

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Comportamento silvicultural de espécies nativas usadas no
enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia, visando
potencializar a exploração econômica da Reserva Legal**

Andréia Alves Erdmann

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2015

Andréia Alves Erdmann
Engenheira Florestal

Comportamento silvicultural de espécies nativas usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia, visando potencializar a exploração econômica da Reserva Legal

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO RIBEIRO RODRIGUES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Erdmann, Andréia Alves

Comportamento silvicultural de espécies nativas usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia, visando potencializar a exploração econômica da Reserva Legal / Andréia Alves Erdmann. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

132 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Restauração ecológica 2. Silvicultura tropical 3. Microssítio de estabelecimento
4. Filtros ecológicos 5. Floresta Amazônica I. Título

CDD 634.97
E66c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A minha família, **Florinda (mãe)**, **Jairo (pai)** e **Thiago (irmão)**, pelos princípios de vida, amor e apoio dado.

Ao meu namorado **Eduardo**, por todo amor, compreensão e cuidado.
Vocês me edificaram todos os dias, portanto, os considero parte dessa grande conquista.

Dedico em especial.

Aos órgãos de ensino, pesquisa e extensão.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a **Deus**, que sempre me deu força, coragem e inspiração para desenvolver esse trabalho que para mim foi um desafio profissional muito grande.

Em especial, agradecer a meus pais: **Florinda Macedo Erdmann** e **Jairo Berger Erdmann**, a forma maravilhosa de educar os filhos, o apoio e conselhos, por terem respeitado as minhas escolhas, o amor e dedicação em minha vida, a família tão perfeita que formaram, sendo, assim, o melhor presente que um filho poderia ganhar. Sem vocês, certamente, não teria chegado até aqui!

A meu irmão **Thiago Alves Erdmann**, que amo muito, por ser um excelente filho e por fazer companhia para meus pais enquanto estou longe.

A meu querido namorado **Eduardo Zavaschi**, por todo amor, dedicação, compreensão, incentivos e força dada. Obrigada também pelo valoroso apoio nas correções finais deste trabalho. A Deus, novamente, por ter conhecido essa pessoa maravilhosa que é o Du.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Ricardo Ribeiro Rodrigues**, por ter me aceitado como estagiária no início de 2012, dando a chance de conhecer mais sobre Restauração Ecológica no Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LERF – e pelo apoio dado nesses dois anos de mestrado.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. **Pedro Henrique Santin Brancalion**, Prof. Dr. **Edson José Vidal da Silva**, Prof. Dr. **Fernando Cristovam da Silva Jardim** e Prof. Dr. **Ricardo Augusto Gorne Viani**, pela disponibilidade de participar e pelas contribuições acerca da dissertação.

Ao **CNPQ**, pelos recursos destinados a todo nosso laboratório pelo projeto temático **561897/2010-7**.

Ao Dr. **Wilson Marcelo Silva Junior**, por me incentivar desde a intenção de me candidatar à vaga de mestrado da ESALQ até o desenvolvimento do primeiro projeto de mestrado e vários auxílios ao decorrer do trabalho.

Agradeço e dedico a meus avós **Fernandes Conceição de Macedo**, **Jair Bahls Taques Erdmann**, “in memoriam”, **Maria Nilza Berger Erdmann** e **Flauzina Alves Macedo**, por terem contribuído de alguma forma com minha educação; e a meus **tios** e **primos**. Em especial, agradeço a minha avó Nilza que me acolheu em sua casa durante toda a graduação em Belém.

Ao meu amigo **Thiago de Paula Oliveira**, que é um verdadeiro irmão para mim, inspirou calma e ajudou muito com as análises estatísticas e correções. Muito obrigada!

Ao Sindicato dos Produtores Rurais de Paragominas, pelo Projeto Município Verde, aos proprietários **Mauro Lúcio, Vinícius Scaramussa, Osmar Scaramussa e Lorival Delpupo**, por acreditarem e apoiarem o projeto; e à secretária **Carla Ferrarini** o apoio e paciência.

A todos os funcionários das fazendas que estavam sempre dispostos a ajudar nos dias consecutivos de campo pesado. **Da fazenda Marupiara: Ademir** (Dema), **Tatiane, Alex Borges** (Caroço), **Elizangela** (Lica), **Ricardo, Raimundo** (Marajó), **Paulo Roberto** (Junior), **José Roberto** (Santos), **Sandra e Alexandre. Fazenda São Luiz: Alessandro, Marlene, Ramon. Fazenda Santa Maria: Gilberto, Dona Rita, Cutaca, Rose e Antônio.**

A todos os amigos do LERF que estão sempre dispostos a ajudar e, com muita alegria, tornaram meus dias mais divertidos. São eles: **Cris, Mari, Marininha, Júlia, Rafaela, Henrique, Ana Flávia, Ana Paula, Adriana, Isabella, Villinã, Fausto, Pinus, Fabiano, Chico, Carina, Diana Vásquez, Vanessa, Débora, Cláudia e todos do lab.** que de alguma forma fizeram parte desta história. Agradeço em especial a **Débora Rother** pelas valiosíssimas correções na dissertação.

Aos amigos do departamento de solos, a amizade, companhia e ajudas com o trabalho: **Priscila, Carlos Antônio** (Toni), **Roberta, Letícia** (Eva), **Thiago** (Bateria), **Edson, Luana, Cintia, Greice, Thales e Rafael Butke.**

Às queridas amigas **Mariane, Maristela e Carol**, as quais me receberam em Piracicaba no estágio obrigatório em 2012 e acolheram-me na república por três vezes. São verdadeiras irmãs para mim, a convivência com vocês foi a melhor que já vivenciei, levarei vocês para sempre no meu coração. Obrigada por elaborar os lindos mapinhas da minha dissertação, Mari. Sou muito grata a vocês por tudo!

À minha amiga **Simone Magalhães** e ao meu amigo **Carlos Antônio**, toda dedicação, carinho e por terem me apresentado duas pessoas: uma muito especial e outra essencial para minha vida.

Aos meus queridos estagiários: **Flávia Aquino, Bruno Cunha, Augusto, Maura Cardoso, Paulo Henrique, Adrienny Reis, Jhonatan Santo, Deyginanen Brito, Udson Junior, Michel Douglas, Raphael Castro, Fabrício Passos, Carlos Henrique e Larissa Pigatti**, por me auxiliaram nas atividades “intensas” no campo. Parabéns pela resistência e

vontade de aprender um pouco sobre a restauração da floresta Amazônica. Aos alunos da ESALQ: **Samuel** e **Carol** pelas ajudas na digitalização dos dados.

Aos professores pesquisadores **Sergios Gandolf** e **Pedro Brancalion**, pelas explicações na elaboração e execução do projeto de mestrado.

À **Giovana Oliveira**, por todo carinho e simpatia durante esses anos e por resolver com eficiência as questões burocráticas do departamento, sem você os pós-graduandos não seriam os mesmos.

Aos meus orientadores de iniciação científica, Prof^a. **Alba Lins** e Prof. **Rodrigo Silva do Vale**, que me transmitiram as primeiras noções da pesquisa científica.

À minha amiga **Larissa Soares**, pelas palavras de consolo, conselhos e amor que sem dúvida alguma são fundamentais para meu crescimento pessoal.

A todos meus amigos de **Rio Maria, Redenção e Belém** e aos amigos que tenho espalhado pelo Brasil, que foram e serão sempre muito importantes na minha vida.

Ao Instituto de Ciências Agrárias, da **Universidade Federal Rural da Amazônia**, pela minha formação em engenharia florestal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela concessão da bolsa.

A todos os **mestres**, pelo conhecimento e sabedoria transmitidos.

Tenho certeza que são poucas linhas para agradecer tantas contribuições! A todos que contribuíram de alguma forma para a idealização, execução e finalização dessa pesquisa, meu muitíssimo obrigada!

“A vida é realmente, escuridão, exceto quando há um impulso. E todo impulso é cego quando não há saber; e todo saber é vão, exceto quando há trabalho; e todo trabalho é vazio, exceto quando há amor. E, quando trabalhais com amor, vós vos unir a vós próprios, e uns aos outros, e a Deus.” (Khalil Gibran)

“Meus queridos pais, não faz tanto tempo que me tomavam pelas mãos quando meus passos erravam o caminho. Não faz tanto tempo que quando criança travessa tirava-lhes o sono e o sossego. Hoje, quero novamente pegar em suas mãos, com tantas saudades daquele tempo, olhar vossas faces e agradecer. A vocês, que sempre compartilharam sonhos e desalentos, vitórias e derrotas, alegrias e tristezas. A vocês que nos incentivaram a prosseguir nessa jornada, quais fossem os obstáculos. A vocês que às vezes distantes fisicamente, mantiveram-se ao nosso lado e lutaram pelo nosso sucesso. À vocês, dedico esta conquista com a mais profunda gratidão.”

“Senhor, por todos estes anos que estivestes comigo, a cada hora de minha árdua batalha, para aprender e construir o conhecimento, pelas vezes que o desânimo se abateu sobre mim, todo agradecimento seria sempre pouco. Fostes luz nos dias, me mantendo firme na conclusão dos meus cursos. Hoje, eu agradeço, sobretudo por “nossas” vidas e pela “nossa” vitória.”

“Vencemos! Porém, não nos esqueçamos em momento algum dos muitos brasileiros que não têm sequer acesso à educação primária, e que a maioria da população apresenta baixíssimo nível de saúde. Principalmente, não nos esqueçamos de que é com esse povo que temos responsabilidade e a quem devemos todo nosso carinho e dedicação”.

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	21
1 Introdução.....	23
1.1 Descrição das espécies escolhidas para o plantio de enriquecimento	30
Referências	37
2 MORTALIDADE DE ESPÉCIES NATIVAS MADEIREIRAS USADAS PARA O ENRIQUECIMENTO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS.....	49
Resumo	49
Abstract.....	49
2.1 Introdução.....	50
2.2 Material e métodos	52
2.3 Resultados e discussão	65
2.4 Conclusões.....	76
2.5 Considerações finais.....	77
Referências	77
3 CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS MADEIREIRAS EM PLANTIOS DE ENRIQUECIMENTO ARTIFICIAL DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL	83
Resumo	83
Abstract.....	83
3.1 Introdução.....	84
3.2 Material e métodos	86
3.3 Resultados e discussão	96
3.4 Conclusões.....	112

3.5 Considerações finais	114
Referências.....	114
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
APÊNDICES.....	121

RESUMO

Comportamento silvicultural de espécies nativas usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia, visando potencializar a exploração econômica da Reserva Legal

O Brasil é hoje um dos maiores produtores de madeira nativa do mundo. A demanda por este produto é cada vez maior perante a diminuição da oferta e supervalorização das madeiras de crescimento lento, tornando a silvicultura de espécies nativas um desafio, pois não existem estudos suficientes relacionados à produção de mudas, estabelecimento, crescimento e manejo florestal dessas espécies madeireiras. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do microssítio na sobrevivência e crescimento de espécies nativas madeireiras utilizadas no enriquecimento artificial de florestas remanescentes na Amazônia (Pará), definidas como Reserva Legal (RL) da propriedade, mas que sofreram exploração madeireira recente, visando recompor e potencializar a exploração econômica dessas áreas. As espécies objeto desse trabalho, que foram usadas no enriquecimento artificial da RL, são: *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*. Essas espécies foram plantadas em abril de 2012 e avaliadas aos 9 e 19 meses após o plantio. Com o objetivo de identificar o momento que essas espécies são mais susceptíveis e que condições do microssítio influenciaram a mortalidade, foram caracterizadas as árvores circundantes à cada muda plantada, a taxa de herbivoria da muda, a possível competição com trepadeiras e plântulas, as aberturas no dossel sobre a muda e a luz difusa incidente. Para testar o efeito da espécie e do tempo na mortalidade das mudas, foi ajustado um modelo linear generalizado misto de análise de variância. Para testar a independência entre a sobrevivência e as variáveis ordinais do microssítio, foram construídas tabelas de contingência bidimensionais e aplicados os correspondentes testes de qui-quadrado. As análises demonstraram que a *Carapa guianensis* foi a espécie com maior mortalidade nos primeiros meses pós-plantio. Além disso, a mortalidade das espécies foi independente dos fatores luz difusa, árvores circundantes às mudas, trepadeiras e plântulas. Entretanto, a mortalidade de *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Hymenaea courbaril* foi explicada pelo vigor das mudas na fase inicial; a mortalidade de *Cordia goeldiana* foi explicada pela herbivoria; *Carapa guianensis* e *Handroanthus serratifolius* tiveram a mortalidade influenciada pela abertura no dossel. Afim de identificar os fatores do microssítio limitantes no crescimento das espécies, foram caracterizadas a herbivoria das mudas, a competição com trepadeiras, a competição com plântulas e luz difusa incidente. Para análise estatística, foram considerados modelos lineares de efeitos mistos para a altura, considerando as variáveis do microssítio. A herbivoria não interferiu no crescimento das espécies avaliadas. A luz direta na muda e a luz difusa alta foram significativas para o crescimento das espécies. *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* tiveram crescimento máximo com a variável luz direta. As espécies avaliadas tiveram maior crescimento em locais com mais trepadeiras, provavelmente a maior incidência de luz tenha possibilitado o crescimento das trepadeiras e das espécies plantadas. As interações muita trepadeira x luz difusa alta e muita trepadeira x luz direta tiveram efeito negativo no crescimento de *Hymenaea courbaril*. O crescimento de *Cordia goeldiana* foi afetado negativamente pelo número de plântulas circundantes.

Palavras-chave: Restauração ecológica; Silvicultura tropical; Microssítio de estabelecimento; Filtros ecológicos; Floresta Amazônica

ABSTRACT

Silvicultural behavior of native species used in artificial enrichment of altered forests in Amazon aiming to enhance the economic exploitation of Legal Reserve

Brazil is one of the largest producers of native timber in the world. The demand for this product is increasing towards the supply is decreasing and overvaluation of the slow-growing wood, turning out native species forestry a challenge because there are not enough studies related to the production of seedlings, establishment, growth and forestry management of these species. In this context, this study aimed to evaluate the influence of micro-sites on survival and growth of native timber species used in artificial enrichment of forest remnants in Amazon (Pará), defined as Legal Reserve (LR) of the property, even though suffered recent logging, aiming to restore the economic potential of these areas. The species used in this study are *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* and *Hymenaea courbaril*. These species were planted in April 2012 and evaluated at 9 and 19 months after planting. In order to identify the right moment that those species are more susceptible and which micro-site conditions influenced the mortality, the surrounding trees to each planted seedling were characterized, the rate of herbivory of the seedling, possible competition with vines and other seedlings, openings in the canopy over the seedling and diffuse incident light. To test the effect of species and time in the mortality of seedlings, a generalized linear mixed model analysis of variance was adjusted. To test the independence between survival and the ordinal variables from the micro-site, two-dimensional contingency tables were constructed and applied chi-square tests. Analysis showed that *Carapa guianensis* was the specie with the greatest mortality in the first months after planting. In addition, the mortality of the species was independent from the factors: diffused light, surrounding trees to seedlings, vines and seedlings of other species. However, the mortality of species *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* and *Hymenaea courbaril* was explained by the vigor of the seedlings in the initial phase; the mortality of *Cordia goeldiana* was explained by herbivory; and *Carapa guianensis*, *Handroanthus serratifolius* have mortality influenced by canopy opening. In order to identify the micro-site limiting factors in the growth of the species, herbivory of seedlings, competition with vines, competition with seedlings and diffuse incident light were characterized. Statistical analysis included linear mixed models for height, considering the micro-site variables. Herbivory did not affect the growth of the species assessed. The direct light over the seedling and high diffuse light were significant for the growth of the species. *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* and *Hymenaea courbaril* had maximum growth with the variable direct light. The species evaluated had higher growth in places with more vines, probably the largest incidence of light enabled the growth of vine and the species planted. Interactions high level of vine x high diffuse light and high level of vine x direct light had a negative effect on the growth of *Hymenaea courbaril*. The growth of *Cordia goeldiana* was negatively affected by the number of surrounding plants.

Keywords: Ecological restoration; Tropical forestry; Micro-site establishment; Ecological filters; Amazon Forest

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Municípios de Paragominas e Tailândia no estado do Pará, onde estão localizadas as áreas de estudo.....	52
Figura 2.2 - Localização da fazenda Marupiara no estado do Pará e no Brasil.....	53
Figura 2.3 - Localização da fazenda Santa Maria e São Luiz no estado do Pará e no Brasil.....	54
Figura 2.4 - Amostragem sistemática nas linhas em vermelho, feita em dois talhões para representar cada espécie do plantio de enriquecimento.....	55
Figura 2.5 - Níveis alto (A), médio (B) e baixo (C) de vigor em plantas de Andiroba e níveis alto (D), médio (E) e baixo (F) em plantas de Cedro.....	59
Figura 2.6 - Árvores quantificadas e medidas (A) em um raio de 2 metros (B) dos indivíduos plantados.....	60
Figura 2.7 - Mudas de freijó sem herbivoria (A), Nível baixo (B) e nível alto de herbivoria (C).....	60
Figura 2.8 - Vareta utilizada para demarcar a área a ser observada o nível de trepadeiras (B). Muda de ipê sem trepadeiras em um raio de 1 metro (A), jatobá com poucas trepadeiras (B) e freijó com muitas trepadeiras (C).....	61
Figura 2.9 - Divisão do dossel em cinco setores para observar a presença de luz acima de cada indivíduo nas linhas de enriquecimento.....	62
Figura 2.10 - Incidência de luz difusa baixa (A), moderada (B), alta (C) e luz direta (D).....	63
Figura 2.11 - Precipitação nas fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria do plantio na primeira (T1) e segunda (T2) avaliação.....	63
Figura 2.12 - Mortalidade média (%) das espécies nas avaliações após o plantio de enriquecimento florestal.....	65
Figura 2.13 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade com o vigor das espécies <i>Carapa guianensis</i> , <i>Cedrela fissilis</i> , <i>Cordia goeldiana</i> e <i>Hymenaea courbaril</i>	69

Figura 2.14 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade com os níveis de herbivoria da espécie <i>Cordia goeldiana</i>	71
Figura 2.15 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade da <i>Carapa guianensis</i> com o número de aberturas no dossel.....	72
Figura 2.16 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade da <i>Handroanthus serratifolius</i> com o número de aberturas no dossel.....	73
Figura 2.17 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade de <i>Cordia goeldiana</i> com a luz difusa incidente. As categorias LDB, LDM, LDA e LD correspondem a luz difusa baixa, moderada, alta e luz direta respectivamente.....	74
Figura 2.18 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade da espécie <i>Cordia goeldiana</i> com as árvores que circundavam as mudas da espécie.....	75
Figura 3.1 - Municípios paraenses onde estão localizadas as áreas de estudo.....	86
Figura 3.2 - Amostragem sistemática em dois talhões para representar cada espécie do plantio de enriquecimento.....	88
Figura 3.2 - Níveis baixo (A) e alto (B) de herbivoria em plantas de feijó.....	90
Figura 3.3 - Pouca (A) e muita (B) trepadeira em mudas de jatobá e feijó. Vareta utilizada para demarcar a área a ser observado o nível de trepadeiras. A espécie plantada encontra-se destacada (A).....	91
Figura 3.4 - Incidência de luz difusa baixa (A), moderada (B), alta (C) e luz direta (D).....	92
Figura 3.5 - Precipitação nas fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria do plantio na primeira (T1) e segunda (T2) avaliação.....	93
Figura 3.6 - Média da altura e incremento das espécies 9 e 19 meses após o plantio de enriquecimento florestal.....	96

Figura 3.7 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie <i>Carapa guianensis</i> , com adição do erro padrão da média.....	100
Figura 3.8 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie <i>Cedrela fissilis</i> com adição do erro padrão da média.....	103
Figura 3.9 - Efeito do nível de luz difusa (A), trepadeiras (B) e plântulas de espécies nativas (C) no crescimento da espécie <i>Cordia goeldiana</i> com adição do erro padrão da média.....	106
Figura 3.10 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie <i>Handroanthus serratifolius</i> com adição do erro padrão da média.....	109
Figura 3.12 - Efeito do tempo e interação nível de luz difusa e trepadeira na altura de <i>Cordia goeldiana</i> com adição do erro padrão da média.....	111
Figura 3.13 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda (C).....	121
Figura 3.14 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C).....	123
Figura 3.15 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C).....	125
Figura 3.16 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C).....	127
Figura 3.17 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C).....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Espécies monitoradas quanto a mortalidade e crescimento no plantio de enriquecimento, propriedade em que foi plantada, nome popular, nome científico, grupo ecológico, número de indivíduos e talhões amostrados.....	56
Tabela 2.2 - Caracterização química e textural dos solos das fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria.....	59
Tabela 2.3 - Análise de variância calculada por meio de modelo linear generalizado misto com medidas repetidas e dados aderentes à distribuição lognormal.....	66
Tabela 2.4 - Média (desvio padrão) da porcentagem absoluta de plantas mortas nas linhas de plantio nas combinações dos níveis de espécie e tempo.....	67
Tabela 2.5 - Significâncias dos testes de qui-quadrado para independência entre as condições do microssítio e mortalidade das espécies estudadas.....	67
Tabela 3.1 - Espécies monitoradas quanto a sobrevivência e crescimento no plantio de enriquecimento, propriedade em que foi plantada, nome popular, nome científico, grupo ecológico, número de indivíduos e talhões amostrados.....	89
Tabela 3.2 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.).....	97
Tabela 3.3 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância.....	99
Tabela 3.4 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.).....	101
Tabela 3.5 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância.....	102
Tabela 3.6 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.).....	104
Tabela 3.7 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância.....	105

Tabela 3.8 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.).....	107
Tabela 3.9 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância.....	108
Tabela 3.10 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.).....	110
Tabela 3.11 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância.....	111
Tabela 3.12 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para <i>Carapa guianensis</i> Aubl.....	122
Tabela 3.13 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	124
Tabela 3.14 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para <i>Cordia goeldiana</i> Huber.	126
Tabela 3.15 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para <i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose.....	128
Tabela 3.16 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para <i>Hymenaea courbaril</i> L.	130

1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo grandes extensões de floresta foram devastadas em decorrência da expansão das fronteiras agrícolas e do processo de urbanização e industrialização (VERBURG et al., 2014). No Brasil, existe hoje uma área de floresta natural em estado clímax de 519.522.000 ha, ou seja, 62% do território nacional, sendo os sucessivos ciclos econômicos, como a pecuária, produção da cana-de-açúcar, busca por ouro e o cultivo do café, foram os principais causadores da devastação de florestas nativas (GODAR; TIZADO; POKORNY, 2012), sendo que nos 10 últimos anos, cerca de 2,6 milhões de hectares de florestas foram desmatados no país (FAO, 2010).

A ocupação intensa da Amazônia começou no início da década de 1970. Embora áreas extensas permaneçam intactas, a taxa de desmatamento continua aumentando, em especial no “arco do desmatamento”, que corresponde a extensas áreas desmatadas localizadas nas extremidades sul e leste da região. De acordo com os dados divulgados pelo INPE (2013), a área desmatada na região amazônica corresponde a 752 mil km², 19% da floresta original, sendo o Pará líder do ranking nos últimos anos, com 57% do total de áreas desmatadas registradas. As consequências ambientais desse histórico de desmatamento estão registradas na literatura e correlacionam-se com a destruição de habitats, erosão da biodiversidade, sustentabilidade, conservação do solo, questões climáticas e escassez de recursos hídricos que podem comprometer principalmente a diversidade do Bioma Amazônico (BETTS, 2011; COLOMBO et al., 2012; FRIEND et al., 2014; GERMER et al., 2009; MEYER; TURNER, 1994; SALEMI et al., 2013; SALEMI et al., 2012; SCHMIDT et al., 2011; TABARELLI; PERES; MELO, 2012). Este cenário expõe a necessidade crescente de ações que proponham a conservação dos recursos florestais ainda existentes e a restauração de áreas já desmatadas (CHAZDON, 2008; DURIGAN et al., 2010; SOARES-FILHO et al., 2014).

