vismia guianensis* (Aubl.) e *Croton matourensis* Aubl nas áreas em recuperação, demonstra o processo de sucessão florestal em ambientes que tiveram supressão abrupta da vegetação, iniciando pelo surgimento de espécies do grupo ecológico das pioneiras (DUARTE et al., 2018). Em todas as áreas em recuperação ocorreu predominância do hábito arbóreo seguido do arbustivo, ervas e lianas (Tabela 4). A predominância do hábito arbóreo nestas áreas pode estar sendo influenciada pela área de floresta que se encontra próxima das áreas em recuperação e pela escolha das espécies que foram plantadas.

Tabela 4 - Riqueza e abundância dos hábitos de crescimento das espécies vegetais encontradas em florestas secundárias sob diferentes métodos de recuperação de área degradada por extração de bauxita, no município de Paragominas-PA (valores entre parênteses correspondem a % de espécies por hábito).

Parâmetro	Hábito	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
		8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Riqueza	Árvore	8 (62%)	6 (67%)	9 (64%)	11 (52%)	6 (67%)	19 (76%)	13 (56%)	13 (81%)	16 (76%)	9 (69%)	13 (76%)	16 (76%)	3 (50%)	40 (83%)
	Arbusto	2 (15%)	2 (22%)	2 (14%)	5 (24%)	2 (22%)	3 (12%)	3 (13%)	2 (12%)	2 (9,5%)	4 (31%)	3 (18%)	3 (14%)	1 (16,7%)	-
	Erva	2 (15%)	1 (11%)	2 (14%)	3 (14%)	1 (11%)	3 (12%)	5 (22%)	1 (7%)	2 (9,5%)	-	2 (6%)	2 (10%)	2 (16,7%)	5 (10%)
	Liana	1 (8%)	-	1 (8%)	2 (10%)	-	-	2 (9%)	-	1 (5%)	-	-	-	3 (16,6%)	3 (7%)
Abundância	Árvore	152 (84,92%)	26 (54,17)	161 (78,92%)	72 (54,55%)	155 (94,51%)	157 (88,20%)	86 (66,15%)	102 (82,93%)	140 (80,92%)	61 (81,33%)	56 (63,64%)	163 (82,74%)	54 (60,67%)	307 (86,24%)
	Arbusto	3 (1,68%)	14 (29,17)	22 (10,78%)	17 (12,88%)	8 (4,88%)	7 (3,93%)	16 (12,31%)	14 (11,38%)	9 (5,20%)	14 (18,67%)	20 (22,73%)	21 (10,66%)	24 (26,97%)	-
	Erva	15 (8,38%)	8 (16,67)	19 (9,31%)	33 (25%) (0,61%)	1 (0,61%)	14 (7,87%)	24 (18,46%)	7 (5,69%)	21 (12,14%)	-	12 (13,64%)	13 (6,60%)	10 (11,24%)	16 (4,49%)
	Liana	9 (5,03%)	-	2 (0,98%)	10 (7,58%)	-	-	4 (3,08%)	-	3 (1,73%)	-	-	-	1 (1,12%)	33 (9,27%)

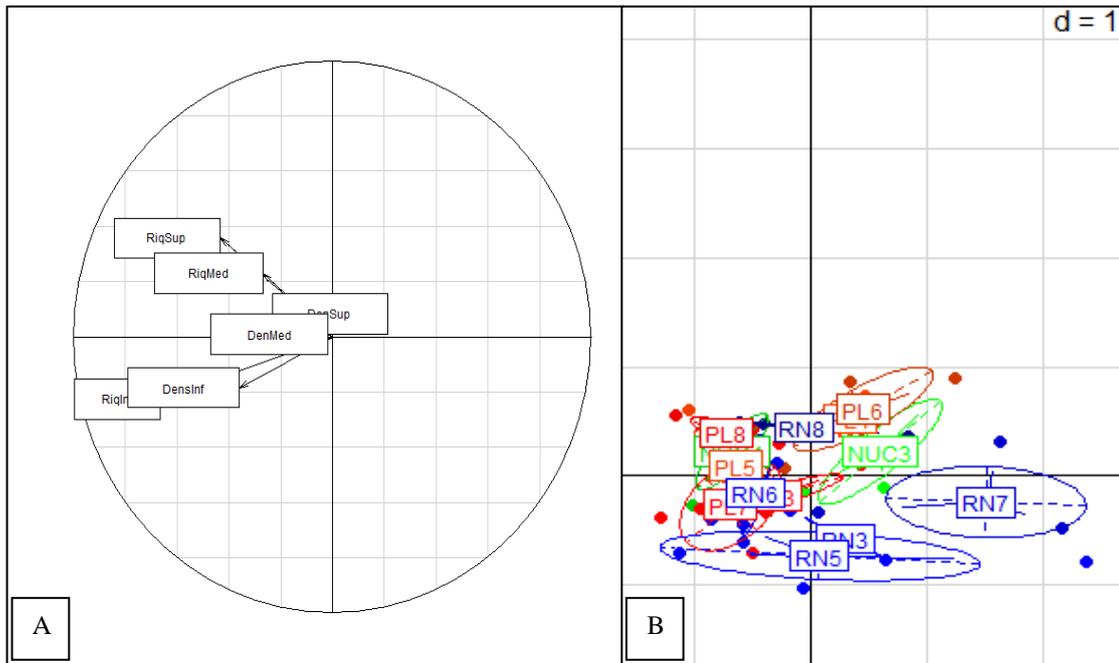
Tabela 5. Densidade total de indivíduos por estrato das florestas secundárias formadas após extração de bauxita, submetidas a diferentes métodos de recuperação de área degradada, no município de Paragominas-PA.

