

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - MCTIC

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

**DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO E BIOMASSA DE PLANTAS VASCULARES EM
PLANTIOS DE *Acacia mangium* Will. NUMA ÁREA DE CONTATO
SAVANA/FLORESTA NO NORTE DA AMAZÔNIA.**

MAGNO DANIEL DE OLIVEIRA GONÇALVES ARAÚJO

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2017

MAGNO DANIEL DE OLIVEIRA GONÇALVES ARAÚJO

**DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO E BIOMASSA DE PLANTAS VASCULARES EM
PLANTIOS DE *Acacia mangium* Will. NUMA ÁREA DE CONTATO
SAVANA/FLORESTA NO NORTE DA AMAZÔNIA.**

Orientação:

Dr. Henrique Eduardo Mendonça Nascimento

Dr. José Júlio de Toledo

Fonte financiadora: **CAPES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais área de concentração em Ecologia Florestal.

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2017

RELAÇÃO DA BANCA JULGADORA



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

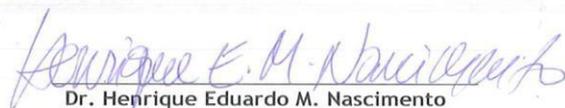
DEFESA PÚBLICA DISSERTAÇÃO / PPG-CFT - INPA

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado de MAGNO DANIEL DE OLIVEIRA GONÇALVES ARAÚJO aluno (a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS, realizada no dia 22 de fevereiro de 2017.

Aos vinte e dois dias do mês de fevereiro de 2017, às 14h30, na Sala de Aula do Programa de PG em Ciências de Florestas Tropicais, PPG-CFT, Campus III, INPA-V8, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "Diversidade, composição e biomassa de plantas vasculares em plantios de *Acacia mangium* Will. numa área de contato savana/floresta no norte da Amazônia." em conformidade com o Artigo 68 do Regimento Interno do PPG-CFT e Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA) como parte final de seu trabalho para a obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS, área de concentração em *Manejo Florestal*. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: FLAVIA REGINA CAPELLOTO COSTA (INPA), WILLIAM ERNEST MAGNUSSON (INPA) e BRUCE WALKER NELSON (INPA). O (a) Presidente da Banca Examinadora, Dr (a) HENRIQUE EDUARDO MENDONÇA NASCIMENTO (Orientador /INPA), deu início à sessão convidando os senhores membros e o (a) Mestrando (a) a tomarem seus lugares e informou sobre os procedimentos a serem observados para o prosseguimento do exame. A palavra foi, então, facultada ao (à) Mestrando (a) que apresentou uma síntese do seu estudo e respondeu às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Depois da apresentação e arguição, a referida Banca Examinadora se reuniu e decidiu por

A sessão foi encerrada às 16:15 e, para constar eu, Valdecira Azevedo, Secretária do PPG-CFT lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada foi assinada pelo Presidente e membros da Banca Examinadora. Banca Examinadora:

| | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| Dr(a) FLAVIA REGINA CAPELLOTO COSTA | <input checked="" type="checkbox"/> Aprovado | <input type="checkbox"/> Reprovado |
| Dr(a) WILLIAM ERNEST MAGNUSSON | <input checked="" type="checkbox"/> Aprovado | <input type="checkbox"/> Reprovado |
| Dr(a) BRUCE WALKER NELSON | <input checked="" type="checkbox"/> Aprovado | <input type="checkbox"/> Reprovado |


Dr. Henrique Eduardo M. Nascimento
Presidente da Banca/Orientador


Dr. José Francisco Carvalho Gonçalves
Coordenador do PPG-CFT

José Francisco de C. Gonçalves
Coord. do Programa de Pós-Graduação
em Ciências de Florestas Tropicais/INPA
PO. Nº 258/2014

A 658 Araújo, Magno Daniel de Oliveira Gonçalves

Diversidade, composição e biomassa de plantas vasculares em plantios de *Acacia Mangium* Will. numa área de contato savana/floresta no norte da Amazônia. / Magno Daniel de Oliveira Gonçalves Araújo. --- Manaus, 2017.

39 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2017.

Orientador: Henrique Eduardo Mendonça Nascimento

Coorientador: José Júlio de Toledo

Área de concentração: Ciências de Florestas Tropicais

1. *Acacia Mangium*.
2. Restauração ecológica.
3. Composição florística.

CDD 583

Sinopse:

Avaliou-se a potencialidade dos plantios de *Acacia mangium* Will. como catalisadores no avanço de florestas sobre savanas Amazônicas na região da Serra da Lua, município de Bonfim, estado de Roraima. Atributos como diversidade, composição e biomassa de plantas nativas vasculares numa área de contato savana/floresta foram estimados por meio do método de rarefação, o escalonamento multidimensional não-métrico e por diferentes equações alométricas, respectivamente.

Palavras-chave: Restauração ecológica, composição florística, diversidade de plantas e plantios homogêneos.

AGRADECIMENTOS

À minha querida e amada família que sempre estiveram presentes em todos os momentos difíceis quanto os de alegria compartilhadas. Gratidão imensa a guerreira minha Mãe Maria José de Oliveira Gonçalves, minhas irmãs Elcimara das Graças Moreira e Elcimary de Fátima Moreira, e meus sobrinhos Fernando Moreira Marques, Fabrício Moreira Marques e Kaic Moreira Marques. Eles são a maior riqueza que eu tenho na vida servindo sempre como base para que todos esses processos concretizassem.

Aos meus excelentes orientadores ecólogos Dr. Henrique Eduardo Mendonça Nascimento e Dr. José Júlio de Toledo pelo generoso e dedicado apoio. As suas revisões, indicações e métodos com certeza irão influenciar de forma muito positiva no meu futuro como pesquisador. Henrique não sei como lhe agradecer por tanto aprendizado sobre ecologia, escritas, apresentações e claro, a brutal matemática envolvida, além mesmo de concelhos e decisões a serem tomadas nessa vasta vida.

A CAPES pelo financiamento da bolsa de pesquisa e ao INPA pelo apoio Institucional e por ter me proporcionado um grandioso conhecimento sobre as Ciências de Florestas Tropicais e Ecologia. Bill, Flávia, Juliana e Fabrício, vocês foram os maiores mestres e bruxos da pesquisa em ecologia que a vida me proporcionou conhecer. Gratidão imensa por ter tido o prazer de conhecê-los e também pela convivência não somente na pesquisa.

Agradeço imensamente a Amazônia, principalmente aos estados do Amazonas onde morei e ao estado de Roraima onde realizei o campo. A Amazônia sem sombras de dúvidas é um dos lugares mais fortes e belos que já vivenciei e senti em toda minha vida. Ficará eternamente guardado em minha memória todos os trabalhos de campo, as vezes um mês inteiro em acampamento no meio da maior floresta tropical do mundo, isso é de uma vastidão imensurável ...

“ ... os cantos vindos de dentro da floresta no amanhecer do dia foi a experiência mais encantadora que pude vivenciar. ”

Agradeço imensamente aos amigos de Manaus ... vocês fizeram toda a diferença, Santana de Pirapama, Viçosa, Diamantina, Tibuna, Sete Lagoas, Lugo (Espanha) e a todos que sempre estiveram presentes de alguma forma e me ajudaram a tornar um mestre de verdade. Gratidão por acreditarem em mim e na minha capacidade!!!

Gratidão por existirem ...

"Ecología e espiritualidade estão fundamentalmente conectadas, porque a profunda consciência ecológica, em última síntese, é consciência espiritual ..."

Fritjof Capra

RESUMO

As plantações florestais de espécies não-nativas representavam cerca de 7% da cobertura florestal em 2005 e é esperado que no futuro tais sistemas florestais alcancem 20% no Brasil. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos plantios homogêneos de *Acacia mangium* Willd. estabelecidos em áreas ocupadas originalmente por savanas (lavrados) sobre o estabelecimento de plantas vasculares nativas, com a análise de três atributos da estrutura de comunidades – diversidade, composição e biomassa. Todas as plantas com diâmetro de base ≥ 1 cm foram medidas em 28 parcelas de 0,05 ha, sendo 11 parcelas alocadas em áreas naturais de lavrado e 17 em plantios de *A. mangium*. Nestas parcelas, 1.180 indivíduos, pertencentes à 68 espécies de plantas, foram amostrados. A diversidade florística foi maior nos plantios do que em áreas de lavrado, embora o número de indivíduos amostrados nos plantios foi menor para a classe de tamanho 1-4,9 cm de diâmetro da base e para todo o banco de dados. Houve diferenciação florística entre os plantios e lavrado, com espécies de origem florestal apresentando alta densidade e espécies de lavrado menor densidade em áreas de plantios. Além disso, enquanto houve maior similaridade florística entre as parcelas de lavrado, as parcelas sob plantios de *A. mangium* apresentaram menor similaridade florística indicando uma vegetação mais heterogênea. A biomassa de plantas vasculares nos plantios de *A. mangium* foi, na média, cerca de um quinto daquela encontrada em áreas naturais de lavrado, com $2,2 \pm 0,9$ Mg/ha e $12,2 \pm 3,6$ Mg/ha, respectivamente. No entanto, em áreas de lavrado 92,6% da biomassa total neste ambiente está alocada em apenas duas espécies - *Curatella americana* com 81% e *Byrsonima crassifolia* com 11,6%, ao passo que nos plantios de *A. mangium*, as duas espécies que perfizeram a maior proporção da biomassa, *Posoqueria latifolia* e *B. crassifolia*, compreenderam 43% da biomassa total neste ambiente. Nos plantios de *A. mangium*, as espécies classificadas como espécies de origem florestal e espécies típicas de lavrado representaram 72,8% e 27,2% da biomassa total, respectivamente. A partição da biomassa foi equivalente entre as espécies de origem florestal não-pioneira e pioneira nos plantios de *A. mangium*, com estimativa da biomassa de 0,72 Mg/ha e 0,86 Mg/ha, respectivamente. Os resultados desse estudo mostram que os plantios de *A. mangium* causaram modificações ambientais nas áreas de lavrado, resultando alta diversidade local e regional de plantas e favorecendo a colonização de algumas espécies alóctones florestais.