O nordeste do estado do Pará está inserido no domínio dos ecossistemas amazônicos e outrora representou um expoente da força predatória do antigo modelo de desenvolvimento regional, baseado na devastação dos biomas e substituição por pecuária extensiva (NOGUEIRA et al., 2008). Com 850 milhões de hectares de extensão territorial, o Brasil tem aproximadamente 210 milhões de hectares em pastagens, dos quais 145 milhões estariam degradadas ou subutilizadas, com lotação menor do que uma unidade animal por hectare, constituindo um dos principais indicadores da degradação florestal (IBGE, 2010;

SPAROVEK et al., 2011). Entretanto, produtores de todo o país têm aderido aos poucos às práticas “verdes”, sendo a região nordeste do Pará um exemplo de mobilização em prol da compatibilização de suas atividades econômicas e conservação de recursos naturais (NEWBERRY, 2014; SILVA; BARRETO,2014).

Segundo Nepstad et al. (2014), o recente declínio de 70% no desmatamento na Amazônia brasileira sugere que é possível administrar o avanço da fronteira agrícola. O cumprimento das leis, intervenções nas cadeias de soja e de abastecimento de carne bovina, as restrições de acesso ao crédito e expansão das áreas protegidas parecem ter contribuído para esse declínio, assim como a um declínio na demanda por novos desmatamentos (BARRETO; SILVA, 2013). As intervenções da cadeia de suprimentos que alimentaram essa desaceleração são precariamente dependentes da gestão pública; políticas que têm contado excessivamente em medidas punitivas. Sistemas de incentivos aos agricultores para acabar com o desmatamento foram concebidos, mas não totalmente implementados. Ao nível territorial de desmatamento, todavia, têm sido eficazes e poderiam consolidar progressos na redução do desmatamento, dessa maneira, ajudando a alcançar dimensões importantes do desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES et al. 2013).

O estado do Pará teve sua economia bastante afetada pelas ações de combate ao desmatamento no ecossistema Amazônico por parte do Governo Federal e do Ministério Público Federal na primeira década dos anos de 2000. Essas medidas resultaram na inserção de 17 municípios paraenses na lista crítica de desmatamento pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), sendo eles, Altamira, Brasil Novo, Cumaru do Norte, Dom Eliseu, Novo Progresso, Novo Repartimento, Paragominas, Rondon do Pará, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, São Félix do Xingu, Ulianópolis (Portaria MMA nº 28/2008); Itupiranga, Marabá, Pacajá, Tailândia (Portaria MMA nº 102/2009) e Moju (Portaria MMA nº 175/2011), e resultou, também, na assinatura de Termos de Ajustamento de Condutas por parte de frigoríficos e produtores de gado. Além disso, milhares de imóveis rurais foram embargados, acarretando em impactos sociais devido a paralisação das atividades econômicas irregulares. O município de Paragominas foi o primeiro a sair da lista de embargo, em 2010, seguido de Santana do Araguaia, Dom Eliseu e Ulianópolis, que tiveram suas atividades econômicas desembargadas em 2012 (MMA, 2013).

O município de Paragominas fez parte daqueles que mais desmatavam no estado do Pará e, por esse motivo, suas propriedades foram embargadas pelo IBAMA e Ministério Público Federal (BRITO et al. 2011).

Atualmente, encontra-se em andamento no município o Projeto “Paragominas Município Verde” (PPMV), o qual procura atender às premissas preconizadas pelo desenvolvimento sustentável e às novas exigências ambientais do mercado. O PPMV atua em propriedades agropecuárias localizadas nos municípios de Paragominas, Ulianópolis, Tomé-Açu, Tailândia e Ipixuna do Pará, tendo como foco principal o desenvolvimento do Programa de Adequação Agrícola e Ambiental de Propriedades Rurais, cujo protocolo de ações, feito por vários pesquisadores, objetiva a recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APP), enriquecimento florestal com espécies nativas para produção de madeira (fins econômico, recomposição da Reserva Legal (RL), intensificação de pastagem, pastejo rotacionado e bem-estar dos animais de produção).

O Programa teve resultados significativos desde a implantação, como a redução do desmatamento, aumento de propriedades inseridas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), retirada de municípios da lista de embargo do “Ministério do Meio Ambiente” (MMA), adesão de 94 municípios ao programa e tem como objetivo ser considerado “modelo” ambiental e econômico para as propriedades agropecuárias inseridas na região amazônica (GLOBO RURAL, 2012; PINTO et al., 2009; SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014).

Nesse contexto, o enriquecimento artificial com espécies de potencial econômico em florestas alteradas por exploração madeireira recente, mas que estão protegidas na propriedade como RL, parece ser uma intervenção silvicultural muito promissora, pois permite que o produtor recomponha o potencial de exploração econômica dessas RLs, criando assim uma possibilidade de diversificação econômica da propriedade rural, é de extrema importância para a conservação dos recursos naturais (HARVEY et al., 2008; SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014). Esse enriquecimento artificial da RL, potencializa sua exploração econômica e é interessante em termos de conservação, pois apesar de ser feita em apenas 30% da RL, o proprietário acaba protegendo-a, pois foi retomada a possibilidade de ter retorno econômico, fazendo que a RL funcione como uma “poupança” para o proprietário, pois será uma fonte de renda alternativa (BRIENZA JÚNIOR 2012; BRIENZA JÚNIOR et al., 2011; BRIENZA JÚNIOR et al., 2008; RONDON NETO et al., 2011; SOUZA et al., 2008; SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014).

A idéia inicial, é que o enriquecimento artificial de florestas remanescentes protegidas como RL, com espécies de interesse econômico, possa promover o aumento de

densidade das espécies de interesse econômico, para valores muito acima dos valores naturais dessas espécies e ainda em posições estratégicas para crescimento e exploração, além do fato da maioria dessas espécies estarem muito rareadas nesses fragmentos, por terem sido exploradas em planos de manejo dessas áreas (SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014). Dessa forma, o enriquecimento objetiva aumentar o valor das florestas e da capacidade de produção de madeira para o futuro ciclo de corte, assegurando práticas sustentáveis (HASSAN-ZAKI, 2004; DOUCET et al., 2009).

Schulze (2008) considera o enriquecimento artificial uma técnica viável para manter populações de espécies e garantir futuras colheitas. A técnica do enriquecimento é indicada para áreas alteradas com o objetivo de obter material mais homogêneo, para fins energéticos ou introduzir espécies bem valorizadas em uma vegetação de baixo valor econômico (SOUZA et al., 2010). Segundo Vale, Barros e Brandi (1973), o plantio de enriquecimento é uma técnica utilizada em áreas tropicais como alternativa de conversão dessas matas, consideradas pobres, em povoamentos de valor comercial para florestas de maior valor econômico.

De acordo com Keefe et al. (2009), a manutenção do plantio com limpezas é essencial pelo menos nos três primeiros anos, caso contrário, as espécies competidoras irão impedir o crescimento das espécies plantadas. Após esse período, as limpezas podem ser menos frequentes apenas para remover os cipós entrelaçados nas espécies comerciais. No estudo de Vale, Barros e Brandi (1973), em um plantio feito em floresta secundária, foi realizada limpeza e desbaste seletivo para permitir um sombreamento de aproximadamente 40%. Neste estudo, os autores observaram baixo incremento e alta mortalidade nas espécies e atribuíram o baixo desempenho a condições inadequadas de plantio, à falta de tratamentos culturais na fase de estabelecimento e, possivelmente, às condições ecológicas da área.

No cenário atual, a restauração de ecossistemas é demandada em escala global, sendo fundamental na busca pela conservação e sustentabilidade do planeta em longo prazo. Desse modo, a restauração ecológica tem avançado nas últimas décadas e necessita cada vez mais da participação conjunta de profissionais da pesquisa e extensão que possam desenvolver programas, em grande escala, capazes de mitigar a crise ambiental (ARONSON; ALEXANDER, 2013).

O destino de grande parte da biodiversidade está diretamente ligado à gestão dos recursos ambientais (EDWARDS; LAURANCE, 2012; GARDNER et al., 2009). Entretanto, o intenso processo de desmatamento e exploração de espécies madeireiras gerou uma perspectiva mundial de declínio das florestas tropicais (DECLERCK et al., 2010; GARDNER

et al., 2010), mesmo existindo a possibilidade de expansão da produção agropecuária sem a necessidade de degradação das florestas remanescentes, pelo uso de tecnologias como a de intensificação das pastagens e agricultura (COHN et al., 2014; LATAWIEC et al., 2014).

O Brasil é hoje um dos maiores produtores de madeira de lei do mundo, porém, a demanda por este produto é cada vez maior perante a diminuição da oferta e supervalorização das madeiras de crescimento lento (BRANCALION et al., 2012b; FAO, 2012; ITTO, 2014). Dessa forma, a silvicultura de espécies nativas é um desafio para os profissionais ambientais, pois não existem estudos suficientes quanto à produção de mudas, crescimento e manejo desses vegetais (GOMES et al., 2010; SABOGAL et al., 2006). Diante disso, o objetivo é de avaliar as potenciais espécies nativas para plantios florestais, obter conhecimento sobre a silvicultura e, a partir disso, conseguir restaurar florestas degradadas e produzir madeira em larga escala para abastecer o mercado (METCALF et al., 2009; RODRIGUES et al., 2011; RONDON NETO et al., 2011).

No contexto de devastação das florestas tropicais foram criadas condições econômicas que favorecem a produção em larga escala de madeira de espécies tropicais em reflorestamentos voltados à restauração ecológica, oferecendo segurança econômica ao mesmo tempo em que estimula os processos sucessionais do sítio em processo de recomposição (BRANCALION et al., 2012a; BRANCALION et al. 2012b; RODRIGUES et al., 2011).

Incluir a atividade florestal nas propriedades rurais de pequeno e médio porte, além de oferecer a oportunidade de explorar novas fontes de renda, pode tornar as áreas, consideradas marginais para pecuária e culturas agrícolas tradicionais, conservadas e produtivas (CALLE, 2008; MURGUEITIO et al., 2011; ROMÁN-DAÑOBEYTIA et al., 2012). Portanto, existem várias razões para se incorporar a silvicultura na propriedade e a decisão sobre as espécies a serem plantadas deve ser tomada com base em listas florísticas de trabalhos feitos na região, disponibilidade de mudas e nas particularidades e limitações de cada propriedade (SALOMÃO et al., 2013).

Dessa forma, o enriquecimento artificial de florestas remanescentes com espécies nativas de potencial econômico é uma técnica capaz de agregar valor às áreas de RL, aumentar a renda da propriedade e, conseqüentemente, diminuir a pressão de desmatamento sobre a floresta. Investimentos deste tipo apresentam retorno para o produtor rural, uma vez que a renda gerada no longo prazo pode ser maior que aquela obtida pela atividade pecuária convencional (JAKOVAC; BENTOS; MESQUITA, 2009; RODRIGUES et al., 2009). O

enriquecimento florestal torna-se ainda mais atrativo para o produtor rural quando há remuneração relacionada a programas de pagamento por serviços ambientais (BRANCALION et al., 2012b; WUNDER, 2007; STANTON et al., 2010), manejo do plantio e colheita de produtos florestais não-madeireiros (BRANCALION et al., 2012b).

Em intervenções silviculturais de enriquecimento em áreas florestais com espécies nativas visando ao aproveitamento econômico proposto por Brienza Júnior et al. 2008, o Valor Presente Líquido Acumulado (VPLa) num ciclo de 30 anos atingiu cifras superiores a R\$10 milhões. Portanto, além de contribuir com a diversificação econômica da propriedade, este novo uso da RL proporcionará a conscientização dos produtores e aumento de renda, que, além de agregar valor à propriedade, diminui o índice de desmatamento regional (RODRIGUES et al., 2009).

Nesse contexto, é importante destacar que as práticas de restauração florestal estão passando por constantes modificações e buscando focar a restauração de processos que levam à formação de uma comunidade funcional. Logo, o enriquecimento de florestas, assume também a difícil tarefa de reconstrução das complexas interações da comunidade (RODRIGUES et al., 2007; SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014).

O enriquecimento florestal, assim como o manejo florestal para produção madeireira dependem de tratamentos silviculturais que têm a finalidade de acelerar o crescimento das árvores ou mudas de interesse econômico, podendo, dessa maneira, reduzir o ciclo de corte. Esses tratamentos silviculturais são operações aplicadas com a finalidade de solucionar um problema específico, como, por exemplo, diminuir a competição entre as espécies de interesse comercial e o plantio (SIST et al., 2014). O maior incremento diamétrico e em altura de espécies ou mudas expostas à radiação solar é justificativa que explica a importância dos tratamentos silviculturais, para promover a liberação da competição por luz, assim, aumentando a produtividade da floresta (D'OLIVEIRA; BRAZ, 2006).

Um método silvicultural capaz de incluir o plantio de enriquecimento e desbastes pode ser tecnicamente viável para manutenção das populações de espécies e garantir estoques de madeira para futuras colheitas em florestas manejadas (SCHULZE, 2008). Entretanto, para indicar um tratamento silvicultural ou realizar plantios de enriquecimento, é necessário conhecer o comportamento das espécies de acordo com suas exigências à radiação solar e com os diferentes ambientes da floresta. Deve-se levar em consideração, para tanto, o tamanho da abertura no dossel florestal que influencia a composição florística e, muitas vezes,

determina a distribuição espacial das espécies devido às suas preferências por locais onde há maior ou menor intensidade de radiação solar (JARDIM et al., 2007; JARDIM; SOARES, 2010).

O estabelecimento das mudas é a fase mais delicada no processo de desenvolvimento de um plantio de restauração florestal, com altas taxas de mortalidade nesse período inicial (BERTACCHI et al., 2012; HAAN; HUNTER; HUNTER, 2012; RHOADES et al., 2009; SILVERTOWN; CHARLESWORTH, 2001). A não disponibilidade de microssítios favoráveis interfere no estabelecimento das mudas ou plântulas no processo de restauração, podendo limitar a sobrevivência e o crescimento inicial (PARCIAK, 2002; SOMMERS et al., 2011). Portanto o estabelecimento das mudas pode representar a principal barreira para que uma espécie ocorra em diferentes ambientes, por isso é necessário conhecer as exigências de cada espécie e, posteriormente, o meio no qual serão inseridas (FENNER; THOMPSON, 2005; KIMBALL et al., 2014).

Nesta fase, diversos fatores abióticos e bióticos afetam ou favorecem o desempenho de mudas, entre os quais estão as características genéticas das mudas que podem favorecer o desenvolvimento dos indivíduos que vieram de uma árvore matriz com melhores características (CORNELIUS et al., 2010), a fertilidade do solo capaz de fornecer a muda os nutrientes necessários para seu desenvolvimento (BERTACCHI et al., 2012; GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI, 2003), as condições climáticas (BARALOTO; BONAL; GOLDBERG, 2006; PAWSON et al., 2013), a competição com outras plantas, podendo desfavorecer o desenvolvimento das plantadas (CAMPOE et al., 2014; ELGAR et al., 2014), a herbivoria que pode desfavorecer a muda com ataques por pragas (COOK-PATTON; LaFORGIA; PARKER, 2014; MARON; CRONE, 2006) e a incidência de luz (DUZ et al., 2004; JAKOVAC et al., 2009; SIEBENEICHLER et al., 2008; VIERLING et al., 2008). Entretanto, todos esses fatores podem variar muito entre os microssítios devido à grande heterogeneidade espacial da maioria dos ecossistemas (PEREA; GIL, 2014).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento silvicultural de espécies nativas usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas por planos de manejo na Amazônia, avaliando a influência das condições do microssítio na sobrevivência e crescimento das espécies nativas madeireiras utilizadas no enriquecimento dessas áreas florestais protegidas como Reserva Legal na Amazônia.

Sendo assim, as perguntas que sustentaram esse projeto foram: 1 - Mudas de espécies nativas madeireiras plantadas no interior de florestas alteradas da Amazônia sobrevivem? 2 -

A taxa de mortalidade das espécies diminui com o decorrer do tempo de plantio? 3 - Quais os fatores ambientais condicionam essa mortalidade? 4 - As mudas de espécies nativas madeiras que conseguem se estabelecer, também conseguem crescer? 5 - Quais fatores ambientais condicionam o crescimento dessas espécies usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia?

1.1 Descrição das espécies escolhidas para o plantio de enriquecimento

O enriquecimento com espécies madeiras nativas é indicado para áreas de florestas remanescentes que passaram por um ou mais planos de manejo, com exploração madeireira tradicional de alto impacto ou até mesmo corte raso para formação de pastagem, e que apresentem alta degradação e um papel reduzido de conservação da biodiversidade. As florestas primárias não são indicadas para essas ações de enriquecimento por terem como seu principal papel a conservação da biodiversidade. Nesta estratégia de restauração da RL são contemplados aspectos conservacionista, de manejo, exploração no longo prazo da madeira e outros produtos florestais, agregando valor nas áreas de RL por serem plantios silviculturais e socioambientais (SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS, 2014).

Estudos mostram que o enriquecimento de reserva legal trata-se de uma interessante alternativa para compensar os custos e até promover um aumento de renda para o produtor no médio a longo prazo. Todavia, é importante ressaltar que a exploração em área de RL deve ser de baixo impacto ambiental, portanto, o plantio das espécies utilizadas para o enriquecimento deve respeitar as exigências da legislação florestal, que determina a fase sucessional de fragmentos florestais usada para projetos de enriquecimento, Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.

As espécies madeiras e frutíferas, utilizadas nos experimentos de enriquecimento em florestas residuais, foram selecionadas levando-se em consideração os projetos pioneiros de silvicultura de espécies nativas iniciados há mais de 30 anos no estado do Pará, principalmente em Belterra (BRIENZA JÚNIOR et al., 2009). As espécies selecionadas foram: *Carapa guianensis* Aubl. (andioba), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro), *Cordia goeldiana* Huber (freijó), *Handroanthus serratifolius* (A.H.Gentry) S. Grose (ipê-amarelo), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Parkia multijuga* Benth (favarara), *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá) e *Simarouba amara* Aubl. (marupá).

***Carapa guianensis* Aubl. (andiroba)**

A *Carapa guianensis* pertence à família Meliaceae, e é vulgarmente chamada de andiroba, andirobeira, andirobinha, andiroba-do-igapó, carape, jandiroba e penaiba.

Essa planta atinge altura aproximada de 55 m de altura, com fuste cilíndrico e reto de 20-30 m. A casca é grossa e amarga, de cor avermelhada ou acinzentada e desprende-se em grandes placas. A copa, de tamanho médio, é densa e composta por ramos eretos. As folhas são alternas, compostas e paripinadas, com vestígio de um folíolo terminal; medem geralmente entre 50 e 75 cm de comprimento, chegando até 90 cm. Cada folha possui 3 a 10 pares de folíolos opostos ou subopostos, com 10-50 cm de comprimento; o ápice dos folíolos varia entre acuminado, agudo e arredondado, enquanto a base é desigual e assimétrica (FREITAS et al., 2013).

No Brasil, esta espécie ocorre até 350 m de altitude, em toda a bacia Amazônica, tanto nas florestas de terra firme como nas florestas temporariamente alagadas (várzeas e igapós), ao longo dos rios e riachos e próximo aos manguezais.

Carapa guianensis é uma espécie secundária inicial, sendo que, na fase inicial, desenvolve-se à plena sombra, mas o desenvolvimento rápido da espécie é favorecido por maior incidência de luz (BOUFLEUER, 2004). A dispersão da espécie pode ser por gravidade (barocórica), animais, especialmente a paca, que enterra as sementes e algumas vezes as esquece, com isso, favorecendo a germinação (zoocórica), e água (hidrocórica) (PLOWDEN, 2004; PINTO et al., 2013).

A madeira é semelhante ao mogno e ao cedro, mas tem maior peso e densidade. É moderadamente pesada (0,75 g/cm³), alburno castanho claro, estreito e cerne castanho avermelhado, com brilho notável e grã regular. Apresenta fácil trabalhabilidade, podendo receber bom acabamento. Não é resistente quando em contato com umidade e tem baixa permeabilidade às soluções preservantes.

Utiliza-se a madeira da andirobeira na construção civil, naval e como combustível, por isso é difícil encontrar a espécie em fronteiras madeireiras (SHANLEY; MEDINA, 2005). O óleo extraído das sementes é medicinal, repelente e utilizado na produção de cosméticos (PLOWDEN, 2004; ROSA et al., 2013); a casca também tem uso medicinal contra febre, vermes, bactérias; e as folhas apresentam atividade cicatrizante (AMARAL; FIERRO, 2013; NAYAK et al., 2011; SAKAMOTO et al., 2013; SANTOS et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

A espécie se desenvolve bem tanto ao sol quanto à sombra de áreas florestais degradadas, mas ainda não se sabe muito sobre o espaçamento das mudas na área de plantio e quanto de luz precisa para o desenvolvimento ideal. Quando as plantas ficam em pleno sol, acabam crescendo mais em largura do que em altura e quando estão muito juntas ficam mais suscetíveis ao ataque da broca do ponteiro, dessa forma, os plantios de enriquecimento têm mostrado grande eficiência silvicultural em razão da diversidade da floresta e baixa densidade do plantio, que diminuem a probabilidade de trofobiose.

No Pará, o comércio é bom, em 2004, no mercado de Belém, 1 L de óleo de andiroba foi vendido por R\$15,00 e 1 kg de casca por R\$5,00. Uma prova da popularidade da andiroba está na variedade de produtos como sabonetes, cremes, óleos, pomadas e velas (SHANLEY; MEDINA, 2005; SANTOS; GUERRA, 2010). A madeira serrada custa aproximadamente R\$765,50/m³ (SEFA, 2015).

***Cedrela fissilis* Vell. (cedro)**

A espécie *Cedrela fissilis* pertence à família Meliaceae e alguns dos nomes comuns são acaiacá, acaiacatinga, acajá-catinga, acajatinga, acaju, cedrinho, cedro-amarelo, cedro-batata, cedro-branco, cedro-fofo e cedro-rosado.

É uma espécie caducifólia, mede de 10 a 25 m de altura e 40 a 80 cm de DAP. Apresenta cheiro característico de alho, fuste cilíndrico, reto ou pouco tortuoso, casca espessa, marrom e apresenta fissuras. As folhas são compostas, paripinadas, ablongo-lanceolados a ovado-lanceoladas, base subaguda a cordada, simétrica ou levemente oblíqua. (CARVALHO, 2003).

A espécie é encontrada em todo território brasileiro, nas vegetações de cerrado, floresta de terra firme, floresta estacional decidual, floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila (STEFANO; CALAZANS; SAKURAGUI, 2014). O cedro é uma espécie que se comporta como secundária inicial ou tardia e sua dispersão é por anemocoria por apresentar sementes numerosas, leves e aladas (MARTINS et al., 2008). Seus eventos reprodutivos iniciam de 10 a 15 anos após o plantio, a floração e frutificação ocorre ao longo do ano dependendo da região.