Métodos de recuperação	Idade	Estrato superior			Estrato médio			Estrato inferior		
		D (ind/1500m ²)	D (ind/m ²)	S	D (ind/750m ²)	D (ind/m ²)	S	D (ind/30m ²)	D (ind/m ²)	S
Regeneração Natural	8 anos	70	0,047	6	79	0,105	7	30	1,000	9
	7 anos	13	0,009	4	20	0,027	4	15	0,500	3
	6 anos	48	0,032	7	101	0,135	6	55	1,833	11
	5 anos	24	0,016	7	30	0,040	7	78	2,600	14
	3 anos	36	0,024	2	104	0,139	4	24	0,800	7
	Média	38,20	0,03	-	66,80	0,089	-	40,40	1,347	-
Plantio	8 anos	78	0,052	16	68	0,091	5	32	1,067	11
	7 anos	48	0,032	10	29	0,039	6	53	1,767	14
	6 anos	58	0,039	9	53	0,071	10	12	0,400	4
	5 anos	51	0,034	12	74	0,099	11	48	1,600	8
	4 anos	26	0,017	6	40	0,053	8	9	0,300	3
	3 anos	15	0,010	9	29	0,039	7	44	1,467	9
Média	46,00	0,031	-	48,83	0,065	-	33,00	1,100	-	
Nucleação	4 anos	57	0,038	9	82	0,109	13	58	1,933	7
	3 anos	28	0,019	4	43	0,057	4	18	0,600	4
	Média	42,50	0,028	-	62,5	0,083	-	38,00	1,267	-
Floresta	-	107	0,071	23	84	0,112	20	165	5,500	33

De acordo com a Análise de Componente Principal para flora, os tipos de métodos de recuperação influenciaram significativamente a variabilidade dos dados (Teste de Monte-Carlo = 53%; $p = 0,003$), onde os dois primeiros eixos explicaram 91,09% da variância total dos dados (eixo 1 = 69,17%; eixo 2 = 21,92%) (Figura 9). A riqueza do estrato inferior e a riqueza do estrato superior foram as variáveis com maior contribuição para a formação do primeiro eixo, ordenando as áreas com maiores valores de riqueza no estrato superior na parte esquerda do plano fatorial. Apesar da alta porcentagem de explicação do primeiro eixo não foi possível verificar ao longo dele uma ordenação das amostras de acordo com a cronossequência, como observado em outros trabalhos de Santos (2011) e Costa (2012). No entanto, é possível verificar uma tendência em ordenar as áreas de Nucleação com as áreas de Plantio. As áreas de Regeneração Natural ficaram ordenadas de forma a estarem presentes em todo o plano fatorial, ora agrupadas com o Plantio e a Nucleação, como aconteceu com RN6 e RN8, e ora isolados tendendo a formar um grupo (RN5, RN6 e RN7). Em florestas secundárias a variação no potencial de regeneração, está associado à fertilidade do solo, a composição florística original, a vegetação vizinha e o tamanho do desflorestamento, bem como os procedimentos de eliminação da vegetação (TUCKER et al., 1998).

Podemos dizer que as variáveis florísticas estudadas não foram boas para separar os métodos de recuperação, portanto há um comportamento comum entre as áreas em termos de riqueza e densidade, onde em todos os métodos, pôde-se observar que a densidade foi maior no estrato médio do que no estrato superior, sendo este resultado também encontrado por Coelho, Miranda e Mitja (2013) em florestas secundárias no município de Benfica, PA, analisando a composição florística de um remanescente florestal com diferentes níveis de perturbação. Vale ressaltar que o começo do estágio inicial da sucessão é marcado por alta densidade e riqueza que tendem a diminuir à medida que os indivíduos crescem (ALMEIDA, 2016), também é importante destacar que o período de coleta dos dados foi realizado durante a estação seca, a qual favorece o surgimento de espécies pioneiras iniciais e também a produção de serapilheira (MARTINS, et al., 2018).

Figura 8 - Ordenação do primeiro e segundo eixo para análise de componente principal da flora: (A) círculo de correlação das variáveis da estrutura da vegetação: riqueza e densidade por estrato da vegetação; (B) ordenação das 138 parcelas ordenadas por áreas de vegetação em recuperação. RiqSup= riqueza do estrato superior; RiqMed= riqueza do estrato médio; RiqInf= riqueza do estrato inferior; DenSup= densidade do estrato superior. DenMed= densidade do estrato médio; DenInf= densidade do estrato inferior; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação



5.2 Caracterização da biomassa acima do solo

Os valores médios de biomassa total encontrados nas áreas de Regeneração Natural variaram de 21,42 Mg.ha⁻¹ na área com 7 anos a 244,92 Mg.ha⁻¹ na área com 5 anos. Nas áreas de Plantio essa variação foi menor indo de 17,07 Mg.ha⁻¹ na área com 3 anos de idade a 54,95 Mg.ha⁻¹ na área com 7 anos de idade. Já na Nucleação a variação da biomassa total em um intervalo de 1 ano não apresentou valores tão altos, variando de 9,54 Mg.ha⁻¹ na Nucleação com 3 anos a 23,79 Mg.ha⁻¹ na área de Nucleação com 4 anos (Tabela 6).

A biomassa total apresentou diferença significativa entre os métodos de recuperação e a área de Floresta (teste de Kruskal Wallis = 32; p = 0,001). Quando comparamos as áreas com as mesmas idades, mas com métodos de recuperação diferentes, verificamos que a Regeneração Natural de 3 anos apresenta biomassa total significativamente maior do que as áreas de Plantio e de Nucleação e que estes dois métodos são semelhantes entre si nas áreas com 3 anos de idade (Tabela 6). As áreas mais jovens de Regeneração Natural apresentaram biomassa total semelhante à da Floresta (Tabela 6). Vale ressaltar que enquanto na Floresta a

biomassa total recebe maior contribuição da biomassa do estrato superior, na Regeneração Natural de 5 e 3 anos é a serapilheira que mais contribui para a biomassa total (Figura 10). Já a biomassa total da Nucleação foi significativamente menor do que a da Floresta e em relação ao Plantio somente a área com 8 anos de idade foi semelhante a Floresta (Tabela 6), nesta área a serapilheira e o estrato superior apresentaram proporções próximas (Figura 10).

Tabela 6 - Média \pm Desvio Padrão da biomassa total (Mg.ha⁻¹) encontrada na Floresta e nas áreas de vegetação secundária formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA. FLO= floresta; RN= regeneração natural; PL= plantio; NUC= nucleação