Palavras-chave: Savana, restauração ecológica, composição florística, diversidade de plantas, plantios homogêneos, Roraima, Amazônia.

ABSTRACT

Forest plantations of non-native species accounted for about 7% of the forest cover of the land surface in 2005 and it is expected that in the future such forest systems will reach 20%. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of pure plantations of *Acacia mangium* Willd. established in areas originally occupied by savanna (locally termed 'lavrado') on the establishment success of vascular plants, by analyzing three attributes of the community structure - diversity, composition, and biomass. All plants with a base diameter ≥ 1 cm were measured in 28 0.05-ha plots, with 11 plots allocated in natural areas of lavrado and 17 plots in *A. mangium* plantations. A total of 1,180 individuals belonging to 68 species of plants were sampled in these plots. Species diversity was higher in *A. mangium* plantation than in the natural areas of lavrado, even although the number of individuals sampled in *A. mangium* plantation plots was smaller for both 1-4.9cm size class and all dataset. There was floristic differentiation between *A. mangium* plantation and lavrado, with high density of forest species and low density of lavrado species in *A. mangium* plantation. Moreover, while lavrado plots presented high floristic similarity among them, but plots under *A. mangium* plantation were far less similar, indicating a more heterogeneous vegetation in this habitat. The biomass of vascular plants in *A. mangium* plantation was, on average, about one fifth of that found in natural lavrado sites, but in lavrado 92.6% of the total biomass was allocated in only two species – *Curatella americana* and *Byrsonima crassifolia*, whereas in *A. mangium* plantation the two species that represented the highest proportion of biomass, *Posoqueria latifolia* and *Byrsonima crassifolia*, comprised 43% of the total biomass. In *A. mangium* plantation, species classified as forest species and typical lavrado species accounted for 72.8% and 27.2% of total biomass, respectively. Biomass partition between non-pioneer and pioneer forest species was fairly similar, with an estimate of 0.72 Mg/ha and 0.86 Mg/ha, respectively. The results of this study show that *A. mangium* plantation implicated in environmental changes, resulting in high local and regional diversity of plants and favoring the colonization of some alien forest species.

Key words: Savana, ecological restoration, floristic composition, plant diversity, pure plantations, Roraima, Amazônia.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. HIPÓTESES | 4 |
| 4.1 Área de estudo | 5 |
| 4.2 Delineamento amostral | 5 |
| 4.3 Análise dos dados | 8 |
| 5. RESULTADOS..... | 10 |
| 5.1 Diversidade e composição em plantios de <i>A. mangium</i> e lavrado..... | 10 |
| 5.2 Biomassa alocada por grupo sucessional e origem em plantios de <i>A. mangium</i> | 14 |
| 6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO..... | 16 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| 8. APÊNDICES..... | 22 |
| Apêndice 1. Lista das espécies ordenadas em ordem alfabética de família com suas respectivas abundâncias para cada ambiente. | 22 |
| Apêndice 2. Lista das espécies ordenadas em ordem alfabética com suas respectivas biomassas (Mg/ha) em cada ambiente. | 24 |
| Apêndice 3. Lista das espécies de origem florestal classificadas em grupo sucessional e suas respectivas biomassas (Mg/ha) estabelecidas em plantios de <i>A. mangium</i> | 26 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa esquemático da área da empresa F.I.T. Manejo Florestal LTDA com localização dos quatro módulos (retângulos com duas trilhas paralelas de 5 km separadas por 1 km) contendo as parcelas permanentes de 2×250 m (linhas vermelhas) instaladas sobre um mosaico de plantios de *A. mangium* de diferentes idades, remanescentes de savana, floresta estacional semidecidual e mata de galeria. Oito inventários no lavrado remanescente (círculos pretos) são comparados com dezessete inventários nos plantios (triângulos com diferentes cores), que foram estabelecidos sobre áreas de lavrado. 7
- Figura 2.** Número de espécies em plantios comerciais de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado em função do número acumulado de parcelas e de indivíduos para a classe 1-4,9 cm de diâmetro da base (A,B) e todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (C,D). As curvas de rarefação são acompanhadas pelos respectivos intervalos de confiança de 95%..... 12
- Figura 3.** Diagramas bidimensionais das ordenações usando o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseado na abundância das espécies para a classe de tamanho 1-4,9 cm de diâmetro da base (A) e todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (B) separadas em plantios de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado 13
- Figura 4.** Biomassa de espécies de origem florestal e de lavrado e de espécies de origem florestal não-pioneiras e pioneiras em plantios de *A. mangium* 14
- Figura 5.** Proporção da biomassa de espécies típicas de lavrado em plantios de *A. mangium* e em áreas de lavrado..... 15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área basal e densidade de *A. mangium* nas 17 parcelas alocadas sob os plantios.

..... 8

Tabela 2. Equações alométricas usadas neste estudo para a estimativa de biomassa de diferentes grupos de plantas. Log é o logaritmo de base 10, ln é o logaritmo neperiano, ρ é a densidade básica em g/cm^3 , H_t é a altura total, D_b é o diâmetro da base, D_c é o diâmetro médio da copa, DAP é diâmetro medido à altura de 1,30m. 8

LISTA DE ABREVIACOES

DAP - Diâmetro medido à 1,30 cm em relação ao solo

D_b - Diâmetro de base

D_c - Diâmetro da copa

H_t - Altura total

MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

NMDS - Escalonamento Multidimensional Não-Métrico

1. INTRODUÇÃO

É consenso entre os conservacionistas que as unidades de conservação serão insuficientes para garantir a conservação da biodiversidade mundial (Myers et al. 2000, Butchart et al. 2010). As florestas plantadas, por sua vez, podem manter parte da biodiversidade do ecossistema original (Chapman & Chapman 1996, Loumeto & Huttel 1997, Barlow et al. 2007ab, Gardner et al. 2009, Peltzer & MacLeod 2014, Luck et al. 2014). Apesar das áreas de florestas plantadas estarem aumentando, informações sobre biodiversidade e processos ecossistêmicos ainda são incipientes nessas áreas (Gardner et al. 2009, Luck et al. 2014). Incentivos para o armazenamento e sequestro de carbono pelas florestas plantadas através do uso de técnicas adequadas de manejo podem representar um avanço sobre a sustentabilidade de grandes áreas fora das áreas protegidas legalmente. Sendo assim, é imprescindível que sejam desenvolvidas pesquisas para avaliar a capacidade de estocar e sequestrar carbono por estas florestas e conservar biodiversidade. No Brasil, a área ocupada por plantios florestais homogêneos de espécies dos gêneros *Eucalyptus*, *Pinus* e *Acacia* totalizou 6.813.123 ha no ano de 2012, sendo que os plantios de *Eucalyptus* representam 75% do total (5.102.030 ha), seguido de *Pinus* (1.562.782 ha) e *Acacia* que perfaz apenas 2,2% (148.311 ha). Menos do que 10% (623.420 ha) da área de plantios florestais do Brasil estão na Amazônia, principalmente nos estados do Pará e do Amapá predominantemente com espécies do gênero *Eucalyptus* (ABRAF 2013).

A savana brasileira (cerrado), considerada como um ‘hotspot’ de biodiversidade mundial (*sensu* Myers et al. 2000), cobre aproximadamente 2 milhões de km² e localiza-se principalmente na parte central do Brasil. Atualmente, metade da área da vegetação nativa do cerrado vem sendo severamente modificada ou erradicada, e substituída por várias formas de uso da terra, incluindo as plantações florestais. Sano et al. (2009) estimaram que as plantações florestais em áreas de cerrado ocupavam uma área de aproximadamente 3 milhões de ha. No extremo norte do bioma amazônico, no estado de Roraima e que se estende à Venezuela, Guiana e Suriname, situa-se um bloco contínuo de savana (localmente chamadas de “lavrado”) com 61.664 km² de tamanho. Deste total, 43.358 km² (70%) estão estabelecidos do lado brasileiro (Barbosa et al. 2007). Na parte mais meridional do lavrado de Roraima, próximo à capital Boa Vista, inicia-se o encontro entre o lavrado e o ecossistema florestal (floresta de terra-firme) que domina a bacia amazônica. Nessa região, cerca de 300 Km² de lavrado foram convertidos em plantios de *Acacia mangium* Willd. Essa é uma condição única na Amazônia, pois em sua

maioria os empreendimentos silviculturais são realizados com espécies do gênero *Eucalyptus* ou *Pinus*.

As plantações florestais vêm sendo reconhecidas no âmbito ambiental dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Existe um estímulo para projetos de reflorestamento e florestamento com o objetivo de sequestrar carbono devido à preocupação crescente sobre os prováveis impactos das emissões antropogênicas ao clima do planeta (Kanowski e Catterall 2010). Além disso, argumenta-se que tanto florestas plantadas quanto aquelas regenerando naturalmente podem fornecer importantes benefícios em termos de outros serviços ecossistêmicos quando comparados aos outros usos mais intensos da terra. O papel das plantações sobre o ciclo do carbono se dá através do retorno do carbono à biomassa e ao solo. A premissa de tais atividades é que o potencial de armazenamento de carbono nas florestas é maior do que em culturas agrícolas e pastagens, devido ao acúmulo em maior quantidade de biomassa lenhosa e à incorporação de maiores níveis de carbono no solo (Kanowski & Catterall 2010). O armazenamento de carbono acima do solo não ocorre apenas nas árvores plantadas. O estabelecimento de espécies nativas no sub-bosque também contribui para o processo. Os plantios florestais podem aumentar a chance de germinação e estabelecimento de vegetação arbórea em comparação com áreas degradadas e pastagens, onde os processos erosivos e incêndios impactam negativamente a fertilidade do solo e o banco de sementes (Carnevale & Montagnini 2002, Senbeta et al. 2002, Yirdaw & Luukkanen 2003, Cusack & Montagnini 2004).