A madeira possui densidade básica de aproximadamente 0,61 g.cm³, resistência moderada, baixa permeabilidade às soluções preservantes, fácil secagem em estufa e também fácil trabalhabilidade (CARVALHO, 2003). Pode ser aproveitada como madeira serrada,

madeira para energia, celulose e papel. É uma espécie apícola, na medicina popular é usada como tônico para pessoas enfraquecidas, adstringente, no combate à febre, disenterias e artrites e também pode ser usada no paisagismo de grandes praças e recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003).

A espécie apresenta boa forma de fuste e ramificação leve quando não atacada por pragas como a *Hypsipyla grandella*. A desrama natural é deficiente, precisando de poda de condução, de cepa e poda de galhos. Os plantios puros da espécie em pleno sol não são aconselhados por correrem alto risco de ataque pela broca-do-cedro, os testes feitos pelo Brasil não mostraram eficiência (DURIGAN et al., 2002). Entretanto, maior produtividade foi notada em plantios mistos em razão da espécie se adaptar melhor a condições de menor intensidade de luz (SANTOS et al., 2006). Pertence a classe de madeiras com alto valor, a madeira beneficiada pode custar em média R\$2.594,62/m³ (SEFA, 2015).

***Cordia goeldiana* Huber (freijó)**

Cordia goeldiana pertence à família Boraginaceae e é vulgarmente chamada de córdia preta, frei-jorge, freijó-branco, freijó-preto, freijó-rajado, freijó-verdadeiro e louro-freijó.

A árvore pode chegar a uma altura de 10-20 m; e o tronco, a 60 cm de diâmetro, sendo revestido por casca com ritidoma reticulado e escamoso além de possuir folhas alternas espiraladas, oblongo-elípticas e estreitamente obovadas e elípticas, cartáceas, pilosas quando jovens; e glabras quando adulta. Esta espécie ocorre na região amazônica, principalmente no estado do Pará, em mata pluvial de terra firme e comporta-se como semidecídua, secundária inicial com tendência à pioneira, característica das matas pluviais de terra firme do baixo Amazonas. Ocorre no interior de florestas primárias densas e desenvolve-se bem em ambiente aberto quando cultivada (CARVALHO, 2006).

A madeira apresenta moderada resistência ao ataque de organismos xilófagos, é moderadamente pesada (0,59g/cm³), textura média, grã direita e superfície lustrosa e utilizada para fabricação de móveis finos, painéis, folhas faqueadas decorativas, tonéis, lambris, persianas, construção naval e civil, etc. O freijó pode ser empregado no paisagismo de grandes avenidas, praças e parques que não contenham fiação elétrica, principalmente pelas características ornamentais das flores (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006).

Os frutos são colhidos diretamente das árvores quando inicia a queda. Depois é necessário deixá-los ao sol para secar e facilitar a retirada das pétalas, pois estas são difíceis de ser retiradas, permitindo serem plantadas junto à semente. Um quilograma desse material contém aproximadamente 37 mil frutos. A viabilidade de armazenamento à temperatura ambiente é inferior a 90 dias, podendo prolongar por um ano se armazenadas em sacos plásticos a 10°C e 30% de umidade relativa. Os frutos que possuem o cálice aderente e devem ser postos para germinar logo que colhidos em canteiros semissombreados contendo substratos organoarenosos. A taxa de germinação é baixa e a emergência ocorre em 30-60 dias (LORENZI, 2002).

Por ser uma espécie heliófila, o freijó apresenta rápido crescimento, com crescimento diamétrico do tronco de 2,80 cm aos 5 a 7 anos de idade, o que equivale a incremento volumétrico de 14,30m³ por hectare/ano. Quando jovem, suporta meia sombra e sua característica marcante é o fuste com forma reta, sem a tendência de ramificação (CARVALHO, 2006). A madeira serrada da espécie custa R\$1.974,16/m³ e foi categorizada como madeira nobre (SEFA, 2015).

***Handroanthus serratifolius* (A.H.Gentry) S. Grose (ipê-amarelo)**

Handroanthus serratifolius pertence à família Bignoniaceae e pode ser chamada também de pau-d'arco-amarelo, piúva-amarela, ipê-ovo-de-macuco, tamurá-tuíra, ipê-pardo e ipê-do-cerrado.

A espécie tem sua altura variando de 8 a 20m, diâmetro do tronco de 20 a 90 cm de diâmetro, folhas compostas de cinco folíolos glabros ou pubescentes, inflorescências em panículas de corimbos com flores amarelas. O fruto é uma vagem septicida, coriácea, glabra e linear. As sementes numerosas são retangulares, laminares e leves, com duas asas hialinas e curtas (GROSE; OLMSTEAD, 2007; ALVES et al., 2013).

O ipê possui uma distribuição frequente na região amazônica e esparsa do Ceará até São Paulo na floresta pluvial atlântica e na floresta semidecídua desde o Pará e Mato Grosso até Goiás. Nas regiões sul da Bahia e norte do Espírito Santo, o ipê é um pouco mais frequente do que no resto da costa (CARVALHO, 2003). É uma espécie secundária inicial, decídua e heliófita, característica da floresta pluvial densa. Tem alta dispersão em florestas secundárias, porém tanto na mata como na capoeira prefere solos bem drenados situados nas encostas. Sua dispersão é geralmente uniforme e sempre muito esparsa (FERRAZ; ENGEL,

2011). Floresce em agosto-outubro depois que a planta perde sua folhagem. Os frutos das árvores adultas amadurecem em outubro-dezembro. Existem variações na floração e frutificação da espécie, o que acaba justificando o porquê a espécie deixa de florescer por um ou dois anos (SHANLEY; MEDINA, 2005; MUNIZ, 2008).

A madeira é pesada (1,3 g/cm³), muito dura, difícil de serrar, rica em cristais de lapachol, alta durabilidade em qualquer condição e possui alburno distinto do cerne (SABOGAL et al., 2006). É uma madeira ideal para construções pesadas e estruturas externas, tanto construções civis como navios, quilhas de navios, pontes, dormentes, postes, tacos e tábuas de assoalho, tacos de bolhar, bengalas, eixos de rodas, etc. (MARCHESAN et al., 2013). A espécie é ornamental pela sua exuberância quando floresce e é bastante usada em projetos de restauração florestal (BRAGA et al., 2007; SCHULZE et al., 2008; KEEFE et al., 2009; GAMA et al., 2013; SALOMÃO et al., 2013).

Para obtenção de sementes, os frutos são colhidos diretamente da árvore quando os primeiros iniciarem a abertura espontânea, pois a espécie tem alta dispersão anemocórica. Em seguida, deve-se deixar a vagem no sol para que abra e libere as sementes. Um quilograma contém aproximadamente 25 mil sementes. As sementes de espécie não apresentam dormência, porém, armazenadas em ambiente não controlado, mantêm a viabilidade de germinação por até 3 meses e, se armazenadas em vidro fechado e câmara fria, podem manter a viabilidade por até 9 meses (SOUZA et al., 2005; CARVALHO et al., 2008; NERY et al., 2008). Logo depois de colhidas, as sementes devem ser colocadas para germinar em embalagens individuais contendo substrato com solo argiloso e rico em matéria orgânica. Possui alta taxa de germinação e a emergência ocorre em 8-10 dias. O processo de produção de mudas é rápido, levando aproximadamente 5 meses para alcançar o tamanho adequado para plantio no local definitivo (MACHADO et al., 2002; MURAISHI et al., 2010; SARZI et al., 2008; SARZI et al., 2010).

A espécie tem fuste curto com bifurcações laterais, não apresenta desrama natural, necessitando de podas para condução de galhos. É recomendada para plantios mistos ou em vegetação secundária, como é o caso do plantio de enriquecimento. O ipê amarelo apresenta crescimento lento (CARVALHO, 2003). O valor da madeira beneficiada é de R\$1.974,16/m³, é considerada madeira nobre (SEFA, 2015).

***Hymenaea courbaril* L. (Jatobá)**

Hymenaea courbaril L. pertence à família Fabaceae e é comumente chamada de jatobá, jutaí, jutaí-açu, jutaí-bravo, jutaí-grande, jataí, jataí-açu, jataí-grande, jataí-peba, jataí-uba, jataí-uva, jataíba, jataúba, jatioba, jatiúba, jupati, copal (SHANLEY; MEDINA, 2005).

A árvore pode medir de 30 a 45 m de altura; e seu tronco, cerca de 2 m de diâmetro com casca lisa, coloração cinza ou castanho-acinzentada. O sistema radicular é robusto e superficial. As folhas são pecioladas, bifoliadas e com disposição alterna (SHANLEY; MEDINA, 2005).

A árvore de jatobá é encontrada na maioria dos estados brasileiros, ocorrendo em áreas antrópicas, Caatinga, Cerrado, Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila (Floresta Pluvial), mais frequentemente em solos argilosos e pobres e em altitudes de até 900 m acima do nível do mar (SHANLEY; MEDINA, 2005). O jatobá é uma espécie secundária tardia ou clímax exigente em luz (OLIVEIRA et al., 2011). Possui dispersão autocórica, barocórica e zoocórica, a zoocórica é facilitada por grandes mamíferos, destacando-se a anta, paca, cutia e o macaco-prego. As sementes quebram a dormência quando passam pelo trato digestivo dos animais (CARVALHO, 2003). Os eventos reprodutivos são iniciados aos 8 a 12 anos de idade e não ocorrem todos os anos. A espécie floresce entre setembro e outubro, frutifica entre março e julho e desfolha quase que totalmente entre junho e agosto. Na Amazônia Central, floresce de agosto a novembro e frutifica de fevereiro a setembro (COSTA; SOUZA; SOUZA, 2011).

Apresenta madeira de ótima qualidade, alta densidade básica (0,71 g/cm³) (KLITZKE et al., 2008), cerne vermelho a castanho-avermelhado, alburno branco-acinzentado, grã regular a irregular e textura média a grossa. A madeira é utilizada na fabricação de dormentes ferroviários, cruzetas, vigas, caibros, tesouras, portas, janelas, acabamento interno e decoração, móveis finos, acabamento de ferramentas e brinquedos, já são aproveitados os resíduos da espécie (MACÊDO; SOUZA; POMPEU NETO, 2012). Na medicina natural é usada como tônico, remédio para problemas respiratórios, urinários, problemas estomacais e como fortificante (BEZERRA et al., 2013; CARTAXO; SOUZA; ALBUQUERQUE, 2010; DIAS; LUZIA; JORGE, 2013). As flores do jatobá são melíferas, produzindo néctar e mel de alta qualidade (ANACLETO et al., 2009).

O comportamento silvicultural desta espécie é melhor em plantios mistos, portanto, o plantio de enriquecimento tem se mostrado boa alternativa (ZUBA JUNIOR et al., 2010).

Existem pesquisas sobre o efeito dos tubetes no tamanho das mudas da espécie, o que pode influenciar o desenvolvimento e estabelecimento dessas mudas em campo (FERRAZ; ENGEL, 2011). A madeira beneficiada custa R\$765,50/m³ e é classificada como madeira vermelha (SEFA, 2015), o fruto vale em média R\$13,09/kg e a seiva por R\$20,00 L (PINTO et al., 2011).

Referências

ALVES, M.F.; DUARTE, M.O.; OLIVEIRA, P.E.; SAMPAIO, D.S. Self-sterility in the hexaploid *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae), the national flower of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 27, n. 4, p. 714-722, 2013.

AMARAL, L.F.G.; FIERRO, I.M. Profile of medicinal plants utilization through patent documents: the andiroba example. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 716-719, 2013.

ARONSON, J.; ALEXANDER, S. Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time to Roll up our Sleeves. **Restoration Ecology**, Malden, v. 21, n. 3, p. 293-296, 2013.

BARALOTO, C.; BONAL, D.; GOLDBERG, D.E. Differential seedling growth response to soil resource availability among nine neotropical tree species. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, n. 5, p. 487, 2006.

BARRETO, P; SILVA, D. S. da. **Como desenvolver a economia rural sem desmatar a Amazônia?** Belém: Imazon, 2013. 60p.

BERTACCHI, M.I.F.; BRANCALION, P.H.S.; BRONDANI, G.; MEDEIROS, J.C.; RODRIGUES, R.R. Characterization of the micro-site conditions from restored areas with different ages. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 895-905, 2012.

BETTS, R.A. Climate science: Afforestation cools more or less. **Nature Geoscience**, London, v. 4, n. 8, p. 504-505, 2011.

BEZERRA, G.P.; GÓIS, R.W.; BRITO, T.S. de; LIMA, F.J. de; BANDEIRA, M. A.; ROMERO, N.R.; MAGALHÃES, P.J.; SANTIAGO, G M. Phytochemical study guided by the myorelaxant activity of the crude extract, fractions and constituent from stem bark of *Hymenaea courbaril* L. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 149, n. 1, p. 62-69, 2013.

BOUFLEUER, N.T. **Aspectos Ecológicos de Andiroba (Carapa Guianensis Aublet., Meliaceae), como Subsídio ao Manejo e Conservação.** Rio Branco, 2004. 84p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

BRAGA, A.J.T.; GRIFFITH, J.J.; PAIVA, H.N. de; SILVA, F.C. da; CORTE, V.B.; MEIRA NETO, J.A.A. Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1145-1154, 2007.

BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R.; CÉSAR, R.G. Estratégias para auxiliar na conservação de florestas tropicais secundárias inseridas em paisagens alteradas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 900, n. 3, p. 219-234, 2012a.

BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G.; STRASSBURG, B.B.N.; RODRIGUES, R.R. Finding the money for tropical forest restoration. **Unasyuva**, Roma, v. 63, n. 239, p. 25-34, 2012b.

BRIENZA JÚNIOR, S. Secondary forest enrichment as a technology for sustainable production for family agriculture. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 7, n. 3, p. 331-337, 2012.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R.Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J.A.G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M.B.G. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 Anos de Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira (Edição especial)**, Colombo, n. 60, p. 67-76, 2009.

BRIENZA JÚNIOR, S.; OLIVEIRA, R.P. de; DENICH, P.; VLEK, P.L.G. Plantio de árvores de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: estudo de caso com produção de milho e mandioca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 347-353, 2011.

BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, J.F.; YARED, J. A. GAZEL JÚNIOR, M.M.; GONÇALVES, D. DE A.; GALEÃO, R.R. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético-madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, p. 197-220, 2008.

CALLE, A. What Makes an Early Adopter? Transforming Landscapes One Farmer at a Time. **Tropical Resources**, New Haven, v. 27, p. 7-14, 2008.

CAMPOE, O.C.; IANNELLI, C.; STAPE, J.L.; COOK, R.L.; MENDES, J.C.T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 313, p. 233-242, 2014.

Carapa guianensis. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, ISSN 1679-6500, n. 1, p. 2, 2003.

CARVALHO, M.L.M. de; NERY, M.C.; OLIVEIRA, L.M. de; HILHORST, H.W.M.; GUIMARÃES, R.M. Morphophysiological development of *Tabeluia serratifolia* Vahl Nich. seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 643-651, 2008.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006. 627p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v.1, 2003. 1039p.

CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, Washington, v. 320, n. 5882, p. 1458-60, 2008.

CLARK, J.S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLERISLAMBERS, J.; LICHTER, J.; MCLACHLAN, J.; MOHAN, J.; WYCKOFF, P. Recruitment Limitation in Forests. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 86, n. 1, p. 1-16, 1999.

CLEWELL, A.F.; ARONSON, J. **Ecological restoration principles, values, and structure of an emerging profession**. Washington DC: Island Press, 2007. 217p.

COHN, A.S.; MOSNIER, A.; HAVLÍK, A.; VALIN, H.; HERRERO, M.; SCHMID, E.; O'HARE, M.; OBERSTEINER, M. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, n. 20, p. 7236-41, 2014.

COLOMBO, S.J.; CHEN, J.; TER-MIKAELIAN, M.T.; MCKECHNIE, J.; PHILIP, C.E.; HEATHER, L.M.; LINDA, S.H. Forest Ecology and Management Forest protection and forest harvest as strategies for ecological sustainability and climate change mitigation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 281, p. 140-151, 2012.

COOK-PATTON, S.C.; LAFORGIA, M.; PARKER, J.D. Positive interactions between herbivores and plant diversity shape forest regeneration. **Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society**, London, v. 1783, n. 281, p. 1-7, 2014.

CORNELIUS, J.P.; MESÉN, F.; OHASHI, S.T.; LEÃO, N.; SILVA, C.E.; UGARTE-GUERRA, L.J.; WIGHTMAN, K.E. Smallholder production of agroforestry germplasm: experiences and lessons from Brazil, Costa Rica, Mexico and Peru. **Forests, Trees and Livelihoods**, Perth, v. 19, n. 3, p. 201-216, 2010.

COSTA, W. da S.; SOUZA, A.L. de; SOUZA, P.B. de. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. **Espécies nativas da Mata Atlântica**, 2011. n. 2, 18p.

D'OLIVEIRA, M.V.N.; BRAZ, E.M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 177-182, 2006.

DIAS, L.S.; LUZIA, D.M.M.; JORGE, N. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipid fraction. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 49, p. 610-618, 2013.

DOUCET, J.L.; KOUADIO, Y.L.; MONTICELLI, D.; LEJEUNE, P. Enrichment of logging gaps with moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) in a Central African rain forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 11, p. 2407-2415, 2009.

DURIGAN, G.; ENGEL, V.L.; TOREZAN, J.M.; MELO, A.C.G. de; MARQUES, M.C. M.; MARTINS, S.V.; REIS, A.; SCARANO, F.R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 471-485, 2010.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, M.G.; OLIVEIRA, M.A. de; BAITELLO, J.B. **Sementes e Mudanças de Árvores Tropicais**. 2.ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 65p.

DUZ, S.R.; SIMINSKI, A.; SANTOS, M.; PAULILO, M.T.S. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 587-596, 2004.

EDWARDS, D.P.; LAURANCE, S.G. Green labelling, sustainability and the expansion of tropical agriculture: Critical issues for certification schemes. **Biological Conservation**, Essex, v. 151, n. 1, p. 60-64, 2012.

ELGAR, A.T.; FREEBODY, K.; POHLMAN, C.L.; SHOO, L.P.; CATTERALL, C.P. Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, p. 200, 2014.

FAO. **Global Forest Resources Assessment: Main Report**. Roma: FAO, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/017/i3110e/i3110e.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2013.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The Ecology of Seeds**. Cambridge, U.K. Cambridge: University Press, 2005. 250p.

FERRAZ, A. de V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HAYNE) Lee Et Lang), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (MART. EX DC) SANDL). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FREITAS, J. da L.; SANTOS, A.C. dos; SILVA, R.B.L.; RABELO, F.G.; SANTOS, E.S. dos; SILVA, T. de L. Fenologia reprodutiva da espécie *Carapa guianensis* Aubl. (Andirobeira) em ecossistemas de terra firme e várzea, Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v.3, n.1, p. 31-38, 2013.

FRIEND, A.D.; LUCHT, W.; RADEMACHER, T.T.; KERIBIN, R.; BETTS, R.; CADULE, P.; CIAIS, P.; CLARK, D.B.; DANKERS, R.; FALLOON, P.D.; ITO, A.; KAHANA, R.; KLEIDON, A.; LOMAS, M.R.; NISHINA, K.; OSTBERG, S.; PAVLICK, R.; PEYLIN, P.; SCHAPHOFF, S.; VUICHARD, N.; WARSZAWSKI, L.; WILTSHIRE, A.; WOODWARD, F. I. Carbon residence time dominates uncertainty in terrestrial vegetation responses to future climate and atmospheric CO₂. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, n. 9, p. 3280-3285, 2014.

GAMA, M. de M.B.; ROCHA, R.B.; SALMAN, A.K.D.; MENDES, A.M.; FIGUEIRÓ, R.M. Reforestation feasibility in area formerly used for cattle raising in the state of Rondônia, northwest Brazilian Amazon. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1001-1010, 2013.

GARDNER, T.A.; BARLOW, J.; CHAZDON, R.; EWERS, R.M.; HARVEY, C.A.; PERES, C.A.; SODHI, N.S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, Oxford, v.12, n.6, p. 561-582, 2009.

GARDNER, T.A.; BARLOW, J.; SODHI, N.S.; PERES, C.A. A multi-region assessment of tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Biological Conservation**, Essex, v.143, n.10, p. 2293-2300, 2010.

GERMER, S.; NEILL, C.; VETTER, T.; CHAVES, J.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEER, H. Implications of long-term land-use change for the hydrology and solute budgets of small catchments in Amazonia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.364, n.3/4, p.349-363, 2009.

GLOBO RURAL. Fiscalização, punição e técnicas de manejo tiram Paragominas de lista do desmatamento. São Paulo, 30 de set. 2012. Disponível em: < <http://globotv.globo.com/rede-globo/globo-rural/v/fiscalizacao-punicao-e-tecnicas-de-manejo-tiram-paragominas-de-lista-do-desmatamento/2163600/>>. Acesso em: 16 out. 2012.

GODAR, J.; TIZADO, E.J.; POKORNY, B. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 267, p. 58-73, 2012.

GOMES, J.M.; CARVALHO, J.O.P. de; SILVA, M.G. da; NOBRE, D.N.V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J.E.R.; SANTOS, R.N.J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.1, p.171-178, 2010.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G. Taxonomic Revisions in the Polyphyletic Genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **BioOne**, Washington, v.32, n.3, p.660-670, 2007.

GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A.; AMARAL, P.; PINTO, A; DAMACHKI, A. 2 ed. **Municípios Verdes: caminhos para a sustentabilidade**. Belém: Imazon, 2013. 174p.

HAAN, N.L.; HUNTER, M.R.; HUNTER, M.D. Investigating Predictors of Plant Establishment During Roadside Restoration. **Restoration Ecology**, Malden, v.20, n.3, p.315-321, 2012.

HARVEY, C.A.; KOMAR, O.; CHAZDON, R.; FERGUSON, B.G.; FINEGAN, B.; GRIFFITH, D.M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MORALES, H.; NIGH, R.; SOTO-PINTO, L.; BREUGEL, M.V.; WISHNIE, M. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. **Conservation Biology: the Journal of the Society for Conservation Biology**, Boston, v.22, n.1, p.8-15, 2008.

HASSAN-ZAKI, P. A Study on the Development and Implementation of Enrichment Planting in Peninsular Malaysia. **Tropical Agricultural Research and Extension**, Ruhuna, v.7, p.134-144, 2004.

INPE. **Projeto prodes monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. 2013. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 03 nov. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/download/mapa_e_municipios.php?lang=&uf=ap>. Acesso em: 10 dez. 2013.

JAKOVAC, A.C.C.; BENTOS, T.V.; MESQUITA, R.C.G.; JAKOVAC, A.C.C.; BENTOS, T.V. MESQUITA, R.C.G. **Enriquecimento de capoeiras na Amazônia Central: Desenvolvimento de oito espécies nativas sob diferentes condições de luminosidade**. EMBRAPA, 2009. p.4,

JARDIM, F.C. da S.; SERRÃO, D.R.; NEMER, T.C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.37, n.1, p.37-48, 2007.

JARDIM, F.C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.3, p.535-542, 2010.

KEEFE, K.; SCHULZE, M.D.; PINHEIRO, C.; ZWEEDE, J.C.; ZARIN, D. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern Amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.258, n.9, p.1950-1959, 2009.

KIMBALL, S.; LULOW, M.E.; MOONEY, K.A.; SORENSON, Q.M. Establishment and Management of Native Functional Groups in Restoration. **Restoration Ecology**, Malden, v.22, n.1, p.81-88, 2014.

LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; VALENTIM, J.F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H.N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, Cambridge, v.8, n.8, p.1255-1263, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1.