Áreas	Média e Desvio Padrão				
	Superior	Médio	Inferior	Serapilheira	TOTAL
FLO	104,02 \pm 46,16	7,22 \pm 1,48	14,71 \pm 5,62	54,11 \pm 14,91	180,06 \pm 54,45a
RN 8 anos	13,37 \pm 1,70	1,77 \pm 1,20	3,51 \pm 4,68	30,95 \pm 17,14	49,61 \pm 24,12 bc
RN 7 anos	2,34 \pm 4,22	0,15 \pm 0,20	7,38 \pm 2,28	11,53 \pm 6,32	21,42 \pm 11,20 def
RN 6 anos	3,04 \pm 1,02	1,06 \pm 0,61	9,29 \pm 7,46	14,86 \pm 5,44	28,21 \pm 1,96 bcde
RN 5 anos	2,09 \pm 2,50	0,34 \pm 0,34	13,41 \pm 6,90	229,06 \pm 217,39	244,92 \pm 214,18 a
RN 3 anos	2,91 \pm 2,47	2,18 \pm 1,57	4,82 \pm 3,78	231,62 \pm 108,91	241,54 \pm 113,59 a
PL 8 anos	22,08 \pm 13,88	0,77 \pm 0,22	2,56 \pm 1,91	24,94 \pm 4,64	50,37 \pm 7,68 ab
PL 7 anos	13,60 \pm 13,86	0,36 \pm 0,15	5,28 \pm 5,19	35,71 \pm 23,80	54,95 \pm 37,52 bcd
PL 6 anos	9,93 \pm 6,58	0,94 \pm 0,86	8,28 \pm 13,42	19,82 \pm 28,46	38,98 \pm 49,29 cdef
PL 5 anos	16,67 \pm 22,22	1,47 \pm 1,70	1,14 \pm 0,61	23,86 \pm 8,66	43,15 \pm 21,01 bcde
PL 4 anos	2,86 \pm 0,99	0,89 \pm 0,88	1,49 \pm 0,99	30,50 \pm 6,77	35,75 \pm 4,99 bcde
PL 3 anos	1,26 \pm 0,20	0,40 \pm 0,14	5,75 \pm 5,59	9,64 \pm 4,90	17,07 \pm 1,59 ef
NUC 4 anos	3,57 \pm 0,84	1,47 \pm 0,57	6,03 \pm 5,08	12,71 \pm 1,71	23,79 \pm 5,71 cdef
NUC 3 anos	1,90 \pm 0,68	0,67 \pm 0,17	0,56 \pm 0,34	6,38 \pm 5,04	9,54 \pm 5,59 f

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Kruskal wallis a 5% de probabilidade.

A biomassa acima do solo pode variar de 51 a 64 Mg.ha⁻¹ para florestas secundárias com idades entre 6 e 7 anos (SALIMON & BROWN, 2000). Costa et al. (2012) estudando florestas secundárias jovens formadas após o uso da agricultura no estado do Pará, encontraram biomassa equivalente a 21,6 Mg.ha⁻¹ para áreas com idades entre 3 e 12 anos, já em florestas

secundárias com mais de 15 anos encontraram um valor de 192.5 Mg.ha⁻¹, valores próximos dos encontrados nesse estudo para florestas secundárias jovens, como Regeneração Natural de 3 e 5 anos. Steininger (2000) estudando a biomassa acima solo em floresta secundária com 12 anos, desenvolvida após o abandono do cultivo agrícola na região do estado de Manaus, encontrou um valor de 140 Mg.ha⁻¹. Nogueira (2008) estudando a biomassa em florestas secundárias no centro sul da Amazônia (noroeste do Mato Grosso e sul do Pará) encontrou biomassa de 46 Mg.ha⁻¹.

É importante ressaltar que são poucos os trabalhos com relação à avaliação da biomassa acima do solo em áreas de mineração. Os estudos normalmente encontrados na literatura se baseiam em outros indicadores de recuperação como atributos químicos e físicos do solo (LUNARDI NETO et al., 2008), biomassa microbiana (DONHA et al., 2016; CARNEIRO et al., 2008; SANTOS et al., 2008) ou limitam-se ao estudo do comportamento de espécies específicas no processo de recuperação de áreas mineradas (SALOMÃO et al., 2019; AMARAL et al., 2018). Portanto, foram utilizados com suporte trabalhos que retratam a biomassa a partir de outros tipos de perturbação, a fim de verificar se a vegetação secundária nas áreas de mineração possui valores de biomassa acima do solo próximos a outras áreas de vegetação secundária formadas por outros históricos de uso da terra.

Quando comparamos os valores de biomassa encontrados nas áreas em recuperação com as estimativas de biomassa reportadas em estudos anteriores, podemos perceber que a biomassa acima do solo possui valores próximos aos relatados na literatura para áreas com idade mais avançada. Assim, é possível verificar um bom desempenho dos métodos de recuperação utilizados nas áreas mineradas.

Nos três métodos de recuperação analisados, a serapilheira é o compartimento mais importante para a composição da biomassa total, contribuindo com mais de 50% da biomassa total (Figura 9). Em relação à porcentagem de biomassa total recuperada, as áreas de Regeneração Natural com 3 e 5 anos de idade, recuperaram mais 100% da biomassa em relação a floresta, no entanto, esses resultados são um reflexo da maior contribuição da serapilheira e não de biomassa vegetal viva, possivelmente ocasionado pela forte contribuição de espécies herbáceas de ciclo de vida anual (Figura 10).

De acordo com os resultados florísticos para as áreas de Regeneração Natural com 3 e 5 anos, foi possível verificar nessas áreas uma alta abundância de espécies pioneiras de rápido crescimento no estrato inferior, como *Melissa officinalis* L e *Protium* sp. Essas espécies possuem um ciclo de vida curto, e investem no crescimento foliar devido à forte competição

por recursos (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Já no estrato superior e médio foi verificado uma alta abundância de *Croton matourensis* Aubl., que devido ao seu crescimento adensado acaba por abandonar folhas e galhos mais inferiores à medida que cresce, formando uma boa camada de serapilheira. Assim, devido ao período de coleta, período de seca, houve uma alta produção de serapilheira, possivelmente ocasionada por perda foliar, como forma de evitar a perda de água por transpiração (SANCHES et al., 2008)

Em termos proporcionais nos três métodos de recuperação o estrato superior aumenta sua importância na composição da biomassa total à medida que as áreas avançam em idade, sendo mais evidente nas áreas de Regeneração Natural (Figura 9). Este comportamento é considerado normal, pois devido ao amadurecimento natural da floresta, há o aumento das características estruturais da vegetação como volume, área basal, diâmetro e altura (AIDE et al., 2000).

Nas áreas de Regeneração Natural e Plantio com idades de 8 anos, que consistem em uma vegetação secundária com maior tempo em recuperação, a porcentagem de recuperação da biomassa não apresentou valores tão altos (Figura 10), por mais que sejam áreas com idades mais avançadas e possuam uma boa formação do estrato superior, são paisagens com elevado predomínio de espécies pioneiras como *Vismia guianensis* (Aubl.) e *Acacia polyphylla* DC. Essa elevada ocorrência de espécies heliófitas causa uma baixa diversificação taxonômica e funcional, refletindo diretamente na redução de grandes árvores (LAURANCE et al., 2000).