Existe ainda uma escassez de estudos sobre a regeneração natural sob plantios comerciais na Amazônia brasileira (veja Barlow et al. 2007a, Lima & Vieira 2013) e, para nosso conhecimento, não há nenhum estudo que avaliou a regeneração natural sob plantios homogêneos estabelecidos em áreas de savana na região. Este estudo coletou importantes informações sobre o estabelecimento de plantas vasculares em áreas de lavrado que foram convertidos em plantios de *A. mangium* Willd. em áreas de contato lavrado/floresta em Roraima. O fogo foi controlado nessas áreas desde o estabelecimento dos plantios entre 2000 e 2006. Em áreas ocupadas originalmente por savanas existem evidências que mostram efeitos difusos como aumento da diversidade devido à ocupação por espécies exóticas e colonização por espécies exclusivas de floresta (Loumeto & Huttel 1997, Peltzer & MacLeod 2014). Os plantios florestais podem servir como catalisadores para a regeneração de espécies arbóreas, o que poderia alterar o ecossistema de savana permitindo o avanço de espécies de floresta.

2. OBJETIVOS

Determinar a magnitude da diferença entre diversidade, biomassa e composição de plantas vasculares nativas estabelecidas sob plantios de *A. mangium* e aquelas encontradas em áreas adjacentes de lavrado; determinar a biomassa alocada nos grupos sucessionais (espécie pioneira versus espécies não-pioneira) e biomassa quanto à origem das espécies (espécies de origem florestal e espécie de lavrado) de plantas vasculares nativas nos plantios de *A. mangium*.

3. HIPÓTESES

- i. A diversidade e a biomassa de espécies de plantas vasculares serão maiores nos plantios de *A. mangium* do que em áreas de lavrado;
- ii. Haverá uma diferenciação em termos de composição florística entre as duas situações, com a composição de espécies sob plantios abrangendo espécies de lavrado e espécies de origem florestal, esperando-se assim uma maior heterogeneidade na composição florística entre as parcelas de plantios;
- iii. Espera-se que haja uma diferenciação em termos de biomassa entre as espécies de origem florestal e de lavrado como também com respeito aos grupos sucessionais nos plantios de *A. mangium*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho está vinculado ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio <https://ppbio.inpa.gov.br/>) e faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Biodiversidade e serviços ambientais em plantações florestais de *Eucalyptus* e *Acacia* na Amazônia”. É o primeiro estudo a investigar os efeitos da conversão de uma savana amazônica em um monocultivo florestal sobre a diversidade, composição e biomassa de plantas vasculares.

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na região da Serra da Lua a qual localiza-se dentro do município de Bonfim, estado de Roraima (60° 24' 0"W e 2° 46' 0"N; **Figura 1**). A área de estudo dista aproximadamente 40 km à leste da capital Boa Vista, cujo acesso se dá através da rodovia estadual RR-207. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am. A temperatura média anual é de 26°C e precipitação média anual é entre 1.700-2000 mm/ano (Barbosa 1997). O relevo é bastante plano com altitude variando de 90 a 130 m. Os solos são pobres em nutrientes e os tipos predominantes são o Argissolo, Latossolo amarelo, Latossolo vermelho e Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos (Vale-Júnior & Schaefer 2010).

A área de estudo compreende seis fazendas (Acácia Magnífica, Nova Cintra III, Garimpeira, T.D. Araçá, Castelão e Castelão Norte) pertencentes à empresa F.I.T. Manejo Florestal do Brasil LTDA, totalizando uma área de 14.868 ha. A empresa, através de uma parceria com instituições locais (UERR, EMBRAPA e UFRR), concedeu a área das seis fazendas para realização das pesquisas. As seis fazendas englobam um mosaico de florestas plantadas de *A. mangium*, remanescentes de savana, floresta estacional semidecidual e floresta de galeria às margens dos corpos d'água. As áreas de lavrado natural foram convertidas a monoculturas de *A. mangium*, com idades entre 10 e 16 anos na época da coleta de dados para este estudo (**Figura 1**).

4.2 Delineamento amostral

Os dados para este estudo foram obtidos nas parcelas permanentes estabelecidas em quatro módulos de trilhas, sendo que cada módulo compreende duas trilhas paralelas de 5 km separadas por 1 km. A distância mínima entre os módulos é de aproximadamente 2 km (**Figura 1**). Em cada trilha de 5 km foram instaladas cinco parcelas permanentes de 2X250 m de tamanho (0,05 ha), total de 10 parcelas por módulo, conforme o padrão RAPELD estabelecido nas pesquisas ecológicas de longa duração do Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio-

INPA). As parcelas seguem a curva de nível do terreno para minimizar as variações internas de solo e profundidade do lençol freático (Magnusson et al. 2005, Costa & Magnusson 2010). Do total de 40 parcelas distribuídas nos quatro módulos, 17 parcelas foram estabelecidas sob plantios de *A. mangium* e 11 em áreas naturais de Lavrado. Baseado no inventário das 17 parcelas alocadas nos plantios, a área basal de *A. mangium* variou de 8,2 a 31,6 m²/ha (média \pm desvio padrão = 19,9 \pm 6,2 m²/ha) e a densidade de 340 a 1140 indivíduos/ha (805 \pm 230 indivíduos/ha) (**Tabela 1**).

Todas as plantas nativas vasculares com diâmetro da base ≥ 1 cm, medido à altura de 10 cm do solo, foram medidas quanto ao diâmetro de base (D_b), DAP (diâmetro medido à 1,30 cm relação ao solo), diâmetro da copa (D_c) e altura total (H_t) para cálculos de estimativas de biomassa dentro das 28 parcelas permanentes. O diâmetro do fuste (D_b e DAP) dos indivíduos foram medidos com paquímetro e fita diamétrica quando os diâmetros foram inferiores e superiores a 5 cm, respectivamente. A altura total dos indivíduos maiores que 2m foram medidos com o uso de um clinômetro e duas medidas perpendiculares do diâmetro da copa foram obtidas com auxílio de fita métrica. Todos os indivíduos medidos nas parcelas foram mapeados, marcados com placas de alumínio e tiveram amostras botânicas coletadas para identificação taxonômica através de comparação com o material dos herbários da Universidade Federal de Roraima - UFRR, Museu Integrado de Roraima – MIRR e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. A realização do inventário ocorreu entre dezembro de 2014 e maio de 2016.

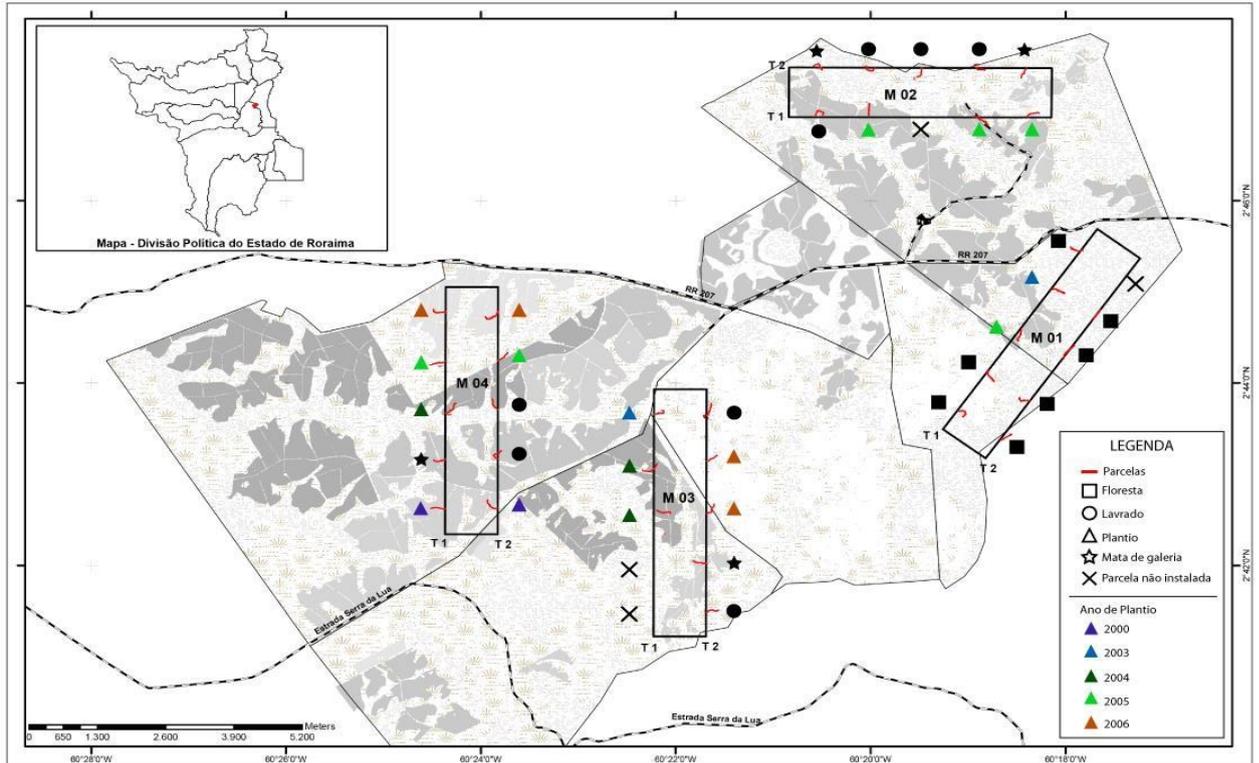


Figura 1. Mapa esquemático da área da empresa F.I.T. Manejo Florestal LTDA com localização dos quatro módulos (retângulos com duas trilhas paralelas de 5 km separadas por 1 km) contendo as parcelas permanentes de 2 × 250 m (linhas vermelhas) instaladas sobre um mosaico de plantios de *A. mangium* de diferentes idades, remanescentes de savana, floresta estacional semidecidual e mata de galeria. Oito inventários no lavrado remanescente (círculos pretos) são comparados com dezessete inventários nos plantios (triângulos com diferentes cores), que foram estabelecidos sobre áreas de lavrado.