MACÊDO, A. N.; SOUZA, A.A.C.E; NETO, B.B.P. Chapas de cimento-madeira com resíduos da indústria madeireira da Região Amazônica. **Ambiente Construído**, São Paulo, v.12, n.2, p. 131-150, 2012.

MACHADO, C.F.; OLIVEIRA, J.A. de; DAVIDE, A.C.D.; GUIMARÃES, R.M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.17-25, 2002.

MARCHESAN, R.; KASPRZAK, L.F.F.; SCHIRIGATTI, E.L.; KLITZKE, R.J.; ROCHA, M.P. da. Produção de lamelas em serra de fita horizontal múltipla para fabricação de piso engenheirado de madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.20, n.1, p.124-134, 2013.

MARON, J.L.; CRONE, E. Herbivory: effects on plant abundance, distribution and population growth. **Proceedings. Biological Sciences/The Royal Society**, London, v.273, n.1601, p.2575-2584, 2006.

MARTINS, K.; RIBAS, L.A.; MORENO, M.A.; WADT, L. H. D.O. Consequências genéticas da regeneração natural de espécies arbóreas em área antrópica, AC, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v.22, n.3, p.897-904, 2008.

METCALF, C.J.E.; HORVITZ, C.C.; TULJAPURKAR, S.; CLARK, D.A. A time to grow and a time to die: a new way to analyze the dynamics of size, light, age, and death of tropical trees. **Ecology**, Tempe, v.90, n.10, p.2766-2778, 2009.

MEYER, W.B.; TURNER, B. . **Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective**. New York: Cambridge Univ. Press, 1994. 537p.

MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Acta Amazonica**, Manaus, v.38, n.4, p.617-626, 2008.

MURAISHI, R.I.; GALBIATTI, J.A.; NOBILE, F.O. de; BARBOSA, J.C. Compostos orgânicos como substratos na formação de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex. Dc.) Standl) irrigadas com água residuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1081-1088, 2010.

MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; CALLE, A.; SOLORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.261, n.10, p.1654-1663, 2011.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J.; MOTTA, R. S. DA; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M. C.; MCGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, New York, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014.

NERY, M.C.; CARVALHO, M.M.; OLIVEIRA, L.M.; NERY, C.N.; SILVA, D.G. Germination in vitro and e ex vitro of embryos/seeds of *Tabebuia serratifolia* (VAHL) NICH. **Cerne**, Lavras, v. 14, n.1, p.1-8, 2008.

NEWBERRY, D. Why are there cattle in the conservation area? Social barriers to biofuel governance in Brazil. **Geoforum**, Oxford, v. 54, p. 306-314, 2014.

NOGUEIRA, E.M.; NELSON, B.W.; FEARNESIDE, P.M.; FRANÇA, M.B.; OLIVEIRA, A. C.A. de. Tree height in Brazil's "arc of deforestation": Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.255, n.7, p. 2963-2972, 2008.

OLIVEIRA, W.L. de; MEDEIROS, M.B.D.; MOSER, P.; PINHEIRO, R.; OLSEN, L.B. Regeneração e estrutura populacional de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* L.), em dois fragmentos com diferentes graus de perturbação antrópica. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v. 25, n. 4, p. 876-884, 2011.

PARCIAK, W. Environmental variation in seed number, size, and dispersal of a fleshy-fruited plant. **Ecology**, Tempe, v. 83, n. 3, p. 780-793, 2002.

- PAWSON, S.M.; BRIN, A.; BROCKERHOFF, E.G.; LAMB, D.; PAYN, T.W.; PAQUETTE, A.; PARROTTA, J.A. Plantation forests, climate change and biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 22, n. 5, p. 1203-1227, 2013.
- PEREA, R.; GIL, L. Shrubs facilitating seedling performance in ungulate-dominated systems: biotic versus abiotic mechanisms of plant facilitation. **European Journal of Forest Research**, Clemson, v. 133, n. 3, p. 525-534, 2014.
- PINTO, A.A.; TELES, B.R.; ANJOS, N. dos; COUCEIRO, S.R.M. Predação de sementes de andiroba [*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* DC. (Meliaceae)] por insetos na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1115-1123, 2013.
- PINTO, A.; AMARAL, P.; GUIMARÃES, J.; SOUSA, S.; SAMPAIO, L. **Índice de Preço de Produtos da Floresta**. Belém: Boletim Semestral - Imazon, 2011. n. 2. 12p.
- PINTO, A.; AMARAL, P.; SOUZA JUNIOR, C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R.; GOMES, G.; BALEIRO, C. **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon, 2009. 65p.
- PLOWDEN, C. The Ecology and Harvest of Andiroba Seeds for Oil Production in the Brazilian Amazon. **Conservation & Society**, Srirampura, v.2, n.2, p.251-272, 2004.
- RHOADES, C.; LOFTIS, D.; LEWIS, J.; CLARK, S. The influence of silvicultural treatments and site conditions on American chestnut (*Castanea dentata*) seedling establishment in eastern Kentucky, USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.258, n.7, p.1211-1218, 2009.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ARONSON, J.; BARRETO, T.E.; VIDAL, C.Y.; BRANCALION, P.H.S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.261, n.10, p.1605-1613, 2011.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF / ESALQ / USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p.7-21, 2007.
- RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v.142, n.6, p.1242-1251, 2009.
- ROMÁN-DAÑOBEYTIA, F.J.; LEVY-TACHER, S.I.; ARONSON, J.; RODRIGUES, R.R. CASTELLANOS-ALBORES, J. Testing the performance of fourteen native tropical tree species in two abandoned pastures of the lacandon rainforest region of Chiapas, México. **Restoration Ecology**, Malden, v.20, n.3, p.378-386, 2012.
- RONDON NETO, R.M.; LAGE, C.A.; BILIBIO, F.; SANTOS, A.R. dos. Enriquecimento da floresta secundária com cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.) e sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), em Alta Floresta (MT). **Revista Ambientia**, Guarapuava, v.7, n.1, p. 103-109, 2011.

ROSA, J.M. da; BOFF, M.I.C.; GONÇALVES, P.A.; BOFF, P.; NUNES, M.Z. Andiroba oil (*Carapa guianensis* Aubl) in the capture of the fruit fly (*Anastrepha fraterculus* Wiedemann) in Feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). **Idesia**, Arica, v.31, n.3, p.97-101, 2013.

SABOGAL, C.; ALMEIDA, E. de; MARMILLOD, D.; CARVALHO, J.O.P. **Silvicultura na Amazônia brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas**. Belém: CIFOR, 2006. 1v.

SALEMI, L.F.; GROppo, J.D.; TREVISAN, R.; MORAES, J.M. de; FERRAZ, S.F. de B.; VILLANI, J.P.; DUARTE-NETO, P.J.; MARTINELLI, L.A. Land-use change in the Atlantic rainforest region: Consequences for the hydrology of small catchments. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.499, p.100-109, 2013.

SALEMI, L.F.; GROppo, J.D.; TREVISAN, R.; MORAES, J.M. de; WALTER, de P.L.; MARTINELLI, A.L. Riparian vegetation and water yield: A synthesis. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.454-455, p.195-202, 2012.

SALOMÃO, R.P.; SANTANA, A.C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.139-151, 2013.

SANTOS, A.J. dos; GUERRA, F.G.P. de Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na floresta nacional do Tapajós - Pará. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.1, p.23-28, 2010.

SANTOS, D.L. dos; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and physiological responses of *Cedrela Fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, n. 1, p. 171-182, 2006.

SANTOS, M.N.; CUNHA, H.F.A.; LIRA-GUEDES, A.C.; GOMES, S.C.P.; GUEDES, M.C. Saberes tradicionais em uma unidade de conservação localizada em ambiente periurbano de várzea : etnobiologia da andirobeira (*Carapa guianensis* Aublet). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas**, v. 9, n. 1, p. 93-108, 2014.

SARZI, I.; BÔAS, R.L.V.; SILVA, M.R. da. Development of *Tabebuia chrysotricha* (STANDL.) seedlings in function of the substrate and the fertirrigation solutions. **Cerne**, Lavras, v.14, n.2, p.153-162, 2008.

SARZI, I.; VILLAS BOAS, R.L.; SILVA, M.R. da; CARVALHO, J.L. de. Características biométricas de mudas de *Tabebuia Chrysotricha* (STANDL.) formadas em diferentes substratos e soluções de fertirrigação, quando plantadas em campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.241-249, 2010.

SCHMIDT, M.W.I.; SCHMIDT, M.W.I.; TORN, M.S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I.A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D.A.C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D.P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S.E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, London, v.478, n.7367, p.49-56, 2011.

SCHULZE, M. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 3/4, p. 866-879, 2008.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; UHL, C.; LENTINI, M.; VIDAL, E. Evaluating ipê (*Tabebuia*, *Bignoniaceae*) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? **Biological Conservation**, Essex, v.141, n.8, p.2071-2085, 2008.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica**. Belém: Imazon, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA (SEFA). Portaria N° 05 de janeiro de 2015. 2015. Disponível em:
<http://www.sefa.pa.gov.br/legislacao/interna/portaria/ps2015_00005.pdf?hc_location=ufi>. Acesso em: 09 abr. 2015.

SIEBENEICHLER, S.C.; FREITAS, G.A. de; SILVA, R.R. da; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVA, D. S. da; BARRETO, P. **O aumento da produtividade e lucratividade da pecuária bovina na amazônia: o caso do Projeto Pecuária Verde em Paragominas**. Belém: Imazon, 2014. 28p.

SILVERTOWN, J.; CHARLESWORTH, D. **Introduction to plant population biology**. 4th. ed. Oxford: Blackwell Science, 2001.

SIMPSON, R.; LEMAITRE, S.; WHITEMAN, A. The power of forests. **Unasyuva**, Roma, v. 63, n. 239, p. 86, 2012.

SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PARAGOMINAS. **Pecuária Verde: produtividade, legalidade e bem-estar na fazenda**. Paragominas: SPRP, 2014. 90p.

SIST, P.; SABLAYROLLES, P.; BARTHELON, S.; SOUSA-OTA, L.; KIBLER, J.; RUSCHEL, A.; SANTOS-MELO, M.; EZZINE-DE-BLAS, D. The contribution of multiple use forest management to small farmers' annual incomes in the eastern amazon. **Forests**, Basel, v. 5, n. 7, p. 1508-1531, 2014.

SOMMERS, K.P.; ELSWICK, M.; HERRICK, G.; FOX, G. Inferring microhabitat preferences of *Lilium catesbaei* (Liliaceae). **American Journal of Botany**, v.98, n.5, p.819-28, 2011.

SOUZA, C.R.; AZEVEDO, C.P. de; LIMA, R.M.; ROSSI, L.M.B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.

SOUZA, C.R.; LIMA, R.M.B. de; AZEVEDO, C.P. de; ROSSI, L.M.B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.77, p.7-14, 2008.

SOUZA, V.C.; BRUNO, R. de L.A.; ANDRADE, L.A. de. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (VAHL.) NICH. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.833-841, 2005.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos - CEBRAP**, São Paulo, n. 89, p. 111-135, 2011.

STANTON, T.; ECHAVARRIA, M.; HAMILTON, K.; OTT, C. **State of Watershed Payments An Emerging Marketplace**. Washington, DC: Marketplace Ecosystem, 2010.

STEFANO, M.V.; CALAZANS, L.S.B.; SAKURAGUI, C.M. **Meliaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobra>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

TABARELLI, M.; PERES, C.A.; MELO, F.P.L. The “few winners and many losers” paradigm revisited: Emerging prospects for tropical forest biodiversity. **Biological Conservation**, Essex, v. 155, p. 136-140, 2012.

TROPICAL Timber Market Report (ITTO), Yokohama, v. 18, n. 15, 2014.

VALE, A.B.; BARROS, N.F.; BRANDI, R.M. Estudo sobre enriquecimento da mata secundária, com seis espécies florestais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 109, p. 158-164, 1973.

VERBURG, R.; RODRIGUES FILHO, S.; DEBORTOLI, N.; LINDOSO, D.; NESHEIM, I.; BURSZTYN, M. Evaluating sustainability options in an agricultural frontier of the Amazon using multi-criteria analysis. **Land Use Policy**, Guildford, v. 37, p. 27-39, 2014.

VIERLING, K.T.; VIERLING, L.A.; GOULD, W.A.; MARTINUZZI, S.; CLAWGES, R.M. Lidar: shedding new light on habitat characterization and modeling. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v.6, n.2, p.90-98, 2008.

WHATELY, M. **Programa Municípios Verdes: Lições aprendidas e desafios para 2013/2014**. Belém: Programa Municípios Verdes/Governo do Pará, 2013.

WUNDER, S. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. **Conservation biology: the Journal of the Society for Conservation Biology**, Boston, v. 21, n. 1, p. 48-58, 2007.

ZUBA JUNIOR, G.R.; SAMPAIO, R.A.; PEREIRA, C. da M.; PRATES, F.B. de S.; FERNANDES, L.A.; ALVARENGA, I.C.A. Crescimento do jatobá e de leguminosas arbóreas em diferentes espaçamentos, em área degradada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p.63-68, 2010.

2 MORTALIDADE DE ESPÉCIES NATIVAS MADEIREIRAS USADAS PARA O ENRIQUECIMENTO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS

Resumo

O estabelecimento das mudas no plantio de enriquecimento artificial de florestas remanescentes é a fase mais delicada no processo de desenvolvimento, pelas condições adversas do interior da floresta e pela impossibilidade de tratos culturais regulares, podendo condicionar altas taxas de mortalidade. O objetivo deste estudo foi determinar a capacidade de estabelecimento e os filtros ecológicos de mudas de espécies nativas madeireiras em um plantio de enriquecimento artificial de florestas, identificando a sobrevivência pós-plantio e as variáveis bióticas e abióticas que condicionaram a mortalidade. As áreas de estudo localizam-se na região nordeste do Pará, inseridas no bioma amazônico. As espécies plantadas foram *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*. As mudas foram avaliadas aos 9 e 19 meses pós-plantio. Os micro-sítios das mudas nas áreas de estudo foram caracterizados quanto: número de árvores circundantes, herbivoria, competição de trepadeiras e de plântulas de espécies nativas, abertura no dossel (luz direta incidente) e luz difusa. Para testar o efeito da espécie e tempo na mortalidade das mudas, foi ajustado um modelo linear generalizado misto de análise de variância apropriado para experimentos com dois fatores e interação em dados obtidos com medidas repetidas. Para testar a independência entre a sobrevivência e as variáveis ordinais do micro-sítio, foram construídas tabelas de contingência bidimensionais e aplicados os correspondentes testes de qui-quadrado. *Carapa guianensis* foi a espécie com maior susceptibilidade à mortalidade nos primeiros meses pós-plantio. A mortalidade das espécies foi independente de luz difusa, árvores circundantes às mudas, competição com trepadeiras e plântulas. Entretanto as espécies *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Hymenaea courbaril* tiveram as taxas de mortalidade influenciadas pelo vigor das mudas na fase inicial; a espécie *Cordia goeldiana*, pela herbivoria; *Carapa guianensis* e *Handroanthus serratifolius* pela luz direta.

Palavras-chave: Restauração ecológica; Plantios de enriquecimento; Limitação à sobrevivência; Sítio de mortalidade

Abstract

The establishment of the seedlings in the artificial enrichment planting of remnant forests is the most delicate stage in the development process, by the adverse conditions of the forest inside and the impossibility of regular cultivation that may lead to high mortality rates. The objective of this study was to determine the capacity of establishment and ecological filters of native timber tree species in an artificial forest enrichment planting, identifying the survival after planting and the biotic and abiotic factors that caused mortality. The study areas are located in the northeastern region of Pará, inserted in the Amazon biome. The species planted are *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* and *Hymenaea courbaril*. The seedlings were evaluated at 9 and 19 months after planting. The micro-sites of the study areas were characterized by: number of surrounding trees, level of herbivory, competition of vine and seedlings of other native species, canopy opening (direct light incident) and diffuse incident light. To test the effect of species and time on the

seedlings mortality, a generalized linear mixed model of variance analysis appropriate for experiments with two factors and interaction in data obtained with repeated measurements was adjusted. To test the independence between survival and ordinal variables from the micro-site, two-dimensional contingency tables were constructed and applied the corresponding chi-square tests. *Carapa guianenses* was the specie more susceptible to mortality in the first months after planting. The mortality of species was independent of the factors diffused light, surrounding trees to seedlings, vines and seedlings competition. However the species *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* and *Hymenaea courbaril* had mortality rates influenced by the vigor of the seedlings in the initial phase; the specie *Cordia goeldiana* by herbivory; and *Carapa guianensis* and *Handroanthus serratifolius* by direct light.

Keywords: Ecological restoration; Enrichment planting; Limitation to survival; Site of survival

2.1 Introdução

O cultivo de espécies arbóreas para produção em grande escala ou programas de restauração, só tem sucesso quando se conhece características genéticas, demográficas e ecológicas que influenciam a sobrevivência, além da identificação dos locais adequados para restauração (BERTACCHI et al., 2012; PEREA; GIL, 2014). Quanto a estes potenciais locais para restauração florestal com fins econômicos, deve-se considerar, sempre que possível, as condições de hábitat em que a espécie está adaptada e a legislação (RONDON NETO et al., 2011; THOMPSON et al., 2006).

O estabelecimento das mudas é a fase mais delicada no processo de desenvolvimento de um plantio de restauração florestal, com altas taxas de mortalidade nesse período inicial (BERTACCHI et al., 2012; HAAN; HUNTER; HUNTER, 2012; RHOADES et al., 2009; SILVERTOWN; CHARLESWORTH, 2001). A não disponibilidade de microssítios favoráveis interfere o estabelecimento das mudas ou plântulas no processo de restauração, podendo limitar a sobrevivência e crescimento inicial (PARCIAK, 2002; SOMMERS et al., 2011). Portanto, o estabelecimento das mudas pode representar a principal barreira para que uma espécie ocorra em diferentes ambientes, por isso é necessário conhecer as exigências de cada espécie e, posteriormente, o meio no qual serão inseridas (FENNER; THOMPSON, 2005; KIMBALL et al., 2014).

Nesta fase, diversos fatores abióticos e bióticos afetam o desempenho de mudas, entre os quais estão as características genéticas das mudas (CORNELIUS et al., 2010), fertilidade do solo (BERTACCHI et al., 2012; GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI,

2003), condições climáticas (BARALOTO; BONAL; GOLDBERG, 2006; PAWSON et al., 2013), competição (CAMPOE et al., 2014; ELGAR et al., 2014), herbivoria (COOK-PATTON; LaFORGIA; PARKER, 2014; MARON; CRONE, 2006) e incidência de luz (DUZ et al., 2004; JAKOVAC et al., 2009; SIEBENEICHLER et al., 2008; VIERLING et al., 2008). Entretanto todos esses fatores podem variar muito entre os microssítios em virtude da grande heterogeneidade espacial e temporal da maioria dos ecossistemas (PEREA; GIL, 2014).

Portanto, a sobrevivência na fase inicial do plantio determina a adaptabilidade que tiveram com o meio no qual foram plantadas, uma vez que cada espécie depende da superação dos filtros ecológicos presentes nessa fase (ALVES; METZGER, 2006). Nesse caso, podem ser indicadas as espécies com maior resistência aos fatores do meio e adequar-lhes o manejo (BRUSSAARD et al., 2010; KETTLE, 2012).

Segundo Kollmann (2000), Gómez-Aparicio et al. (2004) e Smit et al. (2009), o sucesso do estabelecimento dos plantios é controlado principalmente pelas diferenças entre microssítios. Dessa forma, vem sendo provado que o manejo do microssítio é, na maioria das vezes, imprescindível para a sobrevivência das mudas nos plantios com espécies nativas. Essas intervenções vão depender das especificidades do micro-habitat de cada espécie (GÓMEZ-APARICIO et al., 2005). Entretanto, caracterizar o melhor microssítio para espécies nativas é trabalhoso, especialmente quando se consideram a complexidade e o inter-relacionamento de vários fatores que precisam ser medidos para delinear com precisão os limites de uma determinada espécie no processo de restauração florestal. Nesse contexto, caso exista limitação do microssítio para a sobrevivência das espécies usadas no enriquecimento florestal, é necessário identificar qual o atributo que contribui negativamente, para que então se possa manejá-lo e sejam criadas melhores condições de sobrevivência a essas espécies (DOUST et al., 2006).

O objetivo deste estudo foi determinar a capacidade de estabelecimento de espécies florestais nativas em plantios de enriquecimento florestal, identificando-se, portanto, o período de sobrevivência após o plantio e as variáveis bióticas e abióticas que influenciaram a mortalidade. Neste sentido, foram elaboradas as seguintes perguntas para esse capítulo: 1- Mudas de espécies nativas madeireiras plantadas no interior de florestas alteradas da Amazônia sobrevivem? 2 - Que fatores ambientais condicionam essa mortalidade? Foram testadas as seguintes hipóteses: 1) A taxa de mortalidade das espécies no enriquecimento florestal diminui com o decorrer do tempo de plantio. 2) A mortalidade das espécies é influenciada por fatores bióticos como herbivoria, árvores circundantes às mudas, trepadeiras

e plântulas. 3) A taxa de mortalidade é menor em locais com dossel mais aberto e maior incidência de luz difusa.

2.2 Material e Métodos

Áreas de estudo

O enriquecimento das áreas de Reserva Legal foi executado em três propriedades (fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz) localizadas na região nordeste do estado do Pará (Figura 2.1), as quais têm como atividade predominante a pecuária de corte, possuem histórico de exploração madeireira e características ambientais muito semelhantes.

A avaliação das mudas nas áreas de enriquecimento florestal e a caracterização do microsítio foram realizadas 9 meses após o plantio das mudas, iniciado no mês de janeiro/2013 e 10 meses após a primeira avaliação, ou seja, no 19º mês de plantio, novembro/2013.

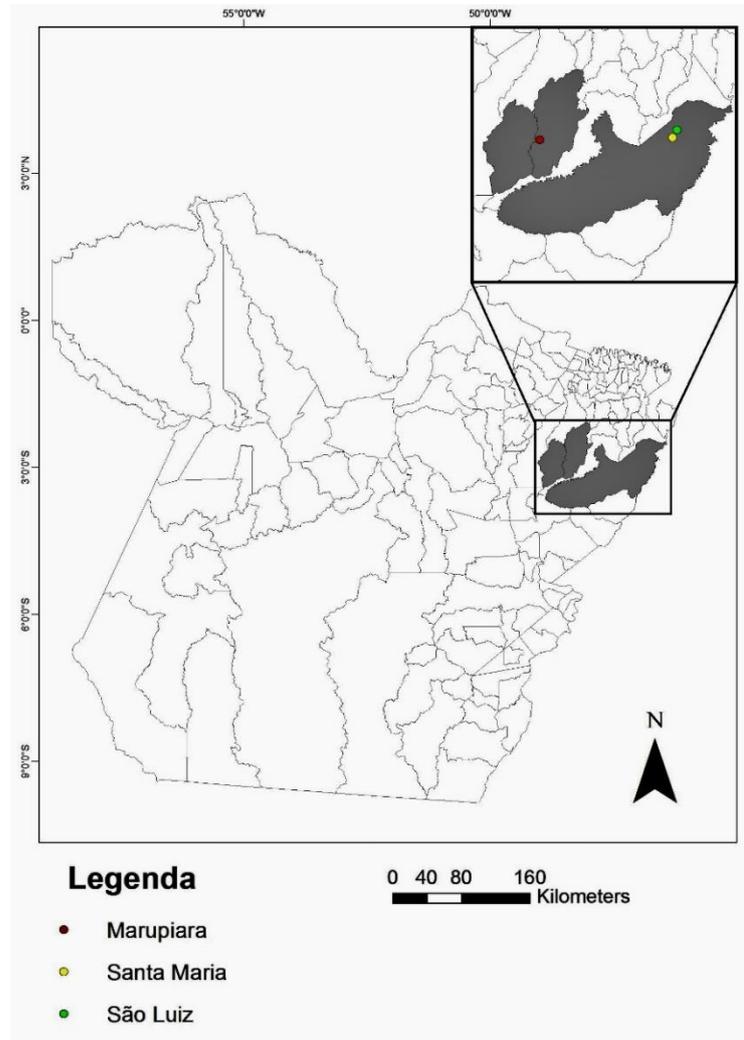


Figura 2.1 – Municípios de Paragominas e Tailândia no estado do Pará, onde estão localizadas as áreas de estudo
 Fonte: Dados da pesquisa.