As áreas de nucleação apresentaram baixos valores de recuperação da biomassa em relação à floresta (Figura 10), no entanto, os valores estão próximos aos encontrados nas outras áreas da mesma idade, demonstrando que há uma tendência de que os fluxos ecológicos estimulados pela nucleação sejam dinâmicos no tempo e no espaço (REIS et al., 2003).

Figura 9 - Proporção da biomassa acima do solo entre os quatro compartimentos da vegetação nos diferentes tipos de métodos de recuperação em áreas de vegetação secundária formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA, FLO = Floresta; RN = Regeneração Natural; PL = Plantio; NUC = Nucleação

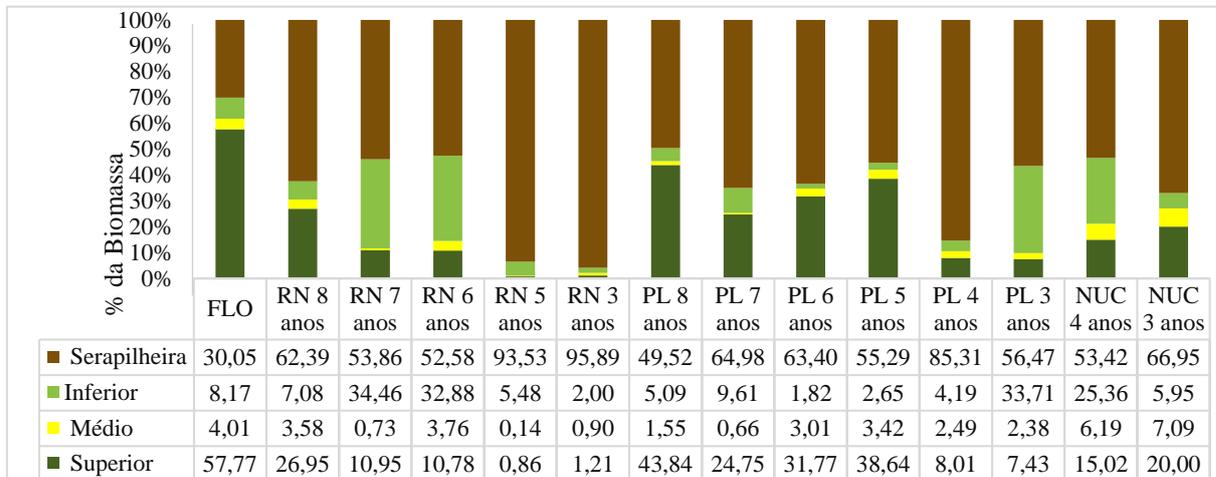
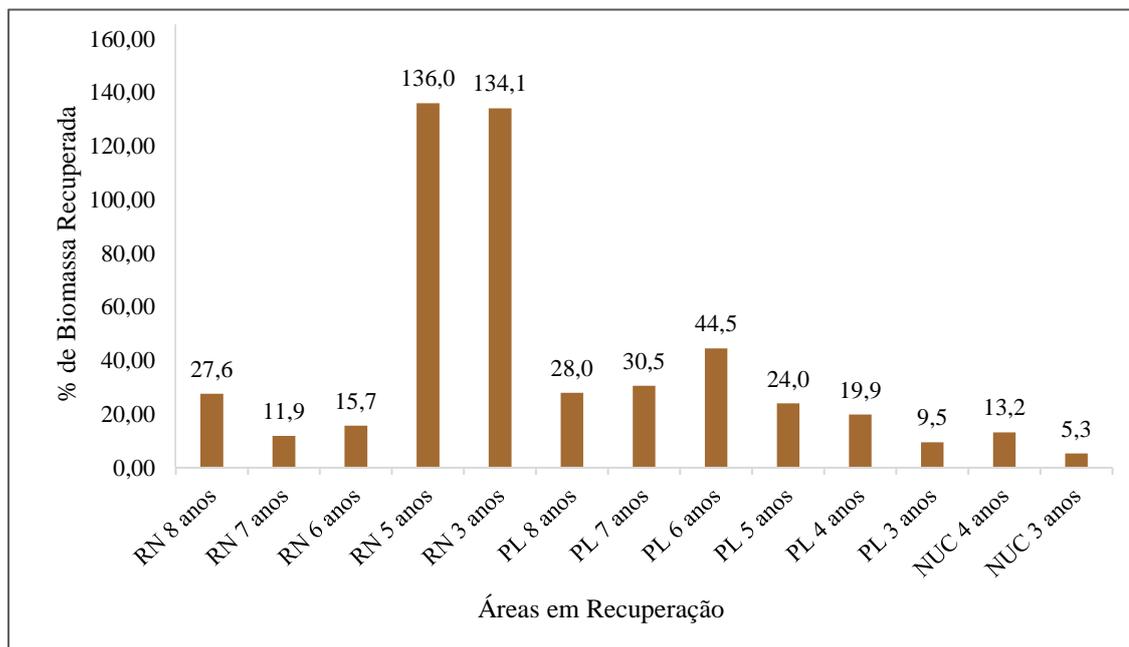


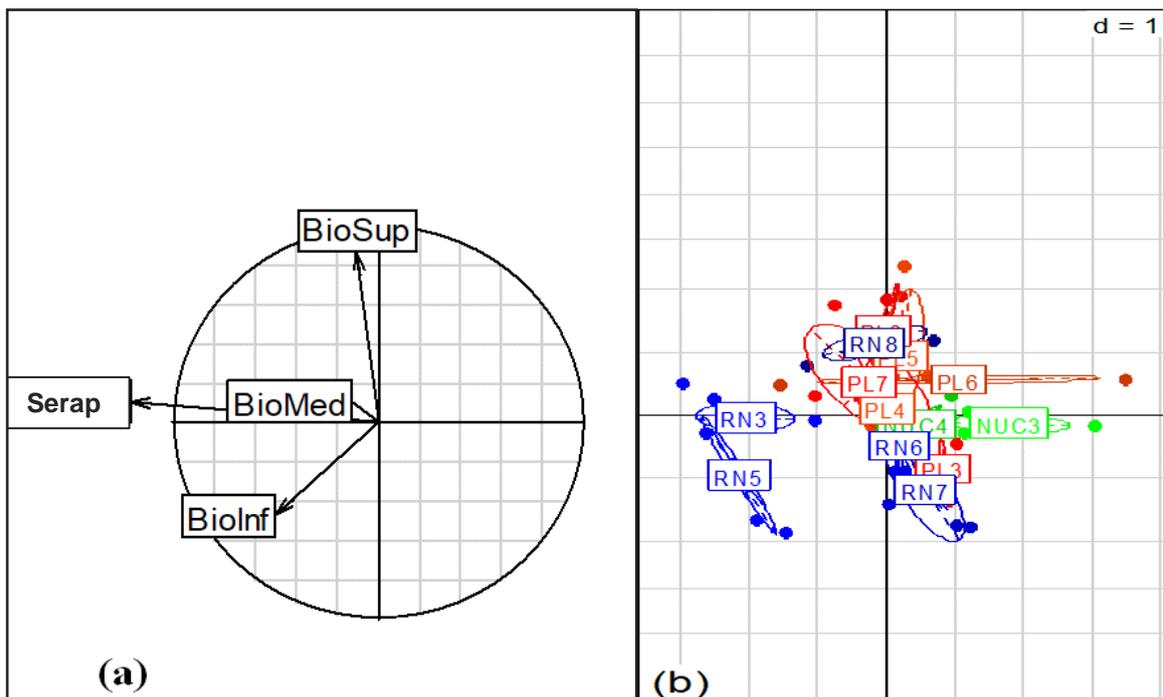
Figura 10- Porcentagem de biomassa recuperada acima do solo nos diferentes tipos de métodos de recuperação nas áreas de vegetação secundária em estudo, em relação a Floresta, formadas após a extração de bauxita, Paragominas – PA, RN = Regeneração Natural; PL = Plantio; NUC = Nucleação