Tabela 1. Área basal e densidade de *A. mangium* nas 17 parcelas alocadas sob os plantios.

| Parcela | Área basal (m ² /ha) | Densidade (No. Indivíduos/ha) |
|------------|---------------------------------|-------------------------------|
| M1_T1_2500 | 8,18 | 340 |
| M1_T1_3500 | 23,79 | 920 |
| M2_T1_1500 | 24,41 | 1040 |
| M2_T1_3500 | 24,73 | 1000 |
| M2_T1_4500 | 25,39 | 820 |
| M3_T1_1550 | 21,25 | 1000 |
| M3_T1_2550 | 19,65 | 740 |
| M3_T1_500 | 8,34 | 680 |
| M3_T2_2500 | 20,03 | 840 |
| M3_T2_3500 | 24,96 | 1140 |
| M4_T1_2550 | 18,49 | 1040 |
| M4_T1_3500 | 18,39 | 800 |
| M4_T1_4500 | 17,08 | 1000 |
| M4_T1_500 | 18,45 | 460 |
| M4_T2_3500 | 21,46 | 480 |
| M4_T2_4500 | 11,87 | 640 |
| M4_T2_500 | 31,59 | 740 |

4.3 Análise dos dados

As estimativas de biomassa das plantas nativas vasculares amostradas nas 28 parcelas em plantios de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado foram calculadas através de diferentes equações alométricas de acordo com a origem das espécies e grupo sucessional (**Tabela 2**).

Tabela 2. Equações alométricas usadas neste estudo para a estimativa de biomassa de diferentes grupos de plantas. Log é o logaritmo de base 10, ln é o logaritmo neperiano, ρ é a densidade básica em g/cm³, H_t é a altura total, D_b é o diâmetro da base, D_c é o diâmetro médio da copa, DAP é diâmetro medido à altura de 1,30m.

| Grupo | Equação | Fonte |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Espécies de lavrado | $\log(B)=4,501+0,459*\log(H_t)+1,589*\log(D_b)+1,0$ $25*\log(D_c)$ | Barbosa & Fearnside (2005) |
| Espécies pioneiras | $B=\exp(-1,7972+2,4206*\ln(DAP))$ | Nelson et al. (1999) |
| Espécies de <i>Cecropia</i> | $B=\exp(-2,5118+2,4257*\ln(DAP))$ | Nelson et al. (1999) |
| Espécies florestais não-pioneiras | $B=0,0673*(\rho*H_t*DAP^2)^{0,976}$ | Chave et al. (2015) |

O método da rarefação (Gotelli & Colwell 2001) foi usado para gerar o número esperado de espécie com o objetivo de comparar os dois diferentes ambientes, plantios de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado, em termos de diversidade florística para a classe de tamanho de 1-4,9

cm de D_b e todo o banco de dados. Nós usamos a rarefação baseada em indivíduos e parcelas para minimizar o efeito do confundimento da variação do número de indivíduos e área amostral sobre o número de espécies. O software livre Past 3.13 (Hammer et al. 2001) foi utilizado para a construção das curvas de rarefação. O Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) foi utilizado para reduzir a dimensionalidade das matrizes originais de composição florística tanto para a classe 1-4,9 cm e total de diâmetro da base. O índice de Sørensen (Bray-Curtis) foi usado como medida de distância na matriz de associação usando dados de abundância relativa das espécies (percentagem dos indivíduos dentro de cada parcela que pertencem a cada espécie). Os testes de randomização ($n = 50$ runs) confirmaram que dois eixos explicam significativamente mais variação do que o esperado ao acaso ($p < 0.02$ em ambos os casos). O valor final do stress (Standardized Residual Sum of Squares) foi menor do que < 0.23 , o qual indica que as distâncias obtidas na matriz da ordenação refletem razoavelmente bem as distâncias da matriz original. A abundância relativa de cada espécie em cada parcela foi correlacionada com os escores destas parcelas em cada eixo da NMDS a fim de determinar quais foram as espécies mais importantes que definiram o gradiente de composição florística.

5. RESULTADOS

5.1 Diversidade e composição em plantios de *A. mangium* e lavrado

Um total de 1.180 indivíduos com diâmetro da base ≥ 1 cm, os quais abrangeram 68 espécies de plantas vasculares pertencentes à 32 famílias, foram amostrados nas 28 parcelas alocadas em ambos os ambientes (Apêndice 1). Treze indivíduos não puderam ser identificados no nível específico.

Para a classe de tamanho 1-4,9 cm de diâmetro da base, embora no lavrado o número de indivíduos amostrados nas 11 parcelas (332 indivíduos) fosse maior do que o número de indivíduos amostrados nas 17 parcelas dos plantios de *A. mangium* (273), o número absoluto de espécie nos plantios de *A. mangium* foi quase o dobro do número de espécies no lavrado, com 47 e 25 espécies, respectivamente. Quando se inclui os indivíduos com DAP $\geq 5,0$ cm, apenas duas novas espécies são adicionadas em áreas de lavrado, com um total de 27 espécies distribuídas em 786 indivíduos, ao passo que para os plantios de *A. mangium* o número de espécies passa de 47 para 55 espécies distribuídas em 381 indivíduos, o que corresponde aproximadamente à metade do número de indivíduos amostrados em áreas de lavrado. De fato, as curvas de rarefação em função do número acumulado de parcelas e número acumulado de indivíduos mostram que os plantios de *A. mangium* sustentam relativamente mais espécies do que áreas de lavrado para a classe 1-4,9 cm (Figuras 2.A e 2.B) e para todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (Figura 2C,D), com maior diferenciação da diversidade florística para o número acumulado de indivíduos.

Do total de 60 espécies amostradas na classe de 1-4,9 cm, 12 espécies (20% do total) foram comuns em ambos os ambientes e para todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm, 15 espécies (total de 68 espécies ou 22% do total) foram comuns em ambos os ambientes. Este baixo compartilhamento de espécies entre os ambientes para ambos os casos é refletido nas ordenações. O diagrama bidimensional da NMDS, utilizando os escores dos dois eixos que explicam a maior parte da variação total da matriz original, mostra claramente a separação florística entre plantios de *A. mangium* e lavrado para a classe 1-4,9 cm, principalmente ao longo do gradiente de composição formado pelo eixo 2 (Figura 3A). Este eixo, que explicou 31,8% da variação total da matriz original, foi positivamente correlacionado com *Curatella americana* ($r = +0,65$) e *Byrsonima crassifolia* (+0,4), espécies mais abundantes em áreas de lavrado (Apêndice 1), e negativamente correlacionado com *Siparuna guianensis* (-0,75), *Tapirira guianensis* (-0,6), *Trattinnickia rhoifolia* (-0,57) e *Virola sebifera* (-0,57), espécies tipicamente florestais, indicando, como esperado, que parcelas de lavrado apresentaram maior densidade de *C. americana* e *B. crassifolia* e menor densidade das outras espécies. A

diferenciação entre ambientes fica mais evidente quando se considera todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (Figura 3B). A separação florística ocorre principalmente ao longo do eixo 1, o qual explicou 49,4% da variação total. Este eixo foi positivamente correlacionado com *Tapirira guianensis* ($r= +0,65$), *Parinari campestris* (+0,63), *Xylopia aromatica* (+0,58), *Siparuna guianensis* (+0,54), *Virola sebifera* (+0,53) *Himathanthus articulatus* (+0,52) *Calophyllum brasiliense* (+0,50) e *Trattinnickia rhoifolia* (+0,50), espécies florestais com excessão de *H. articulatus*, e negativamente principalmente com *Curatella americana* (-0,85). Este gradiente demonstra que parcelas alocadas nos plantios de *A. mangium* apresentam alta densidade de espécies florestais e menor densidade de espécies de lavrado. Vale a pena notar que, para ambos os casos, as parcelas sob plantios de *A. mangium* apresentam menor similaridade florística, pois encontram-se mais espalhadas ao longo dos diagramas das ordenações, indicando uma vegetação mais heterogênea, ao passo que as parcelas alocadas no lavrado se encontram mais agrupadas no espaço bidimensional das ordenações.