A fazenda Marupiara localiza-se nos municípios de Tailândia e Tomé-açu, coordenada $02^{\circ}48'00''$ de latitude sul e $42^{\circ}30'00''$ de longitude a oeste, mesorregião nordeste paraense. O clima local é, segundo a classificação de Köppen, Afi, tropical úmido. O local apresenta maior índice pluviométrico no inverno, concentrado entre os meses de janeiro a junho, e pluviosidade anual é de 2.250 a 2.500 mm. A umidade relativa do ar é próxima a 85% e a temperatura varia entre 22° a 31°C . A fazenda situa-se na bacia hidrográfica do rio Capim e altitude média de 35 m (SEPOF, 2011) (Figura 2.2).

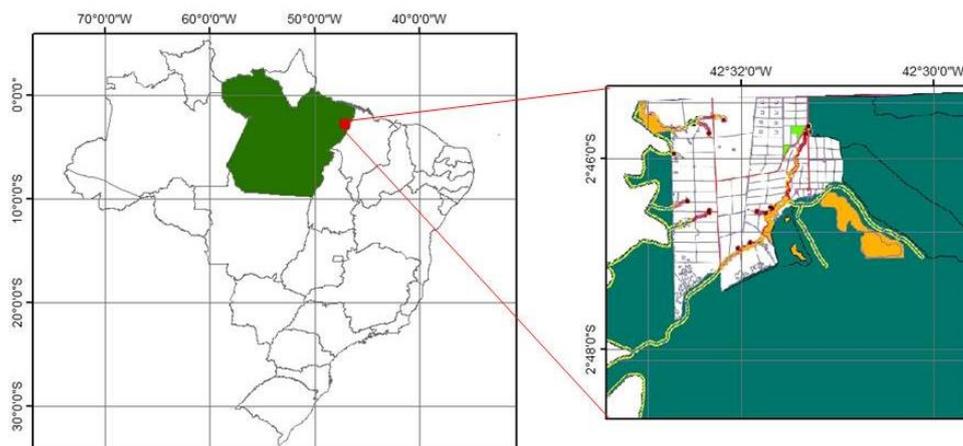


Figura 2.2 – Localização da fazenda Marupiara no estado do Pará e no Brasil

Fonte: Dados de pesquisa.

As fazendas São Luiz e Santa Maria localizam-se no município de Paragominas, coordenada $03^{\circ}13'00''$ de latitude sul e $47^{\circ}40'00''$ de longitude a oeste e $02^{\circ}48'00''$ de latitude sul e $47^{\circ}00'00''$ de longitude a oeste respectivamente, mesorregião nordeste paraense. O clima é segundo a classificação de Köppen, Afi, tropical úmido, com pluviosidade anual de 2.250 mm e 2.500 mm, concentrada no inverno. A temperatura média anual é de $25,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de 85%. O município possui duas bacias hidrográficas, sendo que a do rio Capim, ocupa 54% da área do município, e a do rio Gurupi, os 46% restantes. A altitude média do município é de 40 m (SEPOF, 2011) (Figura 2.3).

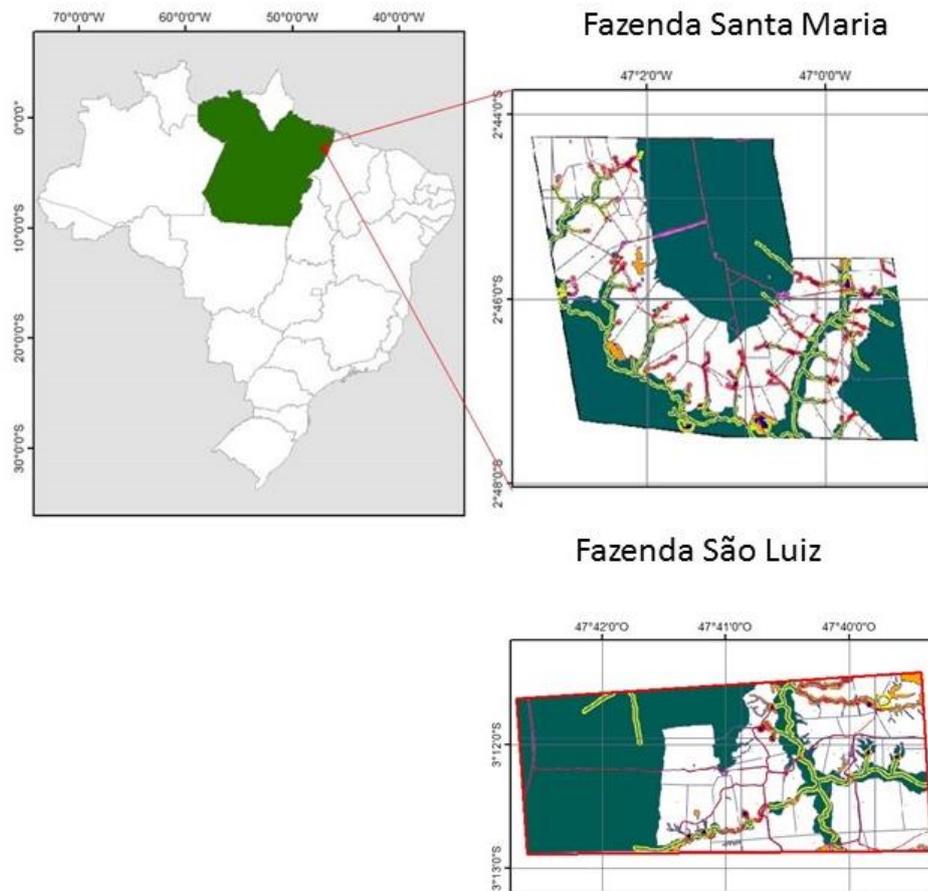


Figura 2.3 – Localização da fazenda Santa Maria e São Luiz no estado do Pará e no Brasil
 Fonte: Dados de pesquisa.

As florestas remanescentes onde foram feitos os plantios de enriquecimento, são do tipo Ombrófila Densa (VELOSO et al.,1991) e IBGE (2012) e solo do tipo Latossolo Amarelo, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2009), o qual representa 95% do solo de Paragominas e Tailândia (SEPOF, 2011).

Plantio, amostragem e escolha das espécies

O plantio das mudas foi iniciado em abril de 2012. As espécies foram plantadas em talhões de 200 x 200 m (4 ha) (Figura 2.4), os quais foram dispostos de forma aleatória para melhor logística de tratos culturais e colheita dos indivíduos plantados quando atingirem o tamanho ótimo para exploração. Cada talhão foi constituído de 25 linhas, sendo que cada linha tem 200 metros de comprimento, contendo 25 indivíduos. O espaçamento entre as

mudas foi de 8 metros, tanto na linha quanto na entrelinha. Portanto, em cada talhão, haviam 625 indivíduos.

Foram escolhidos, para o estudo observacional, dois talhões de cada espécie em cada fazenda, plantada para representar o plantio de enriquecimento, sendo que em cada talhão foram amostradas 4 de 25 linhas, para tanto, utilizando-se a técnica de amostragem sistemática (IBGE, 2012), sendo possível identificar mudanças espaciais na vegetação, luz e etc. Em cada talhão, avaliaram-se 100 mudas, sendo 25 mudas da 4^a, 8^a, 12^a e 16^a linha (Figura 2.4).

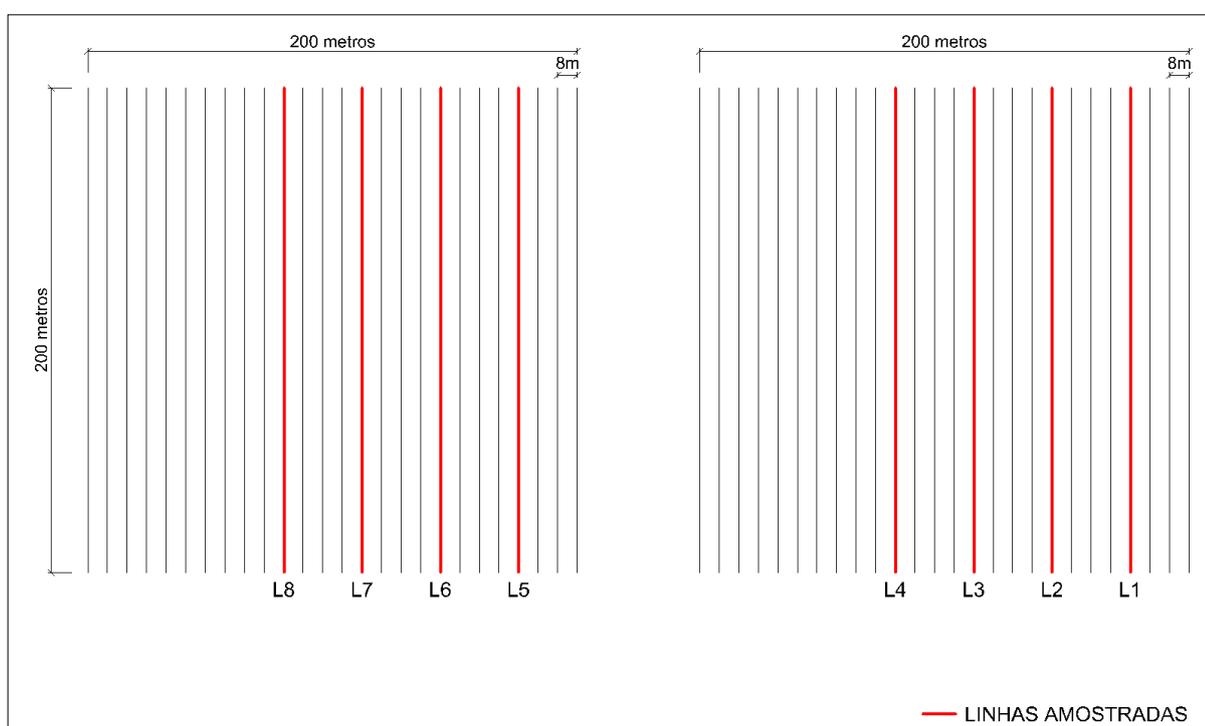


Figura 2.4 - Amostragem sistemática nas linhas em vermelho, feita em dois talhões para representar cada espécie do plantio de enriquecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

As espécies do enriquecimento florestal foram escolhidas com base nos levantamentos realizados durante o Programa de Adequação Ambiental do LERF nos fragmentos remanescentes das propriedades. A partir desses levantamentos, foi elaborada uma lista de espécies adaptadas às condições de florestas remanescentes, baseado nesta lista, realizou-se uma seleção junto aos proprietários, das espécies que teriam maior viabilidade no enriquecimento florestal.

Em cada uma das três propriedades (Marupiara, Santa Maria e São Luiz), foram definidas algumas espécies do plantio de enriquecimento para serem avaliadas (Tabela 2.1),

sendo essas secundárias e de ocorrência regional. As espécies finais de sucessão escolhidas são adaptadas ao ambiente de interior de florestas e responsáveis pela regeneração e restabelecimento da dinâmica florestal.

Tabela 2.1 - Espécies monitoradas quanto a mortalidade e crescimento no plantio de enriquecimento, propriedade em que foi plantada, nome popular, nome científico, grupo ecológico, número de indivíduos e talhões amostrados

Prop.	Nome popular	Nome científico	Grupo Ecológico	n° indivíduos	n° talhões
M, SM, SL	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	SI	600	6
M, SM	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	SI; ST	400	4
M, SM, SL	Freijó-Cinza	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	P; SI	600	6
M, SM, SL	Ipê amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	SI	600	6
M, SM, SL	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	ST; C	600	6

Nota: Prop.= propriedade; M = Marupiara; SM = Santa Maria; SL = São Luiz; P = Pioneira; SI = Secundária Inicial; ST = Secundária Tardia; C = Clímax; n° indivíduos = número de indivíduos amostrados; n° talhões = número de talhões amostrados.

Fonte: Dados da pesquisa.

Houve limpeza das trilhas nas áreas de plantio das fazendas no início de 2012 (época do plantio) e no início de 2013, sendo que, em cada limpeza das trilhas, adicionaram-se aproximadamente 12, 60 e 12g de N, P₂O₅, K₂O por muda, respectivamente, sendo a adubação importante devido aos baixos níveis de nutrientes no solo (Tabela 2.2). As avaliações das mudas foram feitas em dezembro de 2012 e outubro de 2013.

Caracterização química e textural do solo das propriedades

Em cada talhão, foram coletadas duas amostras compostas de solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm para caracterização química e textural. Determinaram-se, assim, os níveis de matéria orgânica (MO), potássio (K) fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H⁺Al) e pH, conforme descrito em (RAIJ et al., 2001), e os teores de areia, silte e argila, de acordo com (CAMARGO et al., 1986) (Tabela 2.2). As determinações químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas, e as texturais no Laboratório de Física do Solo, ambos pertencentes ao Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Tabela 2.2 - Caracterização química e textural dos solos das fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria

		pH	M.O	K	Ca	Mg	P	S SO ₄	Cu	Fe	Zn	Mn	B	V	CTC	Argila	Silte	Areia Total	Classe de textura
			g dm ⁻²	--mmol _c dm ⁻³ --				-----mg dm ³ -----					%	mmol _c dm ⁻³	-----g/kg-----				
Marupiara	0-20	3,8	24	0,6	6	2	4	7	0,4	119,3	0,5	2,3	0,2	16	55	150	66	784	md-ar.
	20-40	3,8	14	0,3	4	2	4	9	0,4	76,6	0,2	0,9	0,2	14	44	452	86	462	arg.
São Luiz	0-20	4,0	36	0,8	13	5	4	12	0,2	78,2	0,6	2,6	0,4	25	83	729	213	58	m-arg.
	20-40	4,0	13	0,5	5	3	5	27	0,1	18,4	0,2	0,3	0,4	16	56	876	100	24	m-arg.
Santa Maria	0-20	4,2	28	1,1	10	3	5	16	0,2	92,9	0,4	11,3	0,5	20	71	763	191	46	m-arg.
	20-40	4,1	14	0,7	2	1	2	51	0,0	18,5	0,1	1,1	0,5	8	47	883	90	27	m-arg.

pH: CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; P, K, Ca, Mg: extração pela resina trocadora de íons; H+Al: pH SMP.

Fonte: Dados da pesquisa.

Coleta dos dados

Avaliação do plantio de enriquecimento florestal

Para caracterização do plantio de enriquecimento avaliou-se:

a) Sobrevivência: Discriminação das plantas vivas e mortas em cada linha amostrada no tempo 1 (9 meses) e tempo 2 (19 meses).

Obs.: Os dados de mortalidade da primeira e segunda avaliação foram usados para detectar o período de maior suscetibilidade do plantio. Apenas a mortalidade obtida na segunda avaliação foi confrontada com os fatores do microssítio coletados na primeira avaliação.

$$\text{Taxa de Sobrevivência} = \frac{(n^{\circ} \text{ total} - n^{\circ} \text{ de mortas})}{n^{\circ} \text{ total}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Taxa de Mortalidade (tempo1)} = \frac{(n^{\circ} \text{ total } t1 - n^{\circ} \text{ de vivas } t1)}{n^{\circ} \text{ total } t1} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Taxa de Mortalidade (tempo2)} = \frac{(n^{\circ} \text{ total } t1 - n^{\circ} \text{ de vivas } t2)}{n^{\circ} \text{ total } t1} \times 100 \quad (3)$$

Em que n° total é o número total de indivíduos plantados, n° de mortas é o número total de indivíduos mortos, n° de vivas é o número total de indivíduos vivos.

c) Vigor: Avaliação qualitativa, considerando-se características dos indivíduos amostrados, como coloração (sintomas de deficiência nutricional), número de folhas, sanidade (presença de patógenos). O vigor das mudas foi classificado em (Figura 2.5):

c.1 - Alto: mudas com as folhas de coloração verde-escura, número de folhas igual ou superior ao do momento do plantio e sem a presença de patógenos;

c.2 - Médio: mudas com alguns sintomas de deficiência (coloração da folha menos intensa), número de folhas menor do que mudas saudáveis em viveiro, ou presença de manchas pequenas que caracterizam a presença de patógenos;

c.3 - Baixo: Plantas com sintomas deficiência nutricional na maioria das folhas, poucas ou ausência folha ou presença de muitas manchas.

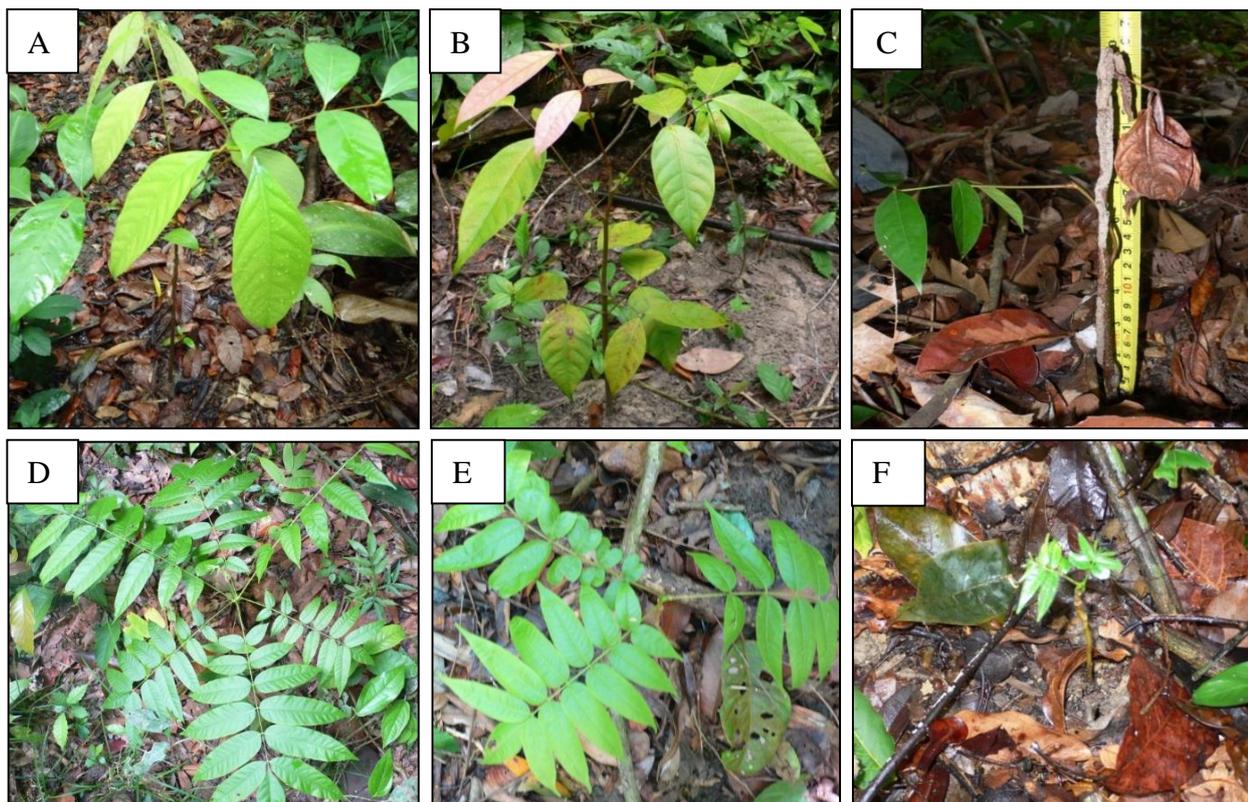


Figura 2.5 - Níveis alto (A), médio (B) e baixo (C) de vigor em plantas de Andiroba e níveis alto (D), médio (E) e baixo (F) em plantas de Cedro

Fonte: Dados da pesquisa.

Caracterização do microssítio

Foram avaliadas as características dos microssítios que podem influenciar a mortalidade das espécies usadas no plantio de enriquecimento, as quais foram observadas no tempo 1 (9 meses) e tempo 2 (19 meses). A causa da mortalidade foi explicada pela descrição do microssítio no tempo 1.

Fatores bióticos

b) Árvores circundantes à muda: são árvores regenerantes ao redor da muda do plantio de enriquecimento que podem exercer sombreamento, preexistentes ao plantio de enriquecimento ou que emergiram posteriormente, com (diâmetro a altura do peito-1,3m) $DAP > 5$ cm (Figura 2.6-A), essas árvores foram quantificadas e medidas em um raio de 2 m dos indivíduos plantados (Figura 2.6-B). Os DAPs das árvores ao redor de cada indivíduo, por espécie, foram somados e classificados como:

$$DAP < MEDIANA \text{ dos } DAPs > DAP$$

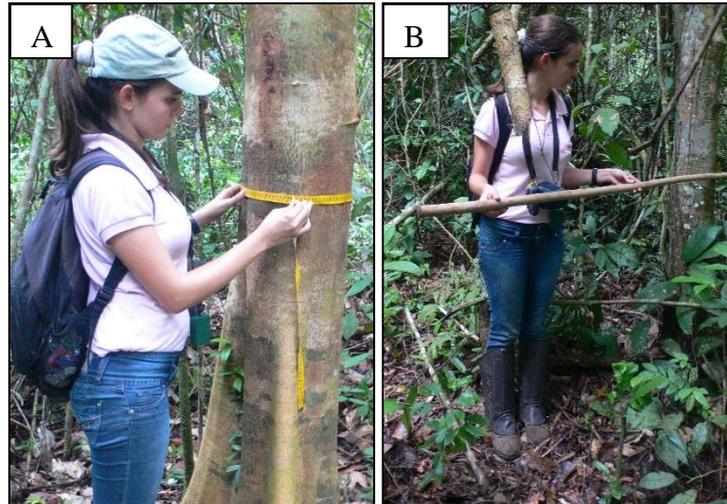


Figura 2.6 - Árvores quantificadas e medidas (A) em um raio de 2 metros (B) dos indivíduos plantados
Fonte: Dados da pesquisa.

a) Herbivoria: ataque de partes dos indivíduos plantados por herbívoros, como formigas, gafanhotos, besouros e lagartas, sendo determinada visualmente pelo mesmo observador.

Para classificação dos níveis de herbivoria, fez-se escala de notas, considerando a porcentagem da planta atacada (Figura 2.7): sem herbivoria - 0%; nível baixo - 1% a 50%; nível alto - 51% a 100%.



Figura 2.7 - Mudas de freijó sem herbivoria (A), Nível baixo (B) e nível alto de herbivoria (C)
Fonte: Dados da pesquisa.

b) Trepadeiras: a cobertura de trepadeiras ao redor da muda pode competir por nutriente, água e/ou envolvê-la até não conseguir realizar fotossíntese. Esta variável foi observada por uma mesma pessoa em todo o plantio, determinou-se a cobertura de trepadeiras em um raio de 1 m dos indivíduos plantados. Para demarcar o raio de amostragem, utilizou-se uma vareta de um metro e determinou-se o limite ao redor das mudas (Figura 2.8-B).