Da mesma forma que a ACP para florística, na ACP para biomassa os tipos de métodos de recuperação influenciaram significativamente a variabilidade dos dados. Os dois primeiros eixos explicam 79,84% da variância total dos dados (eixo 1 = 50,50%; eixo 2 = 29,34%). O teste de Monte-Carlo mostrou que 60% da variabilidade dos dados de biomassa acima do solo podem ser explicados pelos tipos de métodos de recuperação utilizados ($p = 0,001$). A ACP

para biomassa apresentou uma diferenciação quanto à qualidade e à quantidade de biomassa nas áreas em recuperação. O primeiro eixo demonstra um gradiente que ordena as amostras de acordo com a quantidade da biomassa e o segundo eixo demonstra um gradiente da qualidade da biomassa (Figura 11). Logo, os métodos que promovem o estrato superior contribuem para uma melhor estrutura da vegetação. Assim, as áreas apresentam um comportamento já esperado, onde as áreas mais velhas possuem uma vegetação mais estruturada, no entanto, essas áreas se misturam com áreas mais novas, isso pode ser um reflexo do preparo das áreas para a implantação do método de recuperação, demonstrando que não há um padrão nos métodos utilizados.

Figura 11 - Ordenação do primeiro e segundo eixo para análise de componente principal de biomassa: (a) círculo de correlação dos componentes da vegetação; (b) ordenação das 138 parcelas agrupadas por métodos de recuperação. BioSup= biomassa do estrato superior; BioMed= biomassa do estrato médio; BioInf= Biomassa do estrato inferior, Serap= serapilheira; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação.



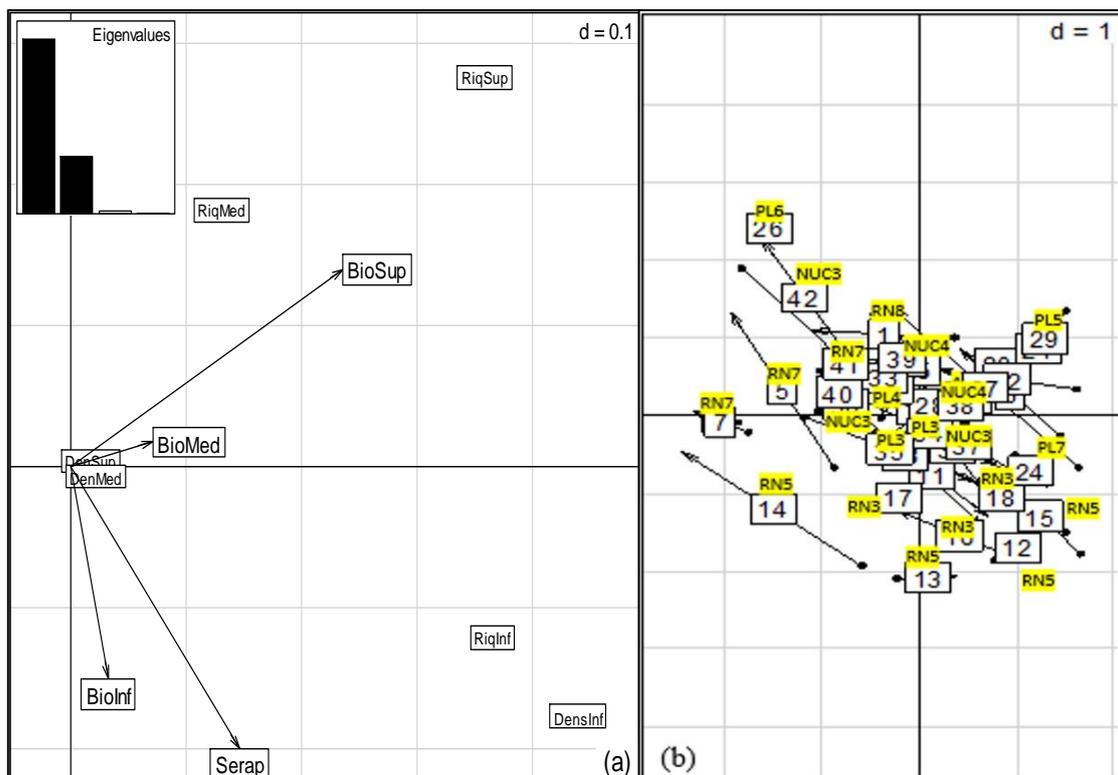
5.3 Relação entre biomassa acima do solo e flora

A análise de co-inércia mostrou co-variância significativa entre as matrizes de biomassa e estrutura florística, porém compartilhando apenas 23% da variância dos dados (teste de Monte Carlo, $p = 0,002$). Portanto a ordenação das áreas encontradas no plano fatorial da co-inércia é

similar à ordenação encontrada nas análises de componentes principais de cada matriz, onde: o primeiro eixo representou 72,99% da variabilidade dos dados e foi formado principalmente pela biomassa do estrato superior, seguida pela riqueza do estrato superior e inferior. Todas as variáveis se encontraram no mesmo lado do plano fatorial, portanto a ordenação das áreas ao longo deste eixo mostra um gradiente de maior (lado direito) a menores (lado esquerdo) valores de biomassa, densidade e riqueza de espécies (Figura 12).