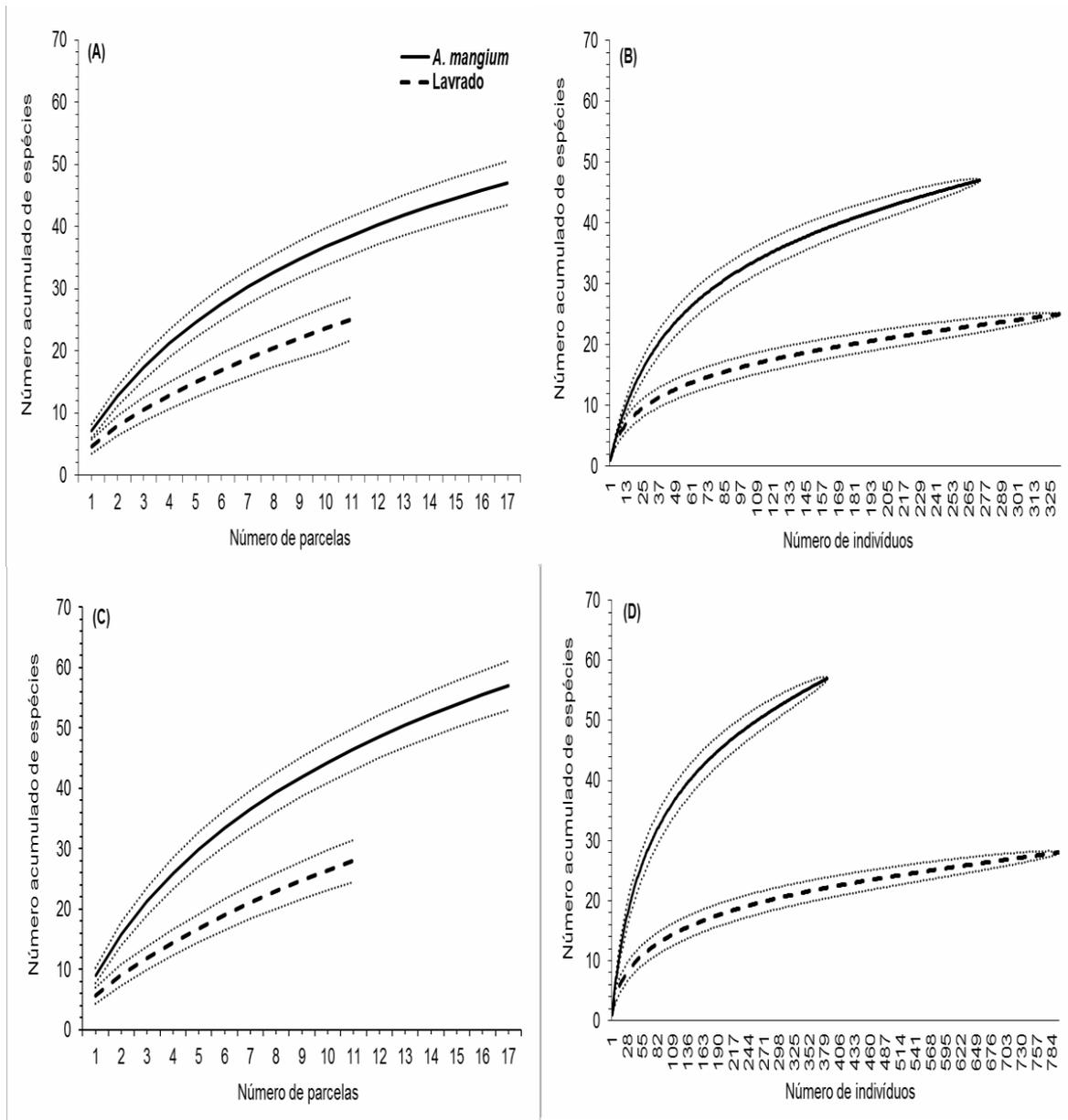


Figura 2. Número de espécies em plantios comerciais de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado em função do número acumulado de parcelas e de indivíduos para a classe 1-4,9 cm de diâmetro da base (A,B) e todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (C,D). As curvas de rarefação são acompanhadas pelos respectivos intervalos de confiança de 95%.

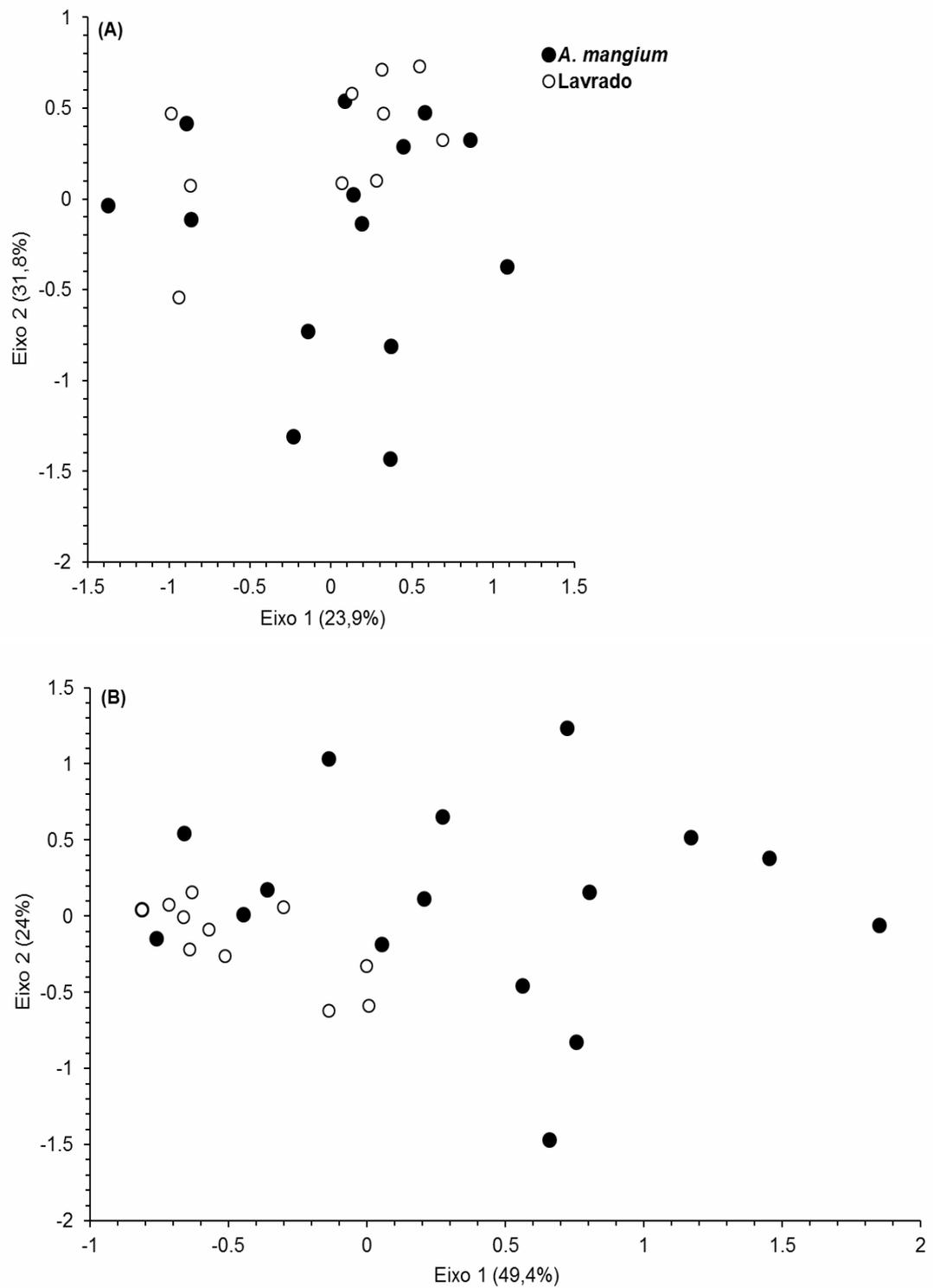


Figura 3. Diagramas bidimensionais das ordenações usando o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseado na abundância das espécies para a classe de tamanho 1-4,9 cm de diâmetro da base (A) e todos os indivíduos $\geq 1,0$ cm (B) separadas em plantios de *A. mangium* e áreas naturais de lavrado.

5.2 Biomassa alocada por grupo sucessional e origem em plantios de *A. mangium*

A estimativa da biomassa de plantas vasculares em plantios de *A. mangium* foi, na média, cerca de um quinto daquela encontrada em áreas naturais de lavrado, com $2,2 \pm 0,9$

Mg/ha e $12,2 \pm 3,6$ Mg/ha, respectivamente. No entanto, em lavrado, 93% da biomassa total neste ambiente está alocada em apenas duas espécies - *C. americana* com 81% e *B. crassifolia* com 12%, as duas espécies mais abundantes neste ambiente – ao passo que nos plantios de *A. mangium*, as duas espécies que perfizeram a maior proporção da biomassa, *Posoqueria latifolia* e *Byrsonima crassifolia*, compreenderam 43% da biomassa total neste ambiente (Apêndice 2).

Nos plantios de *A. mangium*, 48 e 7 espécies, respectivamente, foram classificadas como espécies florestais e espécies típicas de lavrado, com 73% e 27% da biomassa total alocada respectivamente para espécies florestais (1,6 Mg/ha) e espécies de lavrado (0,6 Mg/ha). Quando

se considera as espécies florestais que se estabeleceram nos plantios de *A. mangium*, a estimativa da biomassa alocada para o grupo das 26 espécies não-pioneiras foi de 0,72 Mg/ha e para as 22 espécies pioneiras foi de 0,86 Mg/ha, representado, em termos percentuais, 46% e

54% da biomassa total de espécies florestais, respectivamente, neste ambiente (Figura 4). *Posoqueria latifolia* foi a espécie não-pioneira que perfiz a maior proporção da biomassa total neste grupo, com 81% da biomassa total, e *Alchornea discolor* foi a espécie mais representativa em termos de biomassa para o grupo de espécies pioneiras, compreendendo 33% da biomassa total deste grupo (Apêndice 3).

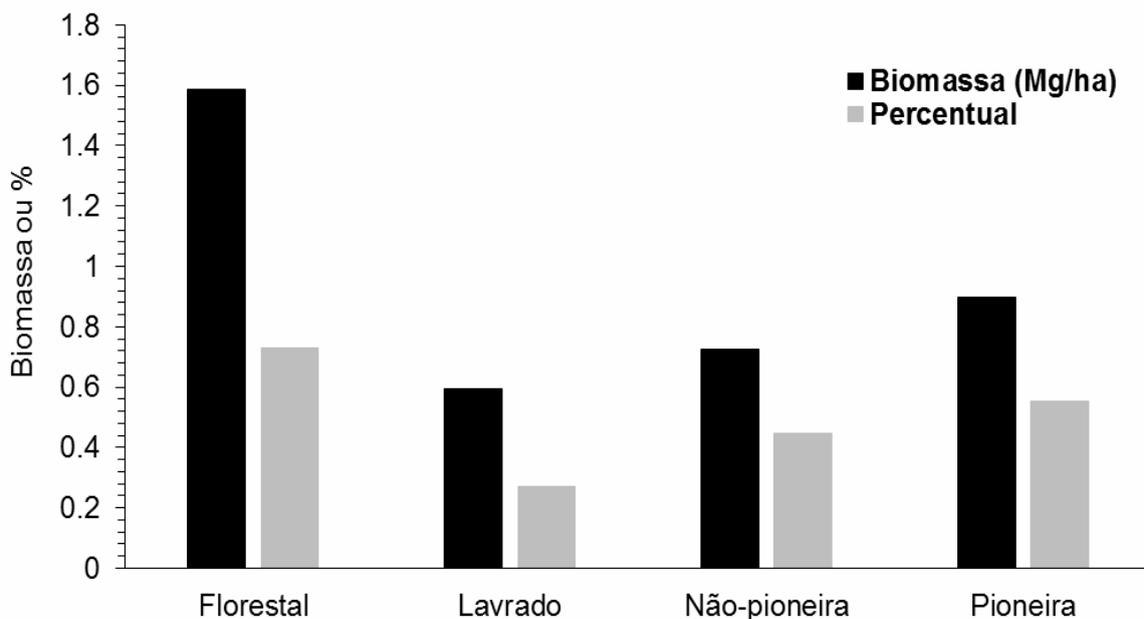


Figura 4. Biomassa de espécies de origem florestal e de lavrado e de espécies de origem florestal não-pioneiras e pioneiras em plantios de *A. mangium*.