A classificação dos níveis de trepadeiras foi realizada por escala de notas, considerando a porcentagem de cobertura de trepadeiras no solo (Figura 2.8): sem trepadeiras – 0%; poucas trepadeiras - 1 a 50%; muitas trepadeiras - 51% a 100%.



Figura 2.8 - Vareta utilizada para demarcar a área a ser observada o nível de trepadeiras (B). Muda de ipê sem trepadeiras em um raio de 1 metro (A), jatobá com poucas trepadeiras (B) e freijó com muitas trepadeiras (C)

Fonte: Dados da pesquisa.

c) Plântulas (competidores): o número de plântulas de espécies nativas ao redor da muda pode competir por nutriente e água. Esta variável, avaliada por apenas um observador, determinou o número de plântulas existentes em um raio de 1 m dos indivíduos plantados. Para demarcar o raio de amostragem, utilizou-se uma vareta de um metro e determinou-se o limite ao redor das mudas (Figura 2.8 - B).

Fatores abióticos

a) Número de aberturas no dossel (luz direta): é um fator essencial para o desenvolvimento dos indivíduos plantados e determina a sobrevivência, estabelecimento e formação da arquitetura da planta. Baseado nessa premissa, a incidência de luz sobre as linhas do plantio foi observada, por uma só pessoa, tendo como referência cinco orientações, no dossel acima de cada planta, nas linhas de enriquecimento, sendo elas: norte, sul, leste, oeste e zênite. As observações foram executadas considerando-se uma angulação de 60° da altura dos olhos (Figura 2.9). Determinou-se níveis de luz, através de notas de 1 a 5, conforme o número de aberturas no dossel, levando em consideração as cinco orientações mencionadas. Utilizou-se uma bússola para orientação dos pontos cardeais.

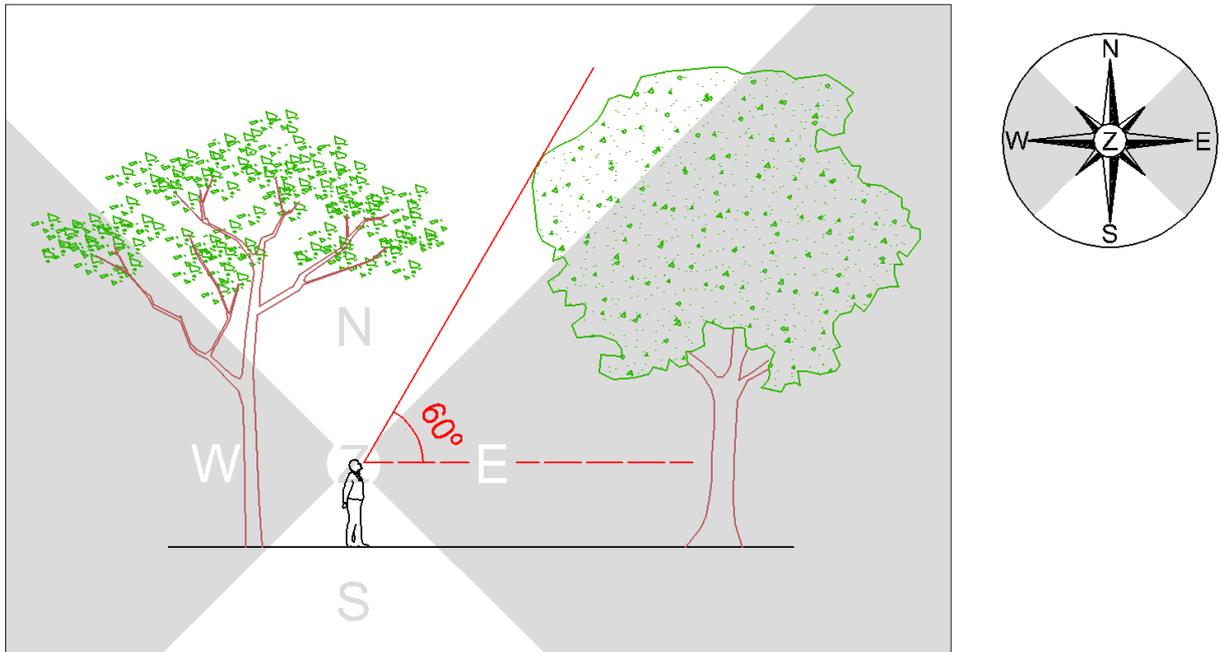


Figura 2.9 - Divisão do dossel em cinco setores para observar a presença de luz acima de cada indivíduo nas linhas de enriquecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

b) Luz difusa: feixes de luz que passam por pequenos orifícios no dossel, podendo contribuir para a sobrevivência e crescimento dos indivíduos plantados. Esta variável foi coletada pelo mesmo observador. A luz difusa incidente nas mudas foi classificada em: luz difusa baixa, moderada, alta e luz direta (Figura 2.10).

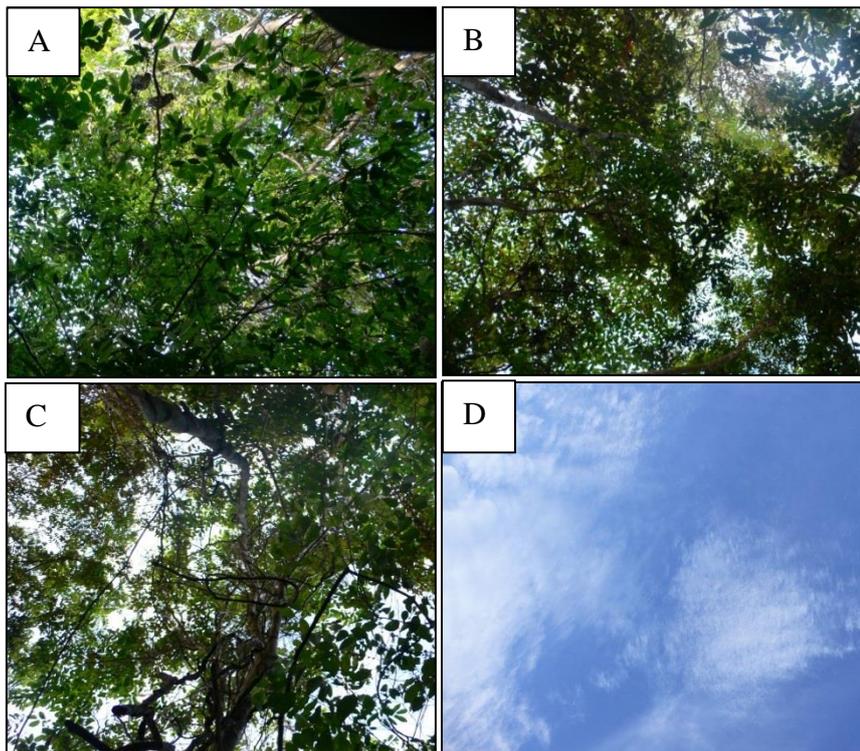


Figura 2.10 - Incidência de luz difusa baixa (A), moderada (B), alta (C) e luz direta (D)
Fonte: Dados da pesquisa.

c) Pluviosidade: os dados de pluviosidade apresentados na figura 2.11, foram coletados nas estações meteorológicas de cada fazenda desde o período de plantio até a segunda avaliação das mudas.

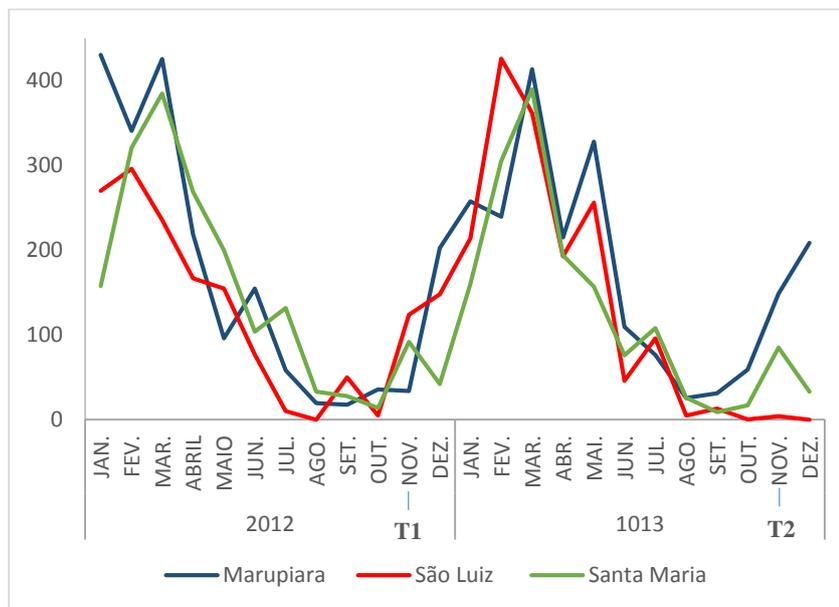


Figura 2.11 - Precipitação nas fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria do plantio na primeira (T1) e segunda (T2) avaliação
Fonte: Dados da pesquisa.

Análise de dados e construção dos modelos

Ao testar o efeito da espécie e do tempo na mortalidade, foi ajustado um modelo linear generalizado e misto de análise de variância, apropriado para experimentos com dois fatores e interação em dados obtidos com medidas repetidas. A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio dos coeficientes de assimetria e curtose, pelo teste de Shapiro-Wilk e por gráficos de distribuição dos erros, tendo sido apropriada a modelagem baseada na presunção de dados aderentes à distribuição Lognormal.

Com o objetivo de testar a independência entre a mortalidade e outras variáveis ordinais (vigor, herbivoria, número de abertura no dossel, luz difusa, árvores circundantes, nível de plântulas e trepadeiras), foram construídas tabelas de contingência bidimensionais e aplicados os correspondentes testes de qui-quadrado. As duas avaliações do plantio (9 e 19 meses) e a primeira avaliação do microssítio foram usadas para identificar quais variáveis do microssítio influenciaram a mortalidade das espécies no intervalo entre as duas avaliações.

O teste de Tukey-Kramer foi aplicado para a comparação das médias do atributo (mortalidade) que apresentou efeito significativo das variáveis avaliadas. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de 5%. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc. The SAS System, release 9.3. SAS Institute Inc., Cary: NC, 2010).

2.3 Resultados e Discussão

Mortalidade das espécies e período de suscetibilidade

As espécies *Carapa guianensis*, *Cedrela Fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* apresentaram, aos nove meses, mortalidade média de 24, 17, 14, 12 e 12% respectivamente. Já na segunda avaliação, dezenove meses após o plantio, a mortalidade dessas espécies foi de 28, 40, 21, 13 e 21 % respectivamente (Figura 2.12). Exemplos semelhantes de mortalidade foram encontrados por Gomes et al. (2010), Jakovac et al. (2009), Martins et al. (1990), Ribeiro et al. (2003) e Rondon Neto et al. (2011), em trabalhos de enriquecimento de florestas na Amazônia.

As espécies nativas madeireiras estudadas nesse trabalho tem baixa mortalidade em plantios de enriquecimento artificial até o período de pós-plantio estudado, pois a mortalidade média foi de 20,75%, com exceção de espécie *Cedrela Fissilis* que a mortalidade foi de 40%.

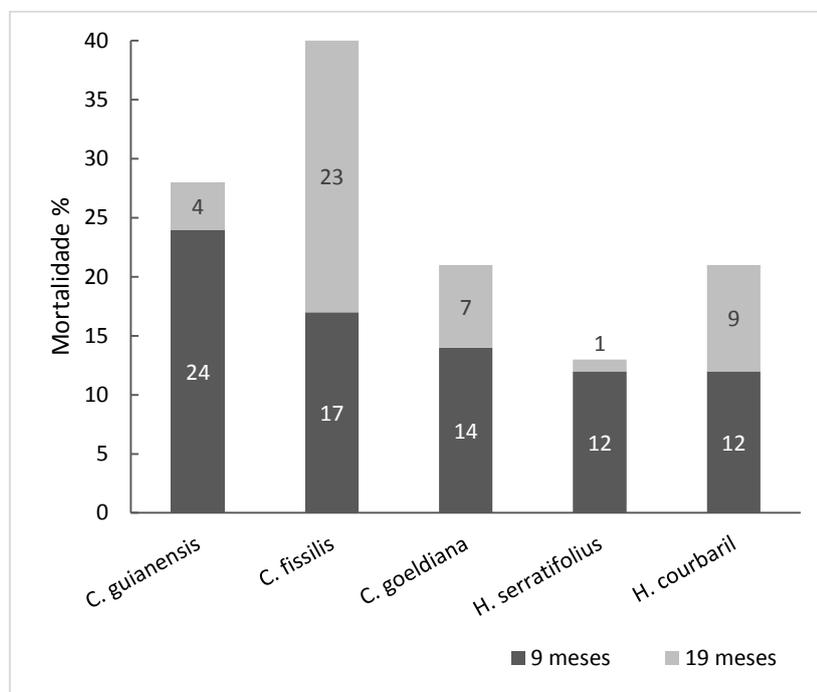


Figura 2.12 - Mortalidade média (%) das espécies nas avaliações após o plantio de enriquecimento florestal
Fonte: Dados da pesquisa.

Portanto, é necessário identificar qual a diferença entre a mortalidade das espécies do plantio e as épocas avaliadas para confirmar a sua susceptibilidade e sugerir o melhor momento para o replantio das mudas e os tratamentos silviculturais.

No enriquecimento florestal, assim como em monocultivos florestais, é recomendado o replantio quando o índice de mortalidade das mudas ultrapassar 10%. Entretanto, como o enriquecimento florestal trata-se de plantio florestal com menor intervenção tecnológica e maior susceptibilidade a intempéries, o índice de mortalidade para replantio das mudas tende a ser maior.

A interação entre tipo de espécie plantada e época de avaliação teve efeito sobre a mortalidade das espécies estudadas (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Análise de variância calculada por meio de modelo linear generalizado misto com medidas repetidas e dados aderentes à distribuição lognormal

Variável	Efeito	Graus de Liberdade		Estatística	
		Numerador	Denominador	F	Valor-p
Porcentagem absoluta de mortalidade	Espécie	4	101	5,27	0,0007
	Tempo	1	82	0,24	0,6236
	Espécie * Tempo	4	82	3,70	0,0080

Fonte: Dados da pesquisa.

A taxa de mortalidade da espécie *Carapa guianensis*, 9 meses após o plantio, foi maior que a de *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* (Tabela 2.4).

Na segunda avaliação (19 meses após o plantio), a espécie com maior taxa de mortalidade foi *Cedrela Fissilis*, sendo semelhante à da *Cordia goeldiana*. Nesta avaliação, as espécies *Carapa guianensis*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* revelaram os menores índices de mortalidade (Tabela 2.4).

A *Carapa guianensis* foi a única espécie que apresentou maior susceptibilidade à mortalidade aos 9 primeiros meses de plantio. Portanto, infere-se que a espécie teve melhor estabelecimento no segundo ano de plantio e, conseqüentemente, diminuição do índice de mortalidade (Tabela 2.4). Para as demais espécies avaliadas, a mortalidade é similar nos dois períodos avaliados, porém com indícios de que as espécies *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* apresentem menos susceptibilidade à mortalidade. É necessário, todavia, período mais extenso de monitoramento para detectar o intervalo de maior susceptibilidade à mortalidade e identificar quais fatores do microssítio são capazes de influenciar a mortalidade dessas espécies, para posteriormente indicar os tratamentos silviculturais de cada espécie, então, considerando suas peculiaridades.

Com base nos resultados, apenas a espécie *Carapa guianensis* diminuiu a taxa de mortalidade com o decorrer do tempo de pós-plantio, o período de estabelecimento das outras espécies não foi detectado, não corroborando a hipótese de que a taxa de mortalidade das espécies diminuiu com o decorrer do tempo após o plantio. Dessa forma, é necessário que os monitoramentos continuem sendo feitos, para a repetição dessa pesquisa.

Tabela 2.4 - Média (desvio padrão) da porcentagem absoluta de plantas mortas nas linhas de plantio nas combinações dos níveis de espécie e tempo

Espécie	Tempo	
	1	2
<i>Carapa guianensis</i>	24,5(14,3) aA	11,7(8,9) bB
<i>Cedrela fissilis</i>	17,0(10,4) abA	26,8(11,7) aA
<i>Cordia goeldiana</i>	14,3(11,1) abA	15,5(12,8) abA
<i>Handroanthus serratifolius</i>	13,2(11,7) bA	7,2(8,2) bA
<i>Hymenaea courbaril</i>	12,4(10,8) bA	10,7(7,2) bA

ANOVA para interação – GL_{Numerador}: 4; GL_{Denominador}: 82; F: 3,70; Valor-p: 0,0080. Médias seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais não diferem, respectivamente na coluna e na linha, pelo teste de Tukey-Kramer com nível de significância de 5%

Fonte: Dados da pesquisa.

Efeito do microssítio na mortalidade

Os testes de qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) realizados, demonstraram o efeito das condições do sítio, na sua mortalidade (Tabela 2.5). Os fatores ambientais que influenciaram na mortalidade das espécies foram o vigor das plantas, a herbivoria e o número de aberturas no dossel (Tabela 2.5).

Os fatores luz difusa, árvores circundantes às mudas, trepadeiras e plântulas não apresentaram relação com a mortalidade das espécies do enriquecimento. Entretanto, o valor-p para o efeito destes fatores na mortalidade de algumas espécies está muito próximo ao limite de significância de 0,05 de probabilidade (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Significâncias dos testes de qui-quadrado para independência entre as condições do microssítio e mortalidade das espécies estudadas

Variáveis Avaliadas		<i>Carapa guianensis</i>	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Cordia goeldiana</i>	<i>Handroanthus serratifolius</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>
Vigor	χ^2	<0,01	<0,01	0,02	0,80	<0,01
	MH	<0,01	<0,01	<0,01	0,52	<0,01
Herbivoria	χ^2	0,28	0,49	0,04	0,90	0,28
	MH	0,98	0,93	0,08	0,66	0,13
Nº de aberturas	χ^2	<0,01	0,23	0,51	0,10	0,66
	MH	<0,01	0,64	0,57	0,01	0,92
Luz difusa	χ^2	0,14	0,66	0,28	0,43	0,27
	MH	0,09	0,93	0,06	0,18	0,17
Árvores circundantes	χ^2	0,11	0,14	0,056	0,07	0,68
	MH	0,11	0,14	0,057	0,07	0,68

χ^2 = qui-quadrado de Pearson; MH = Mantel-Haenszel; significância < 0,05.

Fonte: Dados da pesquisa.

A sobrevivência e o estabelecimento das espécies escolhidas para compor o plantio de enriquecimento florestal podem ser influenciados pela procedência das mudas, capaz de mostrar comportamento contrastante em ambientes diversos devido à interação genótipo-ambiente e por diversos fatores do microssítio.

O vigor das mudas, avaliado nove meses após o plantio, teve influência na mortalidade das espécies *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Hymenaea courbaril* (Tabela 2.5). Mudanças com vigor baixo, tiveram maior porcentagem de mortas, comparado a mudas com médio e alto vigor (Figura 2.13).

A mortalidade da *Carapa guianensis* com vigor médio e alto foi próxima a 13%; e nas de baixo vigor, esta taxa foi de 41,3% (Figura 2.13-A). As mudas de *Cedrela fissilis* indicaram taxa de mortalidade de 25,5; 33,3; e 51,1% quando apresentaram, respectivamente, alto, médio e baixo vigor aos 9 meses após o plantio (Figura 2.13-B). Esta espécie apresentou o maior número de mudas com baixo vigor entre as estudadas. *Cordia goeldiana* revelou mortalidade de 14,7; 18,7; 27,5% quando as mudas tiveram, respectivamente, alto, médio e baixo vigor (Figura 2.11-C). As mudas de *Hymenaea courbaril* com vigor médio e alto tiveram mortalidade de pouco mais de 9%, enquanto as com baixo vigor tiveram mortalidade de quase 30% (Figura 2.13-D). *Handroanthus serratifolius* não teve a mortalidade influenciada pelo vigor das mudas, podendo ser considerada uma espécie com baixa mortalidade e maior resistência a essa intervenção silvicultural de enriquecimento florestal.

A procedência das mudas e critérios usados no plantio são fundamentais para garantir o vigor e, conseqüentemente, menor mortalidade das espécies no plantio. Logo, mudas livres de pragas e doenças, acondicionadas em embalagens adequadas, com substrato íntegro e inerte, raízes livres de enovelamento, adubadas corretamente, expostas a níveis adequados de luz, livres de mato competição e levadas ao campo com porte adequado para plantio são medidas importantes para obtenção de mudas mais vigorosas no campo.

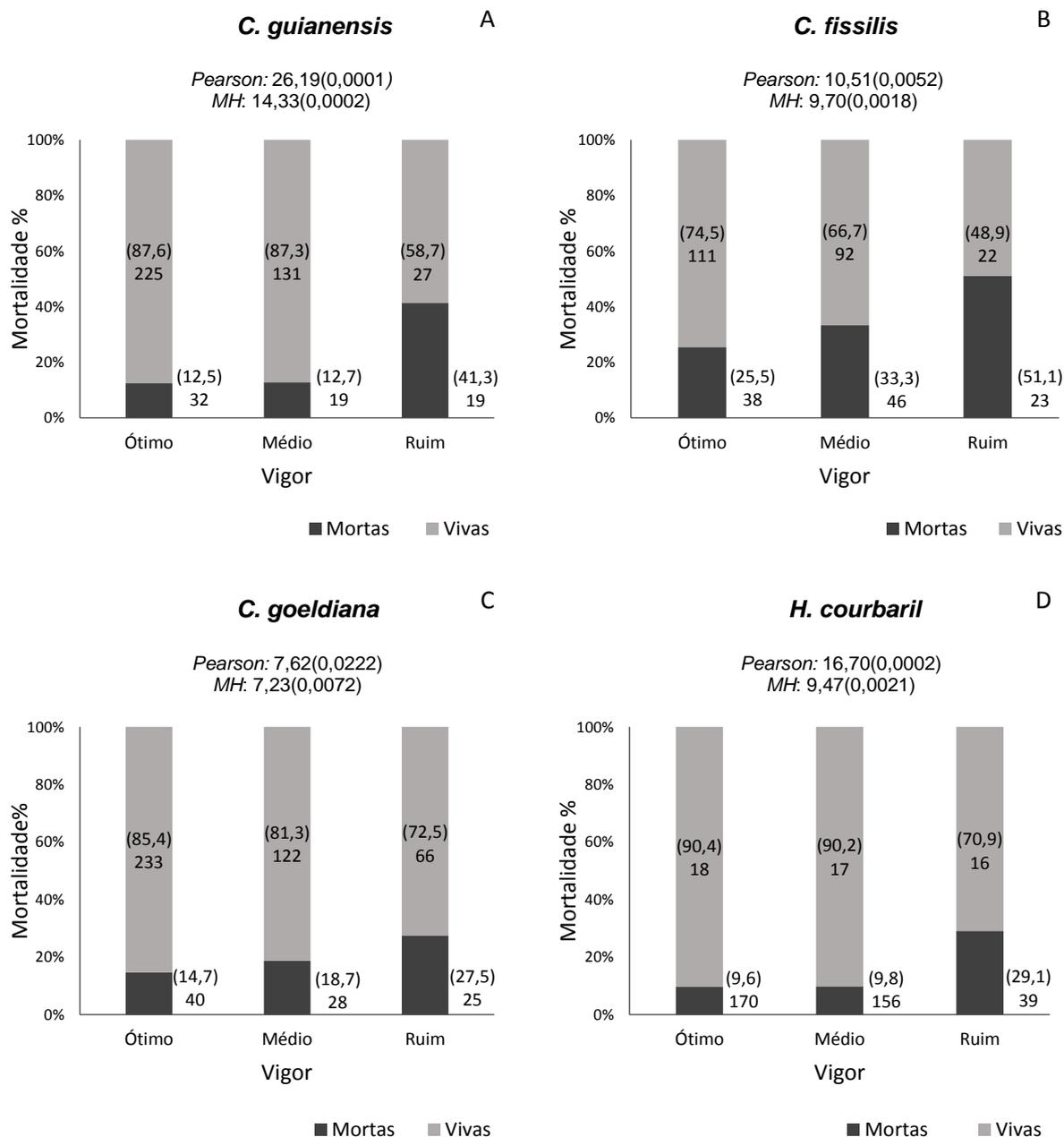


Figura 2.13 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade com o vigor das espécies *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Hymenaea courbaril*

Fonte: Dados da pesquisa.