O segundo eixo representa 24,98% da variância dos dados e foi marcado pelas variáveis da matriz de biomassa, assim a ordenação ao longo deste eixo segue a mesma da biomassa. No segundo eixo, a biomassa do estrato superior se opõe a riqueza e densidade do estrato inferior. Então as áreas onde o estrato superior é mais desenvolvido o estrato inferior é suprimido, tanto em termos de biomassa quanto em termos de densidade e riqueza da vegetação (Figura 12).

Figura 12 - Ordenação do primeiro e segundo eixo da análise de Co-inércia entre a biomassa e estrutura da vegetação; (a) ordenação da biomassa dos quatro compartimento da vegetação e variáveis da vegetação; (b) ordenação das 138 parcelas agrupadas por áreas de vegetação. RiqSup= riqueza do estrato superior; RiqMed= riqueza do estrato médio; RiqInf= riqueza do estrato inferior; DenSup= densidade do estrato superior. DenMed= densidade do estrato médio; DenInf= densidade do estrato inferior; BioSup= biomassa do estrato superior; BioMed= biomassa do estrato médio; BioInf= Biomassa do estrato inferior; PL= plantio; RN= regeneração natural; NUC= nucleação.



6 CONCLUSÃO

- ✓ Em todas as áreas em recuperação ocorreu predominância de hábito arbóreo e de espécies pioneiras.
- ✓ A quantidade e os padrões de distribuição da biomassa dentre os métodos de recuperação foram diferentes.
- ✓ A biomassa acima do solo tende a aumentar à medida que se aumenta a idade das áreas em recuperação.
- ✓ Em áreas mais antigas o estrato superior tem maior contribuição na alocação da biomassa, e em todas as áreas a serapilheira possui forte contribuição.
- ✓ Levando em consideração a biomassa acima do solo como parâmetro de avaliação de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Região de Paragominas-PA, os métodos de Plantio e Regeneração Natural apresentam um bom desempenho. Quanto ao método de nucleação, faz-se necessário um estudo maior em cronosequência para verificar a viabilidade deste método de recuperação para áreas mineradas.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. M. B. de. **Sucessão Florestal em Cronossequência na Floresta Atlântica: capacidade de resiliência e influência do meio**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife, 2016.

AIDE, T. M. et al. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. **Restoration Ecology**, Malden, v. 8, n. 4, p. 328-338, dec. 2000.

ALMEIDA, DS. Modelos de recuperação ambiental. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. **rev. and enl.** Ilhéus, BA: Editus, pp. 100-137. 2016.

AMARAL, C. S.; SILVA, E. de .; PEREIRA, I. M.; AMARAL, W. G.; MACHADO, V. de M. Crescimento de solanum lycocarpum st.-hil. em função da adubação mineral e orgânica em rejeito da mineração de quartzito. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4. 2018.

ARAÚJO, M. M.; TUCKER, J. M.; VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; OLIVEIRA, W.; SAMPAIO, P. D.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G.; OLIVEIRA, F. A.; COELHO, R. F. R.; ARAGÃO, D. V.; MIRANDA, I. Padrão e processo sucessionais em florestas secundárias de diferentes idades na Amazônia oriental. **Ciênc. Florestal**, vol.15, n.4, pp.343-357. Nov. 2005.

ARAÚJO, T. M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J. A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.117, p.43-52. 1999.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V., MELO, F., MARTÍNEZ-RAMOS, M., BONGERS, F., CHAZDON, R.L., MEAVE, J.A., NORDEN, N., SANTOS, B.A., LEAL, I.R., TABARELLI, M. Multiple successional pathways in humanmodified tropical landscapes New insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biol. Rev.** 92, 326–340. 2015.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; FIGUEIREDO, R. de O.; SILVA, G. de F. G. Características agroclimáticas do município de Paragominas. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**. 21 p. 2005.

BROWN, S. **Estimando Biomassa e Mudança de Biomassa de Florestas Tropicais: Um Primer**. (1997). FAO Forestry Paper 134, Roma: Pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

BUGIN, A. Introdução à recuperação de áreas degradadas. Em: **Meio ambiente e carvão**. Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, FEPAM, p.93-98. 2002.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; J; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas

cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. R. Bras. **Ciência do Solo**, v. 32, p. 621-632. 2008.

CHAZDON, Robin. Regeneração de florestas tropicais. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 7, n. 3, p. 195-218, set. - dez. 2012.

COELHO, R. F. R.; ZARINII, D. J.; MIRANDA, I. S.; TUCKER, J. M. Análise florística e estrutural de uma floresta em diferentes estágios sucessionais no município de Castanhal, Pará. **Acta Amaz.** vol.33 no.4, Manaus Dec. 2003.

COELHO, R. F. R.; MIRANDA, I. S.; MITJA, D. Conservação das florestas do projeto de assentamento Benfica, Sudeste da Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 1-17, jan. - mar., 2013.

CONNELL, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs - high diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state. **Science**, 199:1302-1310. 1978.

COSTA, L.G.S., MIRANDA, I.S., GRIMALDI, M., SILVA JR, M.L., MITJA, D., LIMA, T.T.S. Biomass in different types of land use in the Brazil's "arc of deforestation". For. **Ecol. Manag.** 278, 101–109. 2012.

CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; KIRCHNER, F. F.; ROSOT, N. C. Os projetos de redução de emissões do desmatamento e da degradação florestal (REDD). **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 177-188, 2012.

DONHA, R. M. A.; DELARICA, D. de L.; MELO, W. J de.; LONGO, R. M.; ARAÚJO, A. S. F de. Atividade da biomassa microbiana e respiração do solo em áreas de recuperação na Amazônia. **Ciência e Tecnologia**, Jaboticabal, v. 8. 2016.

DUARTE, J. A. P.; FERREIRA, G. C.; RUSCHEL, A. R.; MAFRA, N. A. Composição e estrutura florística de florestas degradadas e secundárias da mesorregião sudeste paraense, pa, brasil. **Biota Amazônia**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 32-43, jul. 2018.

DRAY, S.; DUFOUR, A. B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. **Journal of Statistical Software**, v. 22, n. 4, p. 1–20, 2007.

ENGEL V. L. PARROTA, J. A. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais**. In: KAGEYAMA, PY; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V. L. GANDARA, F. B. (Org) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAP Botucatu, SP, 2003. 340p.