A proporção da biomassa das sete espécies típicas de lavrado que se estabeleceram nos plantios de *A. mangium* diferenciou-se substancialmente da proporção dessas mesmas espécies estabelecidas em áreas naturais de lavrado. Particularmente, *C. americana*, espécie que compreendeu maior proporção da biomassa em lavrado, diminuiu significativamente sua importância em plantios de *A. mangium*. Por outro lado, *B. crassifolia* e *H. articulatus* apresentaram relativamente baixa representatividade em lavrado e proporcionalmente alta biomassa em plantios de *A. mangium* (Figura 4).

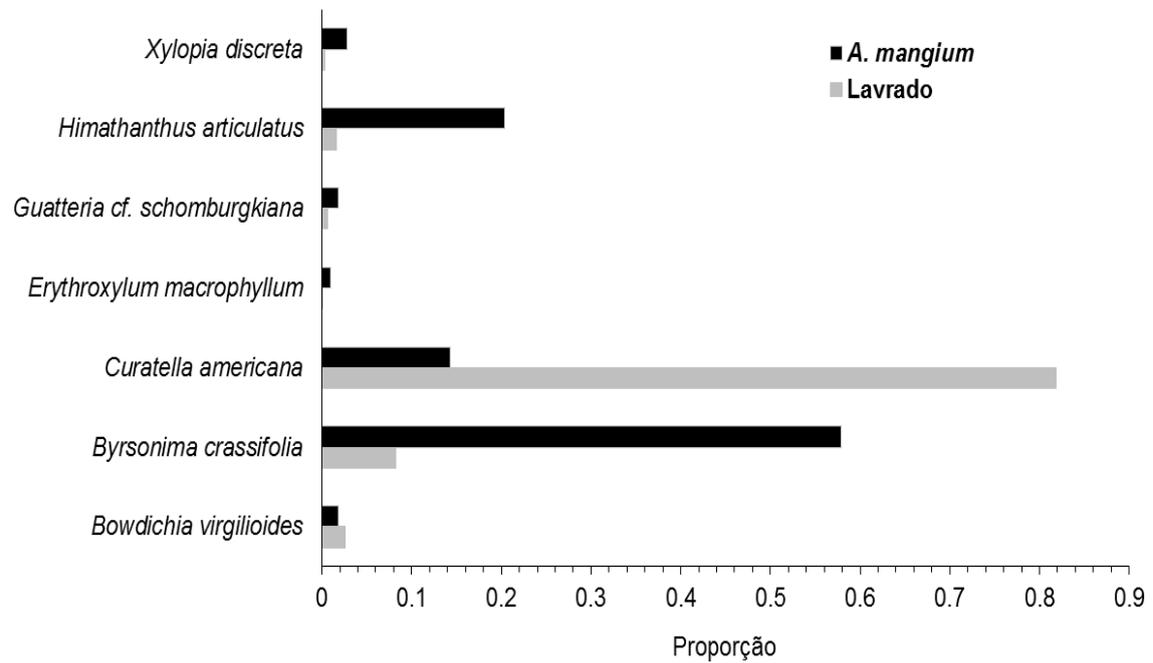


Figura 5. Proporção da biomassa de espécies típicas de lavrado em plantios de *A. mangium* e em áreas de lavrado.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Este estudo teve como principal objetivo avaliar como três atributos - diversidade, composição e biomassa de plantas nativas vasculares - podem ser influenciados quando áreas naturais de savanas no norte da Amazônia brasileira são convertidas em plantios homogêneos de *A. mangium*. Embora arbitrária, a avaliação em uma determinada classe de tamanho contrastando-a com todo o banco de dados, nos permitiu vislumbrar mais detalhadamente a dinâmica da regeneração nos diferentes estágios de vida após 8-14 anos do estabelecimento dos plantios. Uma importante vantagem deste estudo é que informações sobre os três atributos puderam ser conhecidas em áreas naturais de lavrado e, portanto, foi possível uma comparação dos efeitos dos plantios de *A. mangium* sobre o estabelecimento de plantas nativas. No entanto, o delineamento não nos permitiu dissociar o quanto da regeneração nos plantios foi devido à exclusão do fogo ou modificações do ambiente geradas pelos plantios propriamente dito. Dessa forma, a inclusão de mais um tratamento, como por exemplo lavrado desmatado com exclusão do fogo, poderia elucidar mais minuciosamente os mecanismos envolvidos no estabelecimento de plantas em plantios de *A. mangium*. Nesse sentido, caso a diversidade e a composição florística fossem similares às aquelas encontradas nos plantios de *A. mangium*, poder-se-ia concluir que os plantios têm efeito nulo sobre o estabelecimento, porém caso esses dois atributos apresentassem padrões totalmente díspares entre lavrado desmatado e plantios, poder-se-ia inferir que os plantios exercem influência.

O sucesso no estabelecimento de espécies de origem florestal em áreas de savanas sujeitas às queimadas recorrentes é limitado pela alta mortalidade da biomassa aérea em função da fina espessura da casca quando comparada às espécies de plantas oriundas de savana (Hoffmann et al. 2009). Quando as áreas de savana estão protegidas do fogo, tanto as espécies tolerantes quanto aquelas intolerantes ao fogo experimentam aumento na densidade e tamanho dos indivíduos (Fensham & Butler 2003). No entanto, há diferenças em crescimento entre estes dois tipos de plantas. Espécies florestais que colonizam as savanas apresentam maior capacidade de regeneração devido ao rápido crescimento quando comparadas às espécies típicas de savanas (Rossatto et al. 2009). Além disso, espécies florestais pioneiras de crescimento rápido são colonizadoras iniciais em ambientes savânicos abertos de alta luminosidade facilitando o estabelecimento de outras espécies (Hennenberg et al. 2006). Em resumo, tais espécies florestais eliminam, por competição, as espécies lenhosas de savana e gramíneas, o que, por sua vez, pode reduzir a frequência e intensidade de queimadas resultando, em última análise, na expansão das áreas florestais em ambiente inicialmente savânicos. De fato, este estudo mostrou a alta dominância de espécies florestais após cerca de 10-16 anos do

estabelecimento dos plantios e, além disso, que tanto espécies florestais heliófilas demandantes de luz para germinação e crescimento quanto àquelas espécies florestais mais tolerantes à sombra apresentaram igualmente potencial de regeneração nos plantios. Nesse sentido, nós prevemos que no decorrer dos anos ocorrerá ainda mais uma diminuição da representatividade de espécies de lavrado e aumento da dominância de espécies florestais devido a um aumento da competição ocasionado por essas últimas nos plantios.

Os resultados mais contundentes desse estudo mostram que o efeito do plantios e/ou exclusão do fogo resultou não apenas em um aumento na diversidade local, como também no aumento na taxa de substituição de espécies conforme revelado pela maior dissimilaridade florística entre as parcelas alocadas nos plantios, o que, em última análise, implica no aumento na diversidade em escala regional. Diversos estudos mostram que as plantações homogêneas florestais, sejam eles de espécies nativas ou não, têm como característica ocasionar o aumento, em menor ou maior grau, da diversidade florística o que depende de diversos fatores, tais como a espécie utilizada, tipo de solo e intensidade de uso da terra anterior aos plantios (p. ex., Loumetto & Huttel 1997, Yirdaw & Luukkanen 2003, Lemenih & Teketay 2005, Duan et al. 2010, Lima & Vieira 2013). Tal aumento na diversidade é resultado da capacidade das plantações em acelerar a colonização de espécies vegetais por influenciar positivamente as condições microclimáticas em termos de qualidade da luz que alcança o sub-bosque (Lemenih et al. 2004, Duan et al. 2010), as condições do solo em termos de estrutura e fertilidade (Parrota 1999, Duan et al. 2010), diminuição da competição pela supressão de gramíneas (Parrota et al. 1997) e favorecimento da dispersão de sementes através da atração dos dispersores devido ao aumento da disponibilidade de recursos alimentares e abrigo (Wunderle 1997). Neste estudo, os plantios de *A. mangium* podem ter atraído algumas espécies animais dispersoras facilitando a chegada de propágulos de espécies florestais tolerantes à sombra zoócoricas, tais como *Buchenavia tetraphylla*, *Calophyllum brasiliense*, *Chrysophyllum argenteum*, *Peltogyne paniculata*, *Posoqueria latifolia*, *Protium sagotianum*, *Trattinnickia rhoifolia*. As parcelas alocadas sob os plantios *A. mangium* encontram-se bastante próximas à floresta (100m em média) e isto pode ter facilitado a dispersão e o estabelecimento desse grupo de plantas. A distância à fonte de propágulos é um fator que influencia positivamente a regeneração de plantas vasculares em áreas alteradas. Mesquita et al. (2001) mostraram que a diversidade de plantas vasculares regenerando em florestas secundárias aumenta conforme se aproxima da floresta primária.

As diferentes espécies arbóreas têm características ecológicas e fisiológicas distintas que afetam o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes o que, por sua vez, influenciam a

heterogeneidade ambiental no sub-bosque. Quanto mais heterogêneo é o microambiente do sub-bosque, mais diversa será a comunidade de plantas se estabelecendo nesse ambiente. As leguminosas são amplamente usadas em projetos de aflorestamento, pois tais espécies podem auxiliar na restauração de solos degradados através da produção e subsequente decomposição da liteira rica em nitrogênio e da fixação biológica do nitrogênio (Parrotta 1992). No entanto, Duan et al. (2010) mostraram que os plantios mistos com espécies nativas (sem leguminosas) apresentaram maior riqueza de espécies no sub-bosque do que plantios puros de *A. mangium*, corroborando estudos anteriores de Parrotta & Knowles (1999) e Carnevale & Montagnini (2002). A relativa baixa riqueza florística em plantios de *A. mangium* foi atribuída pelos autores à invasão de ervas e gramíneas devido aos altos níveis de nitrogênio no solo e à baixa taxa de decomposição da liteira o que resulta em uma alta acumulação, a qual pode agir como uma barreira física para a germinação de plantas vasculares (Duan et al. 2010). Embora nosso estudo não tenha condições de avaliar diretamente os efeitos dos plantios de *A. mangium* sobre a regeneração de plantas, pois não há outro tipo de plantio para comparação, a baixa densidade e biomassa de plantas vasculares nos plantios comparativamente às áreas naturais de lavrado, denota uma limitação dos plantios para uma regeneração mais efetiva.