As espécies florestais apresentam diferentes mecanismos de resistência à herbivoria quando submetidas a diferentes micro-habitats (COOK-PATTON; LAFORGIA; PARKER, 2014), portanto quando as mudas são plantadas com várias espécies como é o caso de policulturas ou enriquecimento florestal elas se tornam menos susceptíveis ao ataque de herbívoros (GOODALE et al. 2014; MASSAD, 2012). A taxa de mortalidade das espécies

Carapa guianenses, *Cedrela Fissilis*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*, por exemplo, não foi influenciada pelo ataque de herbívoros (Tabela 2.5).

As espécies *Carapa guianenses* e *Cedrela Fissilis* foram resistentes aos ataques de pragas no plantio de enriquecimento. Apesar destas espécies terem sido susceptíveis ao ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller em outras condições, na área de estudo, não foram observados ataques desta praga que pudessem prejudicar o seu desenvolvimento, fato que estimula o plantio das mesmas no enriquecimento florestal.

Apenas a mortalidade da espécie *Cordia goeldiana* é influenciada por fatores bióticos como herbivoria.

A taxa de mortalidade da espécie *Cordia goeldiana* teve efeito não linear dos níveis de herbivoria. Plantas com níveis altos e baixos de herbivoria apontaram taxa de mortalidade de 18,9% e 15,4%, respectivamente. Este resultado era esperado porque o ataque de pragas reduz a área fotossintética das plantas e produz danos aos tecidos, que são porta de entrada para a infecção de doenças. Plantas que não foram atacadas por herbívoros tiveram alta taxa de mortalidade (25,6%) (Figura 2.14). Acredita-se que essa alta taxa de mortalidade ocorreu devido a outras características do microssítio. Segundo Jennings et al. (2001), em plantio realizado em clareiras de floresta no município de Belterra (PA), *C. goeldiana* também sofreu ataques de herbívoros em alta proporção.

Apesar de *Cordia goeldiana* ter apresentado baixa mortalidade durante o período avaliado (21%) (Figura 2.12), parte dela aconteceu em razão da sua susceptibilidade ao ataque de herbívoros. A predação por animais, além de levar a planta à morte, pode dificultar e retardar o crescimento e formação de copa nas mudas, sendo de suma importância detectar o nível de danos pelos herbívoros e controlá-los.

Pequenos ataques de herbívoros não foram capazes de influenciar a mortalidade de espécies nativas, uma vez que as mesmas conseguem emitir novos brotos sem prejuízo à sua sobrevivência. Porém, altos níveis de herbivoria são considerados um componente importante para definir o micro-habitat das espécies (GOODALE et al., 2014).

Espécies de crescimento rápido plantadas em sistemas como o de enriquecimento indicam menor ataque de herbívoros quando comparadas àquelas de monocultura. A resistência das folhas e presença de saponinas também oferecem resistência a determinadas espécies. Quando as espécies não possuem essas características, a herbivoria é negativamente relacionada com o crescimento das mudas (MASSAD, 2012).

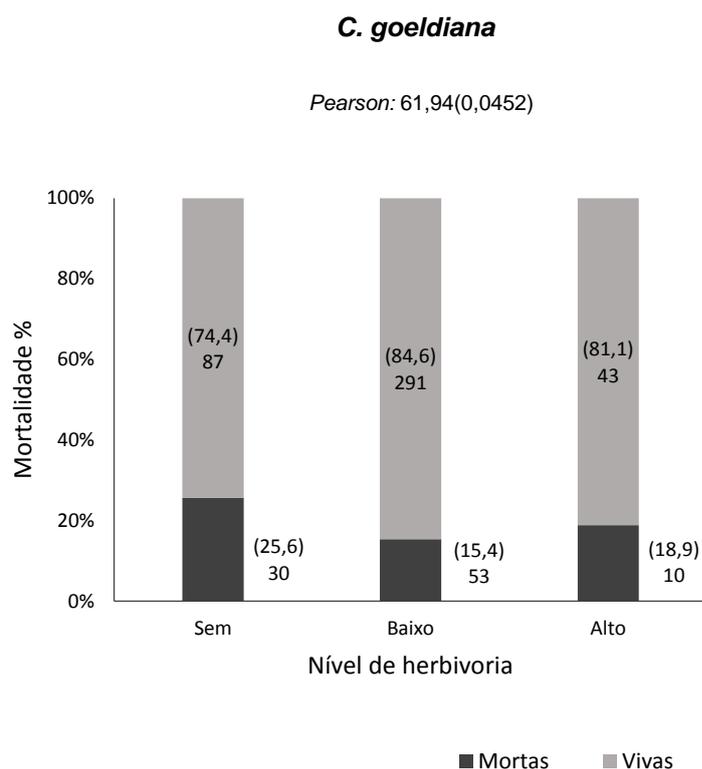


Figura 2.14 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade com os níveis de herbivoria da espécie *Cordia goeldiana*
 Fonte: Dados da pesquisa.

A espécie *Carapa guianensis*, secundária inicial, foi a única, entre as espécies estudadas, que teve a taxa de mortalidade explicada pela quantidade de luz incidente (Tabela 2.5). O número de plantas mortas foi menor quando houve maiores aberturas no dossel (Figura 2.15). Plantas onde o dossel tinha apenas uma abertura tiveram mortalidade de 32,1%, enquanto as que estavam sob um dossel com quatro aberturas sua mortalidade foi de 14,0% (Figura 2.15).

A *Carapa guianensis* é uma espécie que apresenta resultados satisfatórios quanto à mortalidade, com menores taxas quando é exposta ao sol. Porém sua baixa taxa de mortalidade deve-se à sua boa adaptação às condições de iluminação parcial (SOUZA et al., 2010).

Estudos recentes em florestas tropicais mostraram que mudas de espécies intolerantes à sombra são altamente sensíveis à heterogeneidade de luz no sub-bosque (GANDOLFI et al., 2007; MONTGOMERY; CHAZDON, 2002). Dessa forma, a maioria das espécies plantadas revelou baixa mortalidade no período avaliado, principalmente por serem consideradas tolerantes à sombra, portanto bem-adaptadas às condições ambientais proporcionadas no interior de florestas remanescentes.

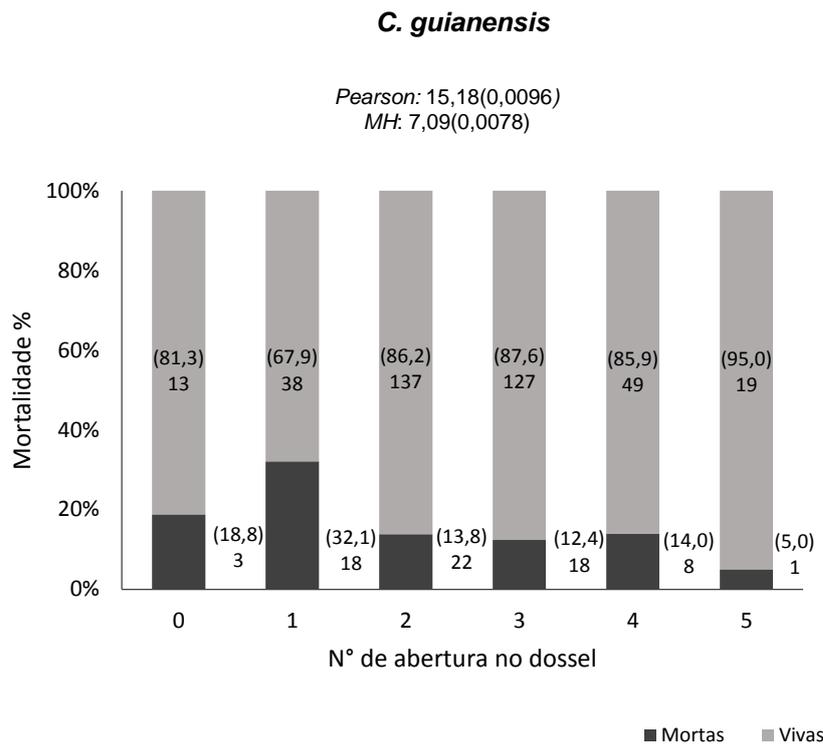


Figura 2.15 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade da *Carapa guianensis* com o número de aberturas no dossel

Fonte: Dados da pesquisa.

Handroanthus serratifolius, espécie secundária inicial, teve sua taxa de mortalidade aumentada com a elevação de incidência de luz no interior da floresta, pois plantas onde o dossel tinha uma ou duas aberturas tiveram mortalidade de 5,4 e 6,3% respectivamente, enquanto as que estavam sob um dossel com três ou quatro aberturas sua mortalidade foi de 12,1 e 14,9% respectivamente (Figura 2.16). Portanto, quando utiliza-se a espécie *Handroanthus serratifolius* no plantio de enriquecimento, não há a necessidade de manejo no dossel para aumentar a incidência de luz no plantio. Esse dado corrobora estudos de Gomes (2013) e Jardim et al. (2007) realizados, respectivamente, nos municípios de Paragominas e Mojú, no Pará, que mostraram que, em ambientes com menos luz, houve menor mortalidade e bom desenvolvimento da *Handroanthus serratifolius*. Entretanto alguns trabalhos sobre germinação e desenvolvimento de mudas indicam que ambiente de sombra impede a germinação e o bom desenvolvimento dessa espécie (BORGES et al., 2014; SIEBENEICHLER et al., 2008).

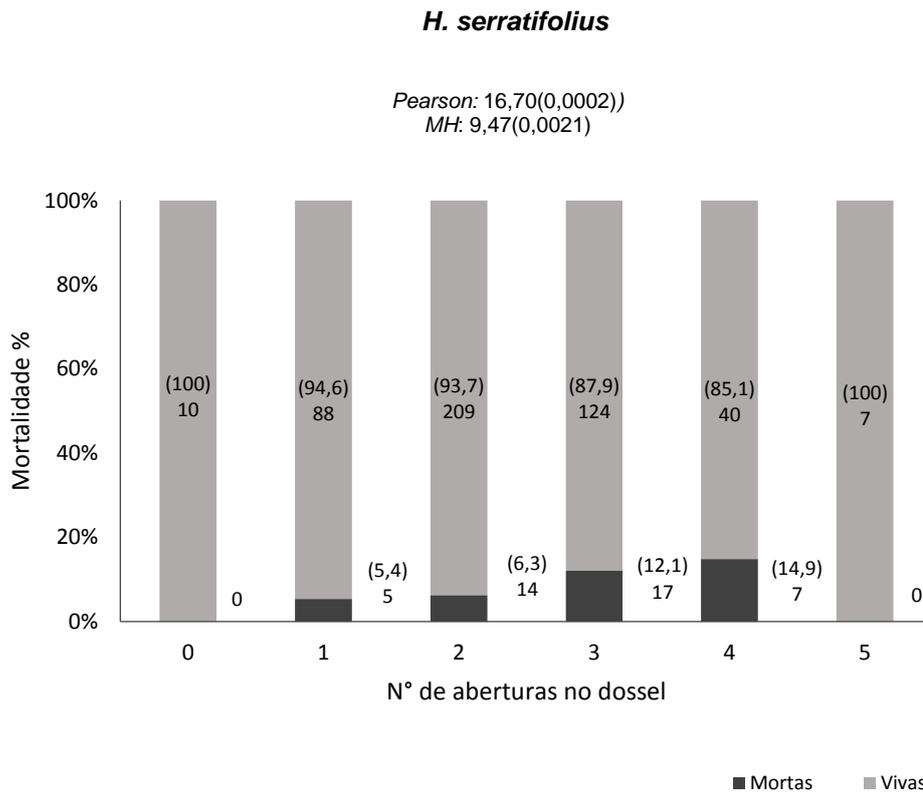


Figura 2.16 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para teste de independência da porcentagem de mortalidade da *Handroanthus serratifolius* com o número de aberturas no dossel

Fonte: Dados da pesquisa.

A mortalidade das espécies *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Hymenaea courbaril* não está relacionada com a quantidade de luz incidente nas mudas. Porém, a influência da luz incidente na mortalidade da espécie *Cordia goeldiana*, pelo teste de Mantel-Haenszel (0,06), teve significância muito próxima a 0,05 de probabilidade (Tabela 2.5).

A espécie *Cordia goeldiana*, no estudo de Tanaka e Vieira (2006) sobre a sua autoecologia em plantio de enriquecimento em floresta primária, no estado do Amazonas, mostrou ser exigente quanto à radiação solar direta e difusa e foi considerada uma espécie heliófila, oportunista de clareira. Segundo Carpanezzi et al. (1983), *C. goeldiana* é uma espécie indicada para plantações, devido às suas características silviculturais de se adaptar a diferentes tipos de plantios como, por exemplo, sua sobrevivência superior a 90% em plantios com linhas abertas em capoeiras. Segundo Sabogal et al. (2006), em Belterra, PA, a espécie apresentou bom desenvolvimento quando plantada em enriquecimento de capoeiras. Nos plantios em linhas abertas em capoeiras altas na região de Santarém, Pará, *C. goeldiana* apresentou sobrevivência de 88% aos 6 anos de idade (GALEÃO et al. 2006). No presente

estudo, a mortalidade média dessa espécie foi de 21% (Figura 2.12), em que, sob luz difusa baixa e luz direta, a mortalidade foi de 23,6 e 13,2%, respectivamente (Figura 2.17).

As espécies não tiveram a mortalidade relacionada com o número de árvores circundantes às mudas do enriquecimento (Tabela 2.5). Porém para *C. goeldiana* a influência do número de árvores circundantes pelos testes de Pearson e Mantel-Haenszel teve significância de 0,057, valor muito próximo aos preestabelecidos como significativo (0,05) (Figura 2.18). A mortalidade dessa espécie foi maior em sítios com grande número de árvores circundantes e, conseqüentemente, menos luz incidente, reforçando sua característica de espécie heliófila.

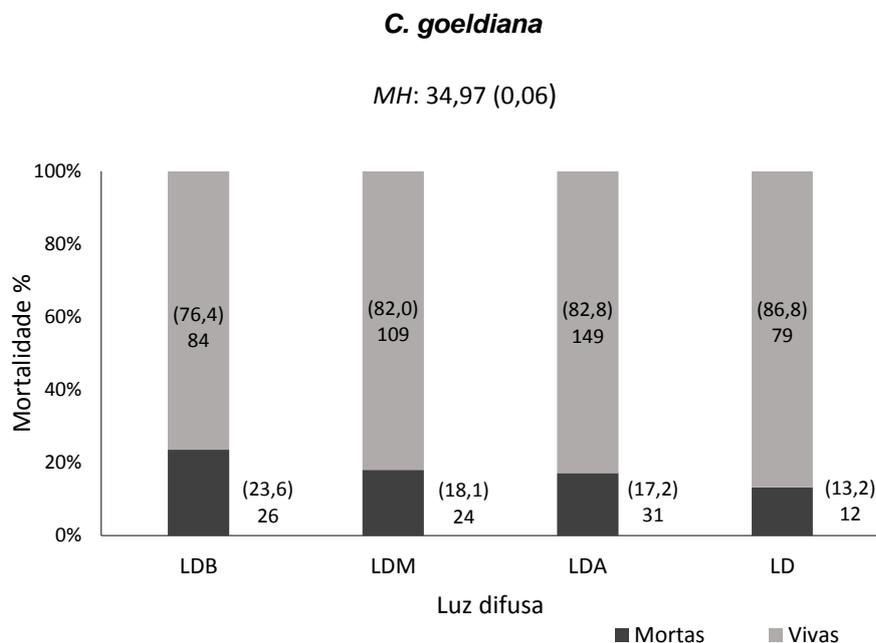


Figura 2.17 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade de *Cordia goeldiana* com a luz difusa incidente. As categorias LDB, LDM, LDA e LD correspondem a luz difusa baixa, moderada, alta e luz direta respectivamente

Fonte: Dados da pesquisa.

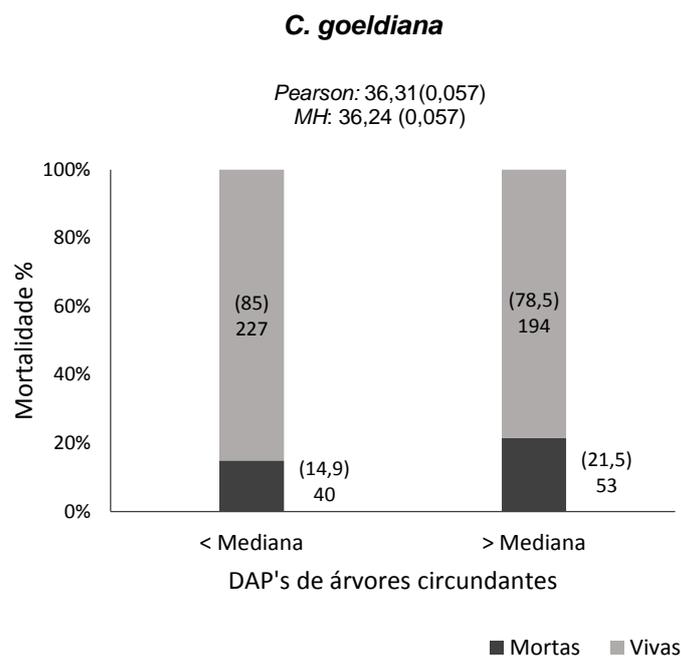


Figura 2.18 - Frequência (porcentagem) e qui-quadrado (Pearson e Mantel-Haenszel) para testar independência da porcentagem de mortalidade da espécie *Cordia goeldiana* com as árvores que circundavam as mudas da espécie

Fonte: Dados da pesquisa.

2.4 Conclusões

As espécies nativas madeireiras estudadas nesse trabalho sobrevivem bem em plantios de enriquecimento artificial até o período de pós-plantio estudado, pois sobreviveram em média 85,62%.

A espécie *Carapa guianensis* diminui a taxa mortalidade com o decorrer do tempo de pós-plantio, as demais espécies não se estabeleceram até o período avaliado. Dessa forma, faz-se necessário maior tempo de monitoramento para detectar quanto tempo essas espécies levam para se estabelecer em plantios de enriquecimento.

O vigor das mudas teve grande influência na mortalidade das espécies avaliadas, exceto da espécie *Handroanthus serratifolius*.

Para a espécie *Cordia goeldiana*, alto nível de herbivoria foi responsável por maior porcentagem de indivíduos mortos.

A mortalidade das espécies não foi influenciada por fatores bióticos como árvores circundantes às mudas, trepadeiras e plântulas.

As espécies *Carapa guianensis* e *Handroanthus serratifolius* tiveram a taxa de mortalidade influenciada pela quantidade de luz incidente nas mudas do plantio, em que essa taxa diminuiu com maior incidência de luz para a primeira e efeito antagônico para a segunda.

A taxa de mortalidade não foi influenciada pela incidência de luz difusa.

2.5 Considerações finais

A maioria das espécies nativas estudadas, com exceção a *Cedrela fissilis*, apresentaram potencial satisfatório de sobrevivência em plantios de enriquecimento florestal na região. No entanto, as características do micro-sítio que mais influenciaram a mortalidade dessas espécies foram quantidade de luz incidente e nível de herbivoria nas mudas. A mortalidade para cada espécie foi muito variável, reforçando a importância da escolha correta de espécies para cada condição de sítio.

Referências

- ALVES, L.F.; METZGER, J.P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 1-26, 2006.
- BARALOTO, C.; BONAL, D.; GOLDBERG, D.E. Differential seedling growth response to soil resource availability among nine neotropical tree species. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, n. 5, p. 487, 2006.
- BERTACCHI, M.I.F.; BRANCALION, P.H.S.; BRONDANI, G.; MEDEIROS, J.C.; RODRIGUES, R.R. Characterization of the micro-site conditions from restored areas with different ages. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 895-905, 2012.
- BORGES, V.P.; COSTA, M.A.P. de C.; RIBAS, R.F. Emergency and initial growth of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo in contrasting light environments. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2014.
- BRUSSAARD, L.; CARON, P.; CAMPBELL, B.; LIPPER, L.; MAINKA, S.; RABBINGE, R.; BABIN, D.; PULLEMAN, M. Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 1/2, p. 34-42, 2010.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solo do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (Boletim técnico, 106).

CAMPOE, O.C.; IANNELLI, C.; STAPE, J.L.; COOK, R.L.; MENDES, J.C.T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 313, p. 233-242, 2014.

CARPANEZZI, A.A.; YARED, J.A.G.; BRIENZA JUNIOR, S.; MARQUES, L.C.T.; LOPES, J. do C.A. **Regeneração artificial de freijó (*Cordia Goeldiana* Huber)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. (EMBRAPA-CPATU. Circular técnica, 39).

CLARK, J.S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLERISLAMBERS, J.; LICHTER, J.; MCLACHLAN, J.; MOHAN, J. WYCKOFF, P. Recruitment limitation in forests. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 86, n. 1, p. 1-16, 1999.

COOK-PATTON, S.C.; LAFORGIA, M.; PARKER, J.D. Positive interactions between herbivores and plant diversity shape forest regeneration. **Proceedings. Biological Sciences/The Royal Society**, London, v. 281, n. 1783, p. 2014-2026, 2014.

CORNELIUS, J.P.; MESÉN, F.; OHASHI, S.T.; LEÃO, N.; SILVA, C.E.; UGARTE-GUERRA, L.J.; WIGHTMAN, K.E. Smallholder production of agroforestry germplasm: experiences and lessons from Brazil, Costa Rica, México and Peru. **Forests, Trees and Livelihoods**, Perth, v. 19, n. 3, p. 201-216, 2010.

DOUST, S.J.; ERSKINE, P.D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, n. 1/3, p. 333-343, 2006.

DUZ, S.R.; SIMINSKI, A.; SANTOS, M.; PAULILO, M.T.S. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 587-596, 2004.

ELGAR, A.T.; FREEBODY, K.; POHLMAN, C.L.; SHOO, L.P.; CATTERALL, C.P. Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, p. 200, 2014.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The Ecology of Seeds**. Cambridge, U.K. Cambridge: University Press, 2005. 250p.

GALEÃO, R.R.; CARVALHO, J.O.P. de; YARED, J.A.G.; MARQUES, L.C.T.; COSTA FILHO, P.P. Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no estado do Pará. **Revista Ciência Agrárias**, Belém, n. 45, p. 101-120, 2006.

GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R. Permeability - impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

GÓMEZ-APARICIO, L.; GÓMEZ, J.M.; ZAMORA, R. Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. **Journal of Ecology**, Dordrecht, v. 93, n. 6, p. 1194-1202, 2005.

GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J.; BARAZA, B. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications**, Tempe, v. 14, n. 4, p. 1128-1138, 2004.