GRANT, C. D., WARD, S. C.; MORLEY, S. C. Return of ecosystem function to restored bauxite mines in western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15 (4, Supl), p. S94-S103, 2007.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, p. 185-206, 2001.

HIGUCHI, N., SANTOS, J., RIBEIRO, R.J., MINETTE, L., BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de Terra-Firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica** 28(2): 153-166. 1998.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2. ed.: 1-332. IBGE, Rio de Janeiro, 2004.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Economia Mineral do Brasil 2018**. Disponível em: <<http://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-2.pdf>>. Acesso em 22/07/2018.

INPE. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. Ministério da Ciência e Tecnologia / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 47p. 2008.

INSTITUTO CHISCO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Instrução normativa icmbio nº 11, de 11 de dezembro de 2014**. Estabelecer procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD, para fins de cumprimento da legislação ambiental. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 21 nov, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Economia Mineral do Brasil 2018**. Disponível em: <<http://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-2.pdf>>. Acesso em 22/07/2018.

IPCC. **Intergovernmental Panel On Climate Change**. 2006. Land use, land use change, and forestry special report. Summary for Policymakers. Based on Watson, R. et al. as Core Writing Team. Montreal.

LAURANCE W.F., DELAMÔNICA P., LAURANCE S.G., VASCONCELOS H.L. and LOVEJOY T.E. Rainforest fragmentation kills big trees. **Nature** 404: 836. 2000.

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

LIEBSCH, D.; MARQUES, M.C.M.; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. **Biol. Conserv.** 141:1717-1725. 2008.

LIMA, T. M.; NEVES, C. A. R. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Brasília: DNPM, 152 p. 2014.

- LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta amazônica**, v. 37(1): 49 – 54. 2007.
- LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 139-146, 2011.
- LUNARDI NETO, A et al . Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 32, n. 4, p. 1379-1388, 2008.
- MAJUMDAR, K; CHOUDHARY, B. K; DATTA, B. K. Aboveground Woody Biomass, Carbon Stocks Potential in Selected Tropical Forest Patches of Tripura, Northeast India. **Open Journal of Ecology**, vol.6 No.10, 2016.
- MARTINS, S. V. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 2ed. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil Editora**, 268 p. 2010.
- MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L. F. S.; OLIVEIRA, F. A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 37-48, jan./marc. 2018.
- MENDIBURU, F. DE. **Agricolae**: Statistical procedures for agricultural research. 2016.
- MILLER, G. T. – Ciência Ambiental: Tradução da 11ª edição norte-americana. Tradução: All Tasks. Revisão técnica Wellington Braz Carvalho Delitti. São Paulo: **Cengage Learning**, 2007.
- MONTGOMERY, R. A. AND CHAZDON, R. L. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia** 131: 165–174. 2002.
- NELSON, B.W., MESQUITA, R., PEREIRA, J.L.G., SOUZA, S.G.A., BATISTA, G.T., COUTO, L.B. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. **Forest Ecology and Management** 117, 149-167. 1999.
- NOGUEIRA, E.M., NELSON, B.W., FEARNESIDE, P.M., FRANÇA, M.B., OLIVEIRA, A.C.A. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. **Forest Ecology and Management** 255, 2963-2972. 2008.
- POORTER, L. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, n.530, p.211-26, 2016.
- PUIG, C.J. Carbon sequestration potential of land-cover types in the agricultural landscape of eastern Amazonia, Brazil. Bonn: **Ecology and Development Series**, 33. ZEF Bonn, 75 p. 2005.

PUIG, H. A floresta tropical úmida. Editora UNESP Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; França: **Institut de Recherche pour le Développement**, 496 p. 2008.

REIS, A. et al. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 85-92, abr. 2003.

REIS, Ademir; BECHARA, Fernando Campanhã; TRES, Deisy Regina. Nucleation in tropical ecological restoration. **Sci. agric.** Piracicaba, Brazil, v. 67, n. 2, p. 244-250, abr. 2010.

RIBEIRO, S. S. **Avaliação da restauração florestal por meio de indicadores de monitoramento em áreas degradadas pela mineração de bauxita em Paragominas-PA.** 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2016.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, E.; MONTEIRO, R.; CULLEN JR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.853-861, 2010.

SALIMON, C.I., BROWN, F. Secondary forest in western Amazonia: significant sinks for carbon released from deforestation? **Interciencia**, 25 (4), 198–202. 2000.

SALOMÃO, R. de P.; HAGE, A.L.F; BRIENZA JUNIOR, S.; SALOMÃO. G, N.; GOMES, V. G. F. Espécies estruturantes para a restauração florestal de áreas mineradas. **Brazilian J. of Develop**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 876-886. 2019.

SALOMÃO, R. de P.; SANTANA, A. C. de; BRIENZA JUNIOR, S.; ROSA, N. de A.; PRECINOTO, R. S. Crescimento de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira) na Amazônia trinta anos após a mineração de bauxita. **Ciências Naturais**, Belém, v. 9, n. 2, p. 307-320, 2014.

SALOMÃO, R. P.; VIEIRA, I. C.; BRIENZA JÚNIOR, S.; AMARAL, D. D.; SANTANA, A. C. Sistema capoeira classe: uma proposta de sistema de classificação de estágios sucessionais de florestas secundárias para o Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém, v. 7, n. 3, p.297-317, 2012.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of geophysical research**, Washington, v. 113, n. 4, p. 1-9, 2008.

SANTOS, A. M. **Consequências das práticas agrícolas na diversidade vegetal em Parauapebas, Pará.** Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Universidade Federal do Pará. 2011.

SANTOS, D. C dos.; CASTILHOS, D. D.; PAULETTO, E. A.; FERNANDES, F. F.; PINTO, L. F. S.; CASTILHOS, R. M. V. biomassa e atividade microbiana em solo

construído após mineração de carvão e submetido a diferentes coberturas vegetais. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v.14, n. 3-4, p.135-146. 2008.

SEPOF. **Estatística Municipal**. Disponível em: <Availableat:<http://fapespa2.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Paragominas.pdf>>. Acesso em: 10 de mar. 2014.

SILVA, R. P. **Alometria, estoque e dinâmica de biomassa de floresta primária e secundária na região de Manaus (AM)**. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) / Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, 152 p. 2007.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. Classificação da vegetação secundária em estágios de regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 369-378, 2013.

STEININGER, M.K. Secondary forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, 16, 689–708. 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016) R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: **R Foundation for Statistical Computing**, 2016.