A expansão das florestas plantadas homogêneas principalmente com espécies exóticas de alta produtividade com respeito ao papel de conservação da diversidade biológica é controversa, pois em geral a biodiversidade de espécies vegetais e animais nas florestas plantadas são muito inferiores às florestas secundárias (Barlow et al. 2007a) e mesmo comparativamente aos sistemas agroflorestais. De fato, nenhum sistema substitui a função ambiental das florestas nativas sobretudo no tocante à manutenção da biodiversidade e outros serviços. No entanto, embora um povoamento não tenha as características da floresta nativa, há de se questionar o porquê de uma relativa alta diversidade florística e, por inferência, faunística ao revés de culturas agrícolas de baixíssima biodiversidade. Dentro de um cenário catastrófico de áreas degradadas ao longo da bacia Amazônica, os plantios florestais podem exercer um papel fundamental no processo de recuperação de tais áreas. A expectativa de uma política nacional de florestas plantadas é de um estímulo à conversão de áreas degradadas e pastagens de baixa produtividade em plantios florestais visando suprir a demanda por produtos florestais e a compensação de emissões de carbono.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2013. Anuário Estatístico da ABRAF – ano base 2012. Disponível em: <[www.http://www.abraflor.org.br/](http://www.abraflor.org.br/)>

Barbosa RI. 1997. Distribuição das Chuvas em Roraima. In: Barbosa RI, Ferreira EJJ, Castellon EG. Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Manaus: INPA, p. 325-335.

Barbosa RI, Fearnside PM. 2005. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 216:295– 316.

Barbosa RI, Campos C, Pinto F, Fearnside PM. 2007. The "Lavrados" of Roraima: biodiversity and conservation of Brazil's Amazonian savannas. *Functional Ecosystems and Communities*, 1: 29-41.

Barlow J, Gardner TA, Araújo SI et al. 2007a. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceeding of National Academy of Sciences*, 104: 18555–18560.

Barlow J, Overall WL, Araujo IS, Gardner TA, Peres CA. 2007b. The value of primary, secondary and plantation forests for fruit-feeding butterflies in the Brazilian Amazon. *Journal of Applied Ecology*, 44:1001–1012.

Butchart SHM et al. 2010. Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328:1164- 1168.

Chave J, Réjou-Méchain M, Búrquez A, Emmanuel C, Colgan MS, et al. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20:3177-3190.

Carnevale NJ, Montagnini F. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *Forest Ecology and Management*, 163:217-227.

Chapman CA, Chapman CJ. 1996. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. *Biological Conservation*, 76:253-257.

Costa FRC, Magnusson WE. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity - the experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazonia. *Brazilian Journal of Nature Conservation*, 8:3-12.

Cusak DF, Montagnini F. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 188:1-15.

Duan W, Ren H, Fu S, Wang J, Zhang JP, Yang L, Huang C. 2010. Community comparison and determinant analysis of understory vegetation in six plantations in South China. *Restoration Ecology*, 18:206–214.

Fensham RJ, Butler DW. 2003. Spatial pattern of dry rainforest colonizing unburnt *Eucalyptus* savanna. *Austral Ecology*, 28:121–128.

Gardner T, Barlow J, Chazdon R, Ewers RM, Harvey CA, Peres CA, Sodhi NS. 2009. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters*, 12:561-582.

Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurements and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4:279-391.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9pp.

Hennenberg KJF, Fisher K, Koudaio K, Goetze D, Orhtermann B, Linesenmair KE, Jeltsch F, Porembski S. 2006. Phytomass and fire occurrence along forest–savanna transects in the Comoe National Park, Ivory Coast. *Journal of Tropical Ecology*, 22:303–311.

Hoffmann WA, Adasme R, Haridasan M, Carvalho M, Geiger EL, Pereira MAB, Gotsch SG, Franco AC. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of alternate stable states at savanna–forest boundaries under frequent fire in central Brazil. *Ecology*, 90:1326–1337.

Kanowski J, Catterall CP. 2010. Carbon stocks in above-ground biomass of monoculture plantations, mixed species plantations and environmental restoration plantings in north-east Australia. *Ecological Management and Restoration*, 11:119-126.

Lemenih M, Teketay D. 2005. Effect of prior land use on the recolonization of native woody species under plantation forests in the highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 218:60-73.

Lemenih M, Gidyew T, Teketay D. 2004. Effects of canopy cover and understory environment of tree plantations on richness, density and size of colonizing woody species in southern Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 194:1-10.

Lima TA, Vieira G. 2013. High plant species richness in monospecific tree plantations in the Central Amazon. *Forest Ecology and Management* 295:77–86.

Loumeto JJ, Huttel C. 1997. Understory vegetation in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo. *Forest Ecology and Management*, 99:65-81.

Luck GW, Spooner PG, Watson DM, Watson SJ, Saunders ME. 2014. Interactions between almond plantations and native ecosystems: Lessons learned from north-western Victoria. *Ecological Management and Restoration*, 15:1-15.

Magnusson WE, Lima AP, Luizão R, Luizão F, Costa FR, Castilho CV, Kinupp VF. 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5:19-24.

Mesquita RCG, Ickes K, Ganade G, Williamson GB. 2001. Alternative successional pathways in the Amazon basin. *Journal of Ecology*, 89:528-537.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier GC, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853-858.

Nelson BW, Mesquita R, Pereira JLG, Souza SGA, Batista GT, Couto LB (1999) Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117:149–167.

Parrota JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 41:115-133.

Parrota JA, Knowles OH, Wunderle JM. 1997. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 99:21-42.

Parrota JA, Knowles OH. 1999. Restoration of tropical moist forest on Bauxite-mined land in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology*, 7:103–116.

Peltzer DA, MacLeod CJ. 2014. Weeds and native plant species are negatively associated along grassland and kiwifruit land management intensity gradients. *Austral Ecology* 39:39-49.

Rossatto DR, Hoffmann WA, Franco AC. 2009. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest–savanna boundary. *Functional Ecology*, 23:689-698.

Sano EE, Rosa R, Brito JLS, Ferreira LG. 2009. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring Assessment* 1:1–12.

Senbeta F, Teketay D, Näslund BÅ. 2002. Native woody species regeneration in exotic tree plantations at Munessa-Shashemene forest, southern Ethiopia. *New Forests*, 24:131-145.

Vale-Júnior JF, Schaefer CEGR. 2010. Solos sob Savanas de Roraima: Gênese, Classificação e Relações Ambientais. Boa Vista: Ioris, 219p.

Yirdaw E, Lukkanen O. 2003. Indigenous woody species diversity in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in the Ethiopian highlands. *Biodiversity and Conservation*, 12: 567–582.

Wunderle JM. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99:223-235.

8. APÊNDICES

Apêndice 1. Lista das espécies ordenadas em ordem alfabética de família com suas respectivas abundâncias para cada ambiente.

| Família | Espécie | A.mangium | Lavrado |
|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|
| Anacardiaceae | <i>Tapirira guianensis</i> | 20 | |
| | <i>Thyrsodium spruceanum</i> | 4 | |
| Annonaceae | <i>Guatteria cf. schomburgkiana</i> | 8 | 35 |
| | <i>Xylopia aromatica</i> | 5 | |
| | <i>Xylopia cf. frutescens</i> | 6 | |
| | <i>Xylopia discreta</i> | 8 | 17 |
| | <i>Xylopia parviflora</i> | 1 | |
| Apocynaceae | <i>Himathanthus articulatus</i> | 33 | 15 |
| Araliaceae | <i>Schefflera morototoni</i> | 2 | |
| Boraginaceae | <i>Cordia sp.</i> | 7 | |
| Burseraceae | <i>Protium sagotianum</i> | 9 | |
| | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 5 | 1 |
| Chrysobalanaceae | <i>Parinari campestris</i> | 11 | |
| Clusiaceae | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 5 | |
| | <i>Garcinia macrophylla</i> | | 1 |
| Combretaceae | <i>Buchenavia tetraphylla</i> | 2 | |
| Dilleniaceae | <i>Curatella americana</i> | 52 | 383 |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum macrophyllum</i> | 3 | |
| | <i>Erythroxylum suberosum</i> | 14 | 30 |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea discolor</i> | 4 | 2 |
| | <i>Alchornea schomburgkii</i> | | 4 |
| | <i>Maprounea guianensis</i> | 2 | |
| Fabaceae | <i>Anadenanthera peregrina</i> | 5 | |
| | <i>Bowdichia virgilioides</i> | 11 | 54 |
| | <i>Ormosia paraensis</i> | 2 | |
| | <i>Peltogyne paniculata</i> | 1 | |
| Goupiaceae | <i>Goupia glabra</i> | | 1 |
| Humiriaceae | <i>Humiria balsamifera</i> | | 1 |
| Hypericaceae | <i>Vismia cayennensis</i> | 2 | 8 |
| | <i>Vismia latifolia</i> | | 1 |
| | <i>Vismia macrophylla</i> | | 1 |
| Lauraceae | <i>Endlicheria sp.</i> | 1 | |
| | <i>Ocotea bracteosa</i> | 2 | |
| | <i>Ocotea longifolia</i> | 4 | |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima crassifolia</i> | 27 | 133 |

continuação da tabela relativa ao **Apêndice 1**

| | | | |
|-----------------|--------------------------------|----|----|
| Melastomataceae | <i>Bellucia dichotoma</i> | | 1 |
| | <i>Clidemia rubra</i> | | 5 |
| | <i>Miconia elata</i> | 1 | |
| | <i>Miconia longifolia</i> | 1 | |
| | <i>Miconia prasina</i> | 1 | 1 |
| | <i>Miconia stenostachya</i> | | 1 |
| | <i>Tococa guianensis</i> | 1 | |
| Moraceae | <i>Brosimum spl</i> | 1 | |
| Myristicaceae | <i>Virola calophylla</i> | 17 | |
| | <i>Virola pavonis</i> | 4 | |
| | <i>Virola sebifera</i> | 7 | |
| Myrtaceae | <i>Eugenia punicifolia</i> | | 66 |
| | <i>Myrcia splendens</i> | 1 | |
| | <i>Psidium guianense</i> | 5 | 3 |
| | NID | | 5 |
| Ochnaceae | <i>Ouratea castaneifolia</i> | 5 | |
| Peraceae | <i>Pera glabrata</i> | 1 | |
| Rubiaceae | <i>Genipa americana</i> | 1 | 7 |
| | NID | 3 | 5 |
| | <i>Posoqueria latifolia</i> | | 7 |
| Salicaceae | <i>Casearia arborea</i> | 1 | |
| | <i>Casearia mariquitensis</i> | 1 | |
| | <i>Casearia sylvestris</i> | 11 | 4 |
| Sapindaceae | <i>Cupania cf. rubiginosa</i> | 1 | |
| | <i>Cupania americana</i> | 1 | |
| Sapotaceae | <i>Cf. Chrysophyllum sp.</i> | 17 | |
| | <i>Chrysophyllum argenteum</i> | 14 | 5 |
| Simaroubaceae | <i>Simaba cedron</i> | 5 | |
| Siparunaceae | <i>Siparuna guianensis</i> | 21 | 5 |
| Solanaceae | <i>Solanum subinerme</i> | 1 | |
| Urticaceae | <i>Cecropia ficifolia</i> | 3 | |
| | <i>Cecropia peltata</i> | 1 | |
| Verbenaceae | <i>Vitex sp.</i> | | 1 |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia sp.</i> | 1 | |

Apêndice 2. Lista das espécies ordenadas em ordem alfabética com suas respectivas biomassas (Mg/ha) em cada ambiente.

| Espécie | A.mangium | Lavrado |
|-------------------------------------|------------------|----------------|
| <i>Alchornea discolor</i> | 0.28506 | 0.00886 |
| <i>Alchornea schomburgkii</i> | | 0.03886 |
| <i>Anadenanthera peregrina</i> | 0.06616 | |
| <i>Bellucia dichotoma</i> | | 0.00496 |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> | 0.01066 | 0.52933 |
| <i>Brosimum sp1</i> | 0.00099 | |
| <i>Buchenavia tetrphylla</i> | 0.00331 | |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> | 0.34384 | 1. 41190 |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.00453 | |
| <i>Casearia arborea</i> | 0.00009 | |
| <i>Casearia mariquitensis</i> | 0.01442 | |
| <i>Casearia sylvestris</i> | 0.00247 | 0.00088 |
| <i>Cecropia ficifolia</i> | 0.00141 | |
| <i>Cecropia peltata</i> | 0.00429 | |
| <i>Cf. Chrysophyllum sp.</i> | 0.00962 | |
| <i>Chrysophyllum argenteum</i> | 0.02473 | 0.00812 |
| <i>Clidemia rubra</i> | | 0.00278 |
| <i>Cordia sp.</i> | 0.01867 | |
| <i>Cupania cf. rubiginosa</i> | 0.00010 | |
| <i>Cupania americana</i> | 0.00014 | |
| <i>Curatella americana</i> | 0.08461 | 9. 87233 |
| <i>Endlicheria sp.</i> | 0.00448 | |
| <i>Erythroxylum macrophyllum</i> | 0.00581 | |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> | 0.00717 | 0.01897 |
| <i>Eugenia puniceifolia</i> | | 0.05923 |
| <i>Garcinia macrophylla</i> | | 0.00047 |
| <i>Genipa americana</i> | | 0.00807 |
| <i>Goupia glabra</i> | | 0.00080 |
| <i>Guatteria cf. schomburgkiana</i> | 0.01073 | 0.13405 |
| <i>Himathanthus articulatus</i> | 0.12103 | 0.01182 |
| <i>Humiria balsamifera</i> | | 0.00388 |
| <i>Maprounea guianensis</i> | 0.00713 | |
| <i>Miconia elata</i> | 0.00011 | |
| <i>Miconia longifolia</i> | 0.00011 | |
| <i>Miconia prasina</i> | 0.00906 | 0.00052 |
| <i>Miconia stenostachya</i> | | 0.00016 |
| <i>Myrcia splendens</i> | 0.00256 | |

continuação da tabela relativa ao **Apêndice 2**

| | | |
|--------------------------------|---------|---------|
| <i>Ocotea bracteosa</i> | 0.00778 | |
| <i>Ocotea longifolia</i> | 0.00249 | |
| <i>Ormosia paraensis</i> | 0.00302 | |
| <i>Ouratea castaneifolia</i> | 0.00298 | |
| <i>Parinari campestris</i> | 0.02362 | |
| <i>Peltogyne paniculata</i> | 0.00014 | |
| <i>Pera glabrata</i> | 0.00178 | |
| <i>Posoqueria latifolia</i> | 0.59016 | |
| <i>Protium sagotianum</i> | 0.00585 | |
| <i>Psidium guianense</i> | 0.00176 | 0.00169 |
| <i>Schefflera morototoni</i> | 0.02044 | |
| <i>Simaba cedron</i> | 0.01366 | |
| <i>Siparuna guianensis</i> | 0.15313 | |
| <i>Solanum subinerme</i> | 0.00540 | |
| <i>Tapirira guianensis</i> | 0.04220 | |
| <i>Thyrsodium spruceanum</i> | 0.00135 | |
| <i>Tococa guianensis</i> | 0.00015 | |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 0.00507 | |
| <i>Virola calophylla</i> | 0.00834 | |
| <i>Virola pavonis</i> | 0.00057 | |
| <i>Virola sebifera</i> | 0.00165 | |
| <i>Vismia cayennensis</i> | 0.01030 | 0.00450 |
| <i>Vismia latifolia</i> | | 0.00007 |
| <i>Vismia macrophylla</i> | | 0.00007 |
| <i>Vitex sp.</i> | | 0.00085 |
| <i>Vochysia sp.</i> | 0.00024 | |
| <i>Xylopiia aromatica</i> | 0.19758 | |
| <i>Xylopiia cf. frutescens</i> | 0.01897 | |
| <i>Xylopiia discreta</i> | 0.01688 | 0.05467 |
| <i>Xylopiia parviflora</i> | 0.00023 | |

Apêndice 3. Lista das espécies de origem florestal classificadas em grupo sucessional e suas respectivas biomassas (Mg/ha) estabelecidas em plantios de *A. mangium*.

| Espécie | Não-pioneira | Pioneira |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| <i>Alchornea discolor</i> | | 0.28506 |
| <i>Alchornea schomburgkii</i> | | 0.06616 |
| <i>Brosimum sp1</i> | 0.00099 | |
| <i>Buchenavia tetraphylla</i> | 0.00331 | |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.00453 | |
| <i>Casearia arborea</i> | | 0.00099 |
| <i>Casearia mariquitensis</i> | | 0.01442 |
| <i>Casearia sylvestris</i> | | 0.02473 |
| <i>Cecropia ficifolia</i> | | 0.00141 |
| <i>Cecropia peltata</i> | | 0.00429 |
| <i>Cf. Chrysophyllum sp.</i> | 0.00962 | |
| <i>Chrysophyllum argenteum</i> | 0.02473 | |
| <i>Clidemia rubra</i> | 0.00141 | |
| <i>Cordia sp.</i> | | 0.01867 |
| <i>Cupania cf. rubiginosa</i> | 0.00010 | |
| <i>Cupania americana</i> | 0.00014 | |
| <i>Endlicheria sp.</i> | 0.00448 | |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> | 0.00717 | |
| <i>Maprounea guianensis</i> | | 0.00713 |
| <i>Miconia elata</i> | | 0.00011 |
| <i>Miconia longifolia</i> | | 0.00011 |
| <i>Miconia prasina</i> | | 0.00906 |
| <i>Myrcia splendens</i> | 0.00256 | |
| <i>Ocotea bracteosa</i> | 0.00778 | |
| <i>Ocotea longifolia</i> | 0.00249 | |
| <i>Ormosia paraensis</i> | 0.00302 | |
| <i>Ouratea castaneifolia</i> | | 0.00298 |
| <i>Parinari campestris</i> | 0.02362 | |
| <i>Peltogyne paniculata</i> | 0.000014 | |
| <i>Pera glabrata</i> | 0.00178 | |
| <i>Posoqueria latifolia</i> | 0.59016 | |
| <i>Protium sagotianum</i> | 0.00585 | |
| <i>Psidium guianense</i> | 0.00176 | |
| <i>Schefflera morototoni</i> | | 0.02044 |
| <i>Simaba cedron</i> | 0.01366 | |
| <i>Siparuna guianensis</i> | | 0.15313 |
| <i>Solanum subinerme</i> | | 0.00540 |

continuação da tabela relativa ao **Apêndice 3**

| | | |
|--------------------------------|---------|---------|
| <i>Tapirira guianensis</i> | | 0.04220 |
| <i>Thyrsodium spruceanum</i> | 0.00135 | |
| <i>Tococa guianensis</i> | | 0.00015 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 0.00507 | |
| <i>Virola calophylla</i> | 0.00834 | |
| <i>Virola pavonis</i> | 0.00057 | |
| <i>Virola sebifera</i> | 0.00165 | |
| <i>Vismia cayennensis</i> | | 0.01030 |
| <i>Vochysia sp.</i> | 0.00024 | |
| <i>Xylopia aromatica</i> | | 0.19758 |
| <i>Xylopia cf. frutescens</i> | | 0.01897 |
| <i>Xylopia parviflora</i> | | 0.00023 |