TRAUTENMULLER, J.W. **Quantificação e distribuição do estoque de biomassa acima do solo em floresta estacional decidual**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente, Área de concentração Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

TUCKER, J.M.; BRONDIZIO, E.S.; MORÁN, E.F. Rates of forest regrowth in eastern Amazônia: A comparison of Altamira and Bragantina regions, Pará State, Brazil. **Interciencia**, 23: 64-73. 1998.

DO VALE, I; MIRANDA, I.S.; MITJA, D. et al. Successional Processes In Agricultural Mosaics In The Eastern Amazon. **Agriculture Ecosystems & Environment**, vol. 256, p. 51-60. 2018.

APÊNDICE

Tabela 7 – Total de espécies por estrato nas áreas nos sistemas em recuperação formado após a extração de bauxita, no município de Paragominas-PA

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Estrato superior														
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	-	-	-	-	-	17	3	-	1	8	-	4	-	-
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	-	-	-	-	-	-	2	4	5	8	3	1	-	-
<i>Apeiba echinata</i> Gaertn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Bauhinia forficata</i> Link	-	-	-	-	-	11	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Buchenavia sericocarpa</i> Ducke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathlaga.	9	6	19	-	-	-	-	-	6	-	-	32	13	-
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	5	-
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	-	-	-	-	-	2	4	-	2	-	-	-	-	-
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	1	-	-	-
<i>Chrysophyllum prieurii</i> A.DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	-	-	-	-	-	-	1	1	4	-	1	-	-	-
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	4	5	20	3	35	1	28	41	13	3	-	-	-	-

Continua ...

Tabela 7: Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
	Estrato superior													
<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	-	-	-	-	-	5	2	-	3	-	-	-	-	3
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rinorea flavescens</i> (Aubl.) Kuntze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Sagotia racemosa</i> Baill.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Schizolobium parahyba</i> var. amazonicum (Huber ex Ducke)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Simarouba amara</i> Aubl	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Solanum</i> L.	-	-	1	1	1	-	-	2	-	1	-	1	9	-
<i>Sterculia speciosa</i> K. Schum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1
<i>Swietenia macrophylla</i> King	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nichols	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Tabernaemontana heptaphyllum</i> Aubl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Continua ...

Tabela 7 – Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Estrato superior														
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.)	15	-	2	7	-	2	1	2	7	-	1	4	-	-
<i>Zanthoxylum regneliana</i> Engl.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrato Médio														
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Apeiba echinata</i> Gaertn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
<i>Bauhinia forficata</i> Link	-	-	-	-	-	35	-	7	2	-	-	-	-	-
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Buchenavia sericocarpa</i> Ducke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	7	-	3	-	-	11	-	1	6	-	-	1	-	-
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathlage.	3	5	4	-	-	-	-	-	10	-	-	36	22	1
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4	-
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	11	-	-	-
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	-	-	46	-	98	-	10	15	1	19	-	-	-	-
<i>Dalbergia melanoxydon</i> Guill. & Perr.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Continua ...

Tabela 7: Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Estrato médio														
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Genipa americana</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Guazuma crinita</i> Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	1
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-
<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.	20	-	-	3	1	1	1	3	3	-	-	2	-	-
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>glabrescens</i> (Benth.) L.P.Queiroz	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Manilkara excelsa</i> (Ducke) Standl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Mouriri callocarpa</i> Ducke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Nectandra rubra</i> (Mez)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Onychopetalum amazonicum</i> R. E. Fries	15	1	18	1	-	1	-	-	14	-	2	4	-	5
<i>Parkia nitida</i> Miq.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Continua ...

Tabela 7 - Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Estrato médio														
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth)														
Baehni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.)														
Marchand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Protium</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Rinorea flavescens</i> (Aubl.)														
Kuntze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
<i>Sagotia racemosa</i> Baill.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
<i>Senegalia polyphylla</i> Britton & Rose														
Rose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
<i>Solanum</i> L	1	10	6	5	1	-	1	8	-	-	4	2	9	-
<i>Tabernaemontana heptaphyllum</i> Aubl.														
Aubl.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Theobroma microcarpum</i> Mart.														
Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.)	27	4	24	16	4	20	13	15	31	1	7	15	-	-
<i>Xylopia nitida</i> Dunal	6	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Zanthoxylum regneliana</i> Engl.														
Engl.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.)														
Vell.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Estrato Inferior														
<i>Acacia polyphylla</i> DC.														
DC.	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aristolochia cordigera</i> Willd														
Willd	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.														
Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Continua ...

Tabela 7 – Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
	Estrato inferior													
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	3	-	-	-
<i>Bauhinia forficata</i> Link	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	1
<i>Bauhinia rutilans</i> Spruce ex Benth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	1	4	6	5	5	3	9	2	7	4	10	15	-	-
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	13	8	18	13	1	7	14	7	19	-	7	10	10	-
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitche	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	6	-	-	-
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chrysophyllum amazonicum</i> T.D.Penn.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	-	-	3	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyperus rotundus</i> L.	2	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	3	-	-
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.)	9	-	2	8	-	-	3	-	3	-	-	-	1	2
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Ficus lyrata</i> Warb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3

Continua ...

Tabela 7 – Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
	Estrato inferior													
<i>Genipa americana</i> L.	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Heliconia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5
<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Licania canescens</i> Benoist.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Melissa officinalis</i> L.	-	-	1	17	-	6	3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Mimosa pudica</i> L.	-	-	-	3	-	1	3	-	-	-	5	-	-	-
<i>Mouriri callocarpa</i> Ducke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Myrtus communis</i> L.	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nectandra rubra</i> (Mez)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Onychopetalum amazonicum</i> R. E. Fries	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Continua ...

Tabela 7 – Continuação...

Espécies	Regeneração natural					Plantio					Nucleação		Floresta	
	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	3 anos	8 anos	7 anos	6 anos	5 anos	4 anos	3 anos	4 anos	3 anos	-
Estrato inferior														
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.)														
Marchand	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Protium</i> sp	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Rhabdodendron amazonicum</i> (Spruce ex Benth.) Huber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Rinorea flavescens</i> (Aubl.) Kuntze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
<i>Sagotia racemosa</i> Baill.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Sapindus saponaria</i> L.	1	3	5	8	1	1	1	-	2	-	4	14	-	-
<i>Solanum</i> L.	1	-	9	-	1	1	-	2	2	4	1	2	6	-
<i>Tabernaemontana heptaphyllum</i> Aubl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Theobroma microcarpum</i> Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.)	1	-	8	3	-	6	3	-	10	-	7	11	-	1
<i>Xylopia nitida</i> Dunal	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1