GOMES, J. M. **Comportamento silvicultural de espécies arbóreas plantadas em clareiras criadas pela exploração florestal de impacto reduzido na Amazônia Oriental**. Belém, 2013. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013.

GOMES, J.M.; OLEGÁRIO, J.; CARVALHO, P. de; GOMES, M.; NOBRE, N.V.; TAFFAREL, M.; Ferreira, J.E.R.; SANTOS, J.E.R. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 171-178, 2010.

GONÇALVES, J.L. de M.; NOGUEIRA JR., L.R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E. de; MORAES, L.F.D. de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 51-76.

GOODALE, U.M.; BERLYN, G.P.; GREGOIRE, T.G.; TENNAKOON, K.U.; ASHTON, M.S. Differences in survival and growth among tropical rain forest pioneer tree seedlings in relation to canopy openness and herbivory. **Biotropica**, Washington, v. 46, n. 2, p. 183-193, 2014.

HAAN, N.L.; HUNTER, M.R.; HUNTER, M.D. Investigating Predictors of Plant Establishment During Roadside Restoration. **Restoration Ecology**, Malden, v. 20, n. 3, p. 315-321, 2012.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro, 2012. 274p.

JAKOVAC, A.C.C.; BENTOS, T.V.; MESQUITA, R.C.G. **Enriquecimento de capoeiras na Amazônia Central**: Desenvolvimento de oito espécies nativas sob diferentes condições de luminosidade. Cidade:EMBRAPA, 2009. p. 4.

JENNINGS, S.B.; LOPES, J.C.A.; BROWN, N.D.; WHITMORE, T.C. Desempenho comparativo de mudas de espécies florestais em gradiente microclimático criado experimentalmente. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. (Ed.). **A silvicultura na Amazônia oriental**: contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. p. 227-251.

KETTLE, C.J. Seeding ecological restoration of tropical forests: Priority setting under REDD+. **Biological Conservation**, Essex, v. 154, p. 34-41, 2012.

KIMBALL, S.; LULOW, M.E.; MOONEY, K.A.; SORENSON, Q.M. Establishment and Management of Native Functional Groups in Restoration. **Restoration Ecology**, Malden, v. 22, n. 1, p. 81-88, 2014.

- KOLLMANN, J. Dispersal of fleshy-fruited species: a matter of spatial scale? **Perspectives in Plant Ecology**, Jena, v. 3, p. 29-51, 2000.
- MARON, J.L.; CRONE, E. Herbivory: effects on plant abundance, distribution and population growth. **Proceedings. Biological Sciences/The Royal Society**, London, v. 273, n. 1601, p. 2575-2584, 2006.
- MARTINS, S.S.; TAKAHASHI, L.Y.; BORGES, R.C.G. Desenvolvimento de algumas espécies florestais nativas em plantio de enriquecimento. **Revista Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 42, p. 239-242, 1990.
- MASSAD, T. J. Interactions in tropical reforestation - how plant defence and polycultures can reduce growth-limiting herbivory. **Applied Vegetation Science**, Malden, v.15, n.3, p. 338-348, 2012.
- MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia**, Berlin, v. 131, n. 2, p. 165-174, 2002.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Paragominas. 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/paragominas.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Tailandia, 2011. Disponível em: <<http://portaltailandia.com.br/wp-content/uploads/2012/12/Tudo-sobre-Tailandia.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Tomé-açú, 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/tomeacu.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.
- PARCIAK, W. Environmental variation in seed number, size, and dispersal of a fleshy-fruited plant. **Ecology**, Tampa, v. 83, n. 3, p. 780-793, 2002.
- PAWSON, S.M.; BRIN, A.; BROCKERHOFF, E.G.; LAMB, D.; PAYN, T.W.; PAQUETTE, A.; PARROTTA, J.A. Plantation forests, climate change and biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 22, n. 5, p. 1203-1227, 2013.
- PEREA, R.; GIL, L. Shrubs facilitating seedling performance in ungulate-dominated systems: biotic versus abiotic mechanisms of plant facilitation. **European Journal of Forest Research**, Freising, v. 133, n. 3, p. 525-534, 2014.
- PINTO, A.; AMARAL, P.; SOUZA JR., C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, B.R.; GOMES, B.G.; BALIEIRO, B.C. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do Município de Paragominas**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. 2009. 65p.(**Relatório Técnico**)

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RHOADES, C.; LOFTIS, D.; LEWIS, J.; CLARK, S. The influence of silvicultural treatments and site conditions on *American chestnut* (*Castanea dentata*) seedling establishment in eastern Kentucky, USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 7, p. 1211-1218, 2009.

RIBEIRO, D.S.; CRISTÓVAM, F.; CARVALHO, T.N. Sobrevivência de seis espécies florestais em uma área explorada seletivamente no município de Moju, Pará. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 153-163, 2003.

RONDON NETO, R.M.; LAGE, C.A.; BILIBIO, F.; SANTOS, A.R. dos. Enriquecimento de floresta secundária com cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.) e sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), em Alta Floresta (MT). **Revista Ambientia**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 103-109, 2011.

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

SIEBENEICHLER, S.C.; FREITAS, G.A. de; RIBEIRO, R.; ADORIAN, G.C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVERTOWN, J.; CHARLESWORTH, D. **Introduction to plant population biology**. 4th. ed. Oxford: Blackwell Science, 2001. 340p.

SMIT, C.; RIETKERK, M.; WASSEN, M.J. Inclusion of biotic stress (consumer pressure) alters predictions from the stress gradient hypothesis. **Journal of Ecology**, London, v. 97, n. 6, p. 1215-1219, 2009.

SOMMERS, K.P.; ELSWICK, M.; HERRICK, G.I.; FOX, G.A. Inferring micro-habitat preferences of *Lilium catesbaei* (Liliaceae). **American Journal of Botany**, Culumbus, v. 98, n. 5, p. 819-28, 2011.

SOUZA, C.R. de; AZEVEDO, C.P. de; LIMA, R.M.; MARCELO, L.; ROSSI, B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.

TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central forest in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 193-204, 2006.

THOMPSON, J.N.; WALCK, J.L.; HIDAYATI, S.N. Microhabitat requirements of the federally endangered *Dalea foliosa*, with recommendations on establishment of new populations. **BioOne**, Washington, v. 71, n. 2, p. 94-104, 2006.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação brasileira adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 340p.

VIERLING, K.T.; VIERLING, L.A.; GOULD, W. .; MARTINUZZI, S.; CLAWGES, R. M. Lidar: shedding new light on habitat characterization and modeling. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 6, n. 2, p. 90-98, 2008.

3 CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS MADEIREIRAS EM PLANTIOS DE ENRIQUECIMENTO ARTIFICIAL DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Resumo

Como alternativa para valorizar as florestas já exploradas, principalmente aquelas protegidas como Reserva Legal (RL) nas propriedades rurais, tem sido proposto o enriquecimento artificial de parte dessas RLs com espécies nativas para exploração econômica, visando recompor o potencial econômico dessas florestas alteradas, conseguindo com isso protegê-las e ainda diversificar a renda da propriedade. Entretanto há poucos resultados sobre o comportamento silvicultural dessas espécies nativas madeireiras, principalmente sobre o crescimento dessas espécies plantadas no interior de florestas e seus fatores condicionantes. O objetivo deste estudo foi identificar quais as condições de microssítio influenciaram o crescimento de espécies nativas madeireiras utilizadas no enriquecimento artificial de florestas remanescentes alteradas na Amazônia (RL). As áreas de estudo localizam-se na região nordeste do Pará e estão inseridas no bioma amazônico, mais especificamente na fisionomia de Floresta Ombrófila Densa. As espécies plantadas foram *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*. As mudas plantadas e estabelecidas foram avaliadas aos 9 e 19 meses pós-plantio. Os microssítios das áreas de estudo foram caracterizados quanto a herbivoria, cobertura de trepadeiras, número de plântulas de outras espécies nativas circundantes e luz direta incidente e luz difusa. Para análise estatística foram considerados modelos lineares de efeitos mistos para análise da altura, considerando as variáveis explanatórias do microssítio. Os resultados mostraram que a herbivoria não interferiu no crescimento das espécies avaliadas, enquanto a luz direta e luz difusa alta tiveram efeito positivo nesta variável. *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* tiveram crescimento máximo quando expostas à luz direta. As espécies avaliadas tiveram maior crescimento em locais com mais trepadeiras, provavelmente à maior incidência de luz tenha possibilitado o crescimento das trepadeiras e das espécies plantadas, exceto para *Hymenaea courbaril*, em que as interações alto nível de trepadeiras x luz difusa alta e alto nível de trepadeiras x luz direta apresentaram efeito negativo no crescimento da espécie. O crescimento da espécie *Cordia goeldiana* foi afetado negativamente pelo número de plântulas de outras espécies nativas circundantes.

Palavras-chave: Restauração florestal; Plantios de Enriquecimento; Crescimento de espécies arbóreas; Microssítio de crescimento; Limitação ao crescimento

Abstract

As an alternative to value the forests already exploited, especially those protected as Legal Reserve (LR) on farms, it has been suggested the artificial enrichment of these LRs with native species for economic exploitation, aiming to restore the economic potential of these disturbed forests, and with that protecting them and also diversify the income of the property. However there are few results on the silvicultural behavior of native timber species,

especialmente sobre o crescimento dessas espécies plantadas dentro das florestas e seus fatores condicionantes. O objetivo deste estudo foi identificar quais condições micro-sítio influenciaram o crescimento de espécies nativas de madeira utilizadas no enriquecimento artificial de remanescentes florestais na Amazônia (LR). As áreas de estudo estão localizadas na região nordeste do Pará e estão inseridas na Amazônia biótica, especificamente na face de uma Floresta Montana Umbrofilus Densa. As espécies plantadas foram *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*. As mudas plantadas e estabelecidas foram avaliadas aos 9 e 19 meses após o plantio. Os micro-sítios da área de estudo foram caracterizados pela herbivoria, cobertura de vinhas, número de mudas de espécies nativas e incidência direta e difusa de luz. Para a análise de dados, modelos mistos lineares foram utilizados para analisar o crescimento, considerando as variáveis explicativas dos micro-sítios. Os resultados mostraram que a herbivoria não afetou o crescimento das espécies testadas, enquanto a incidência direta ou alta de luz difusa teve um efeito positivo sobre esta variável. *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* tiveram o maior crescimento quando expostas à luz direta. As espécies testadas tiveram maior crescimento em locais com mais vinhas, provavelmente devido à maior incidência de luz, que pode ter permitido o crescimento das vinhas e das espécies plantadas, exceto para *Hymenaea courbaril*, em que a interação de alto nível de vinhas x alta luz difusa e alto nível de vinhas x luz direta teve um efeito negativo sobre o crescimento das espécies. O crescimento de *Cordia goeldiana* foi negativamente afetado pelo número de mudas de espécies nativas ao redor.

Palavras-chave: Restauração florestal; Plantio de enriquecimento; Crescimento de espécies arbóreas; Micro-sítios; Limitação ao crescimento

3.1 Introdução

O Brasil está entre os países com maiores índices de desmatamento, a Amazônia sendo a maior produtora, e líder mundial em consumo de madeira tropical, a qual tem 64% da produção consumida no país. A degradação desenfreada da floresta, seja pela atividade agropecuária ou pela exploração de espécies procuradas pelo mercado madeireiro, poderá provocar a perda irreversível das áreas florestais da Amazônia.

Segundo Nepstad et al. (2014), o recente declínio de 70% no desmatamento na Amazônia brasileira sugere que é possível administrar o avanço da fronteira agrícola. O cumprimento das leis, intervenções nas cadeias de soja e de abastecimento de carne bovina, as restrições de acesso ao crédito e expansão das áreas protegidas parecem ter contribuído para esse declínio, assim como ao declínio na demanda por novos desmatamentos. Sistemas de incentivos aos agricultores para acabar com o desmatamento foram concebidos, mas não totalmente implementados. Ao nível territorial de desmatamento têm sido eficazes e poderia consolidar os progressos na redução do desmatamento, o que ajudaria a alcançar dimensões importantes do desenvolvimento sustentável.

Como alternativa para mitigar os efeitos da exploração florestal, tem-se feito o enriquecimento de florestas secundárias com espécies nativas de interesse comercial. Essa técnica pode agregar valor às florestas secundárias e renda da propriedade, além de evitar a destruição da floresta primária (BRIENZA JÚNIOR 2012; BRIENZA JÚNIOR et al., 2008; RONDON NETO et al., 2011; SOUZA et al., 2008). Essa intervenção silvicultural em florestas degradadas é um excelente investimento para o produtor rural, uma vez que a renda gerada por ele, no longo prazo, pode ser maior que aquela obtida pela agricultura ou pecuária convencional (BRIENZA JÚNIOR et al., 2008).

O crescimento das espécies utilizadas no enriquecimento pode ser desfavorecido por fatores bióticos e abióticos, dependendo do microssítio no qual são inseridas (SOMMERS et al., 2011; PEREA; GIL, 2014). Deve-se levar em consideração o tamanho da abertura no dossel florestal que influencia o crescimento das espécies devido às suas preferências por locais onde há maior ou menor intensidade de radiação solar (JARDIM et al., 2007; JARDIM; SOARES, 2010). Para que essas deficiências não se manifestem é fundamental a identificação das barreiras ecológicas que possam comprometer o desenvolvimento dos indivíduos plantados, adequação de metodologias de restauração e adoção das melhores formas de manejo para as áreas restauradas.

Após identificadas as principais barreiras ecológicas na fase inicial de desenvolvimento das mudas, as mesmas poderão ser manejadas para favorecer o crescimento e o desenvolvimento de madeira de melhor qualidade dos plantios de enriquecimento florestais com fins econômicos (D'OLIVEIRA; BRAZ, 2006).

O objetivo do estudo foi identificar quais condições de microssítio influenciam o crescimento de espécies florestais nativas utilizadas no enriquecimento de florestas remanescentes na Amazônia. Neste sentido, foi elaborada as seguintes perguntas para esse capítulo: 1 - As mudas de espécies nativas madeireiras que conseguem se estabelecer, também conseguem crescer? 2 - Quais fatores ambientais condicionam o crescimento dessas espécies usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia? Foram testadas as seguintes hipóteses: 1) A altura das espécies é limitada por maiores níveis de herbivoria; 2) Maior cobertura de trepadeiras ocasiona menor altura das espécies florestais; 3) A altura das espécies florestais é menor em locais com maiores densidades de plântulas regenerantes; 4) As espécies florestais têm maior altura em áreas com maior incidência de luz difusa.

3.2 Material e Métodos

Áreas de estudo

O enriquecimento das áreas de Reserva Legal foi executado em três propriedades (fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz) localizadas na região nordeste do estado do Pará (Figura 3.1), as quais têm como atividade predominante a pecuária de corte, possuem histórico de exploração madeireira e características ambientais muito semelhantes.

A avaliação das mudas nas áreas de enriquecimento florestal e a caracterização do microsítio foram realizadas 9 meses após o plantio das mudas, iniciado no mês de janeiro/2013 e 10 meses após a primeira avaliação, ou seja, no 19º mês de plantio, novembro/2013.

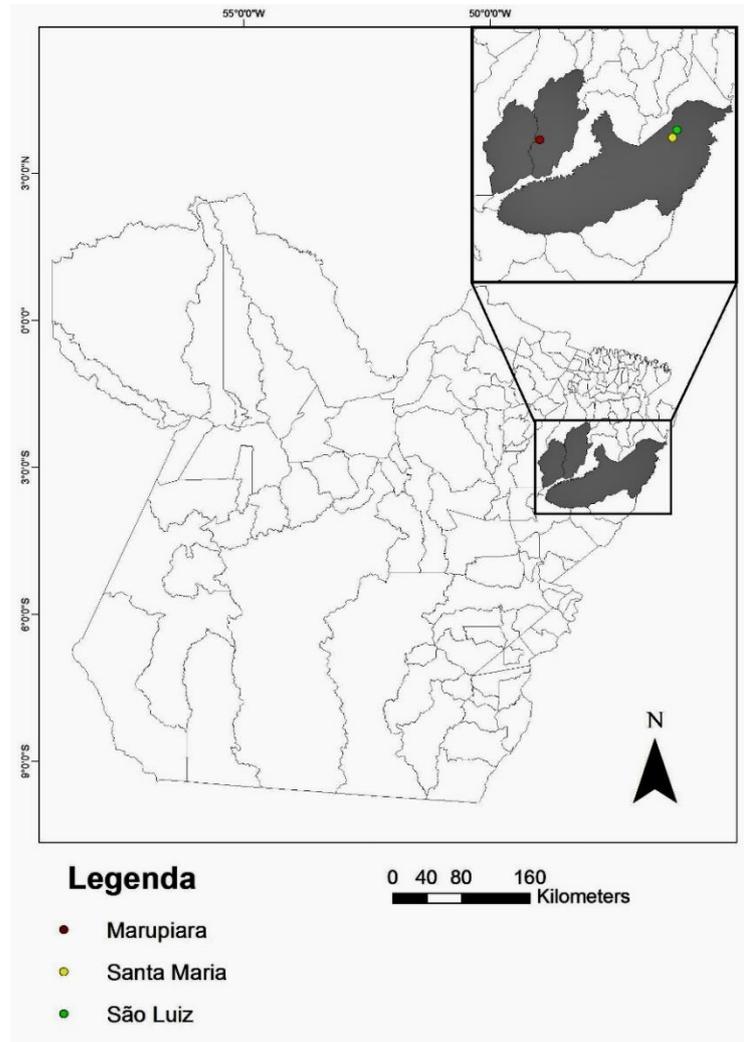


Figura 3.1 - Municípios paraenses onde estão localizadas as áreas de estudo

Fonte: Dados da pesquisa.

A fazenda Marupiara localiza-se nos municípios de Tailândia e Tomé-açu, coordenada $02^{\circ}48'00''$ de latitude sul e $42^{\circ}30'00''$ de longitude a oeste, mesorregião nordeste paraense. O clima local é, segundo a classificação de Köppen, Afi, tropical úmido. O local apresenta maior índice pluviométrico no inverno, concentrado entre os meses de janeiro a junho, e pluviosidade anual é de 2.250 a 2.500 mm. A umidade relativa do ar é próxima a 85% e a temperatura varia entre 22° a 31°C . A fazenda situa-se na bacia hidrográfica do rio Capim e altitude média de 35 metros (SEPOF, 2011).

As fazendas São Luiz e Santa Maria localizam-se no município de Paragominas, coordenada $03^{\circ}13'00''$ de latitude sul e $47^{\circ}40'00''$ de longitude a oeste e $02^{\circ}48'00''$ de latitude sul e $47^{\circ}00'00''$ de longitude a oeste respectivamente, mesorregião nordeste paraense. O clima é segundo a classificação de Köppen, Afi, tropical úmido, com pluviosidade anual de 2.250 mm e 2.500 mm, concentrada no inverno. A temperatura média anual é de $25,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de 85%. O município possui duas bacias hidrográficas, sendo que a do rio

Capim, ocupa 54% da área do município, e a do rio Gurupi, os 46% restantes. A altitude média do município é de 40 metros (SEPOF, 2011).

As florestas remanescentes onde foram feitos os plantios de enriquecimento, são do tipo Ombrófila Densa (VELOSO et al.,1991) e IBGE (2012) e solo do tipo Latossolo Amarelo, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2009), o qual representa 95% do solo de Paragominas (SEPOF, 2011).

Plantio, amostragem e escolha das espécies

O plantio das mudas foi iniciado em abril de 2012. As espécies foram plantadas em talhões de 200 x 200 metros (4 ha) (Figura 3.2), os quais foram dispostos de forma aleatória para melhor logística de tratos culturais e colheita dos indivíduos plantados quando atingirem o tamanho ótimo para exploração. Cada talhão foi constituído de 25 linhas, sendo que cada linha tem 200 metros de comprimento, contendo 25 indivíduos. O espaçamento entre as mudas foi de 8 metros, tanto na linha quanto na entrelinha. Portanto, em cada talhão, haviam 625 indivíduos.

Foram escolhidos, para o estudo observacional, dois talhões de cada espécie em cada fazenda, plantada para representar o plantio de enriquecimento, sendo que em cada talhão foram amostradas 4 de 25 linhas, para tanto, utilizando-se a técnica de amostragem sistemática (IBGE, 2012), sendo possível identificar mudanças espaciais na vegetação, luz e etc. Em cada talhão, avaliaram-se 100 mudas, sendo 25 mudas da 4^a, 8^a, 12^a e 16^a linha (Figura 3.2).

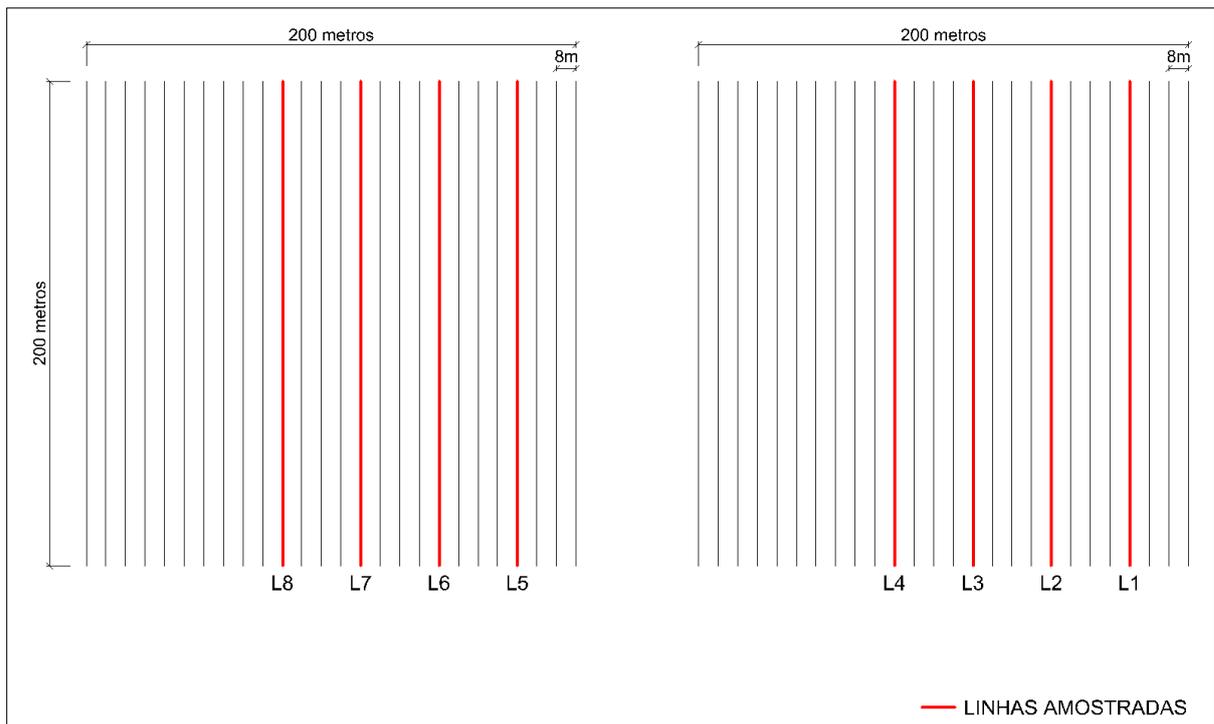


Figura 3.2 - Amostragem sistemática em dois talhões para representar cada espécie do plantio de enriquecimento
 Fonte: Dados da pesquisa.

As espécies do enriquecimento florestal foram escolhidas com base nos levantamentos realizados durante o Programa de Adequação Ambiental do LERF nos fragmentos remanescentes das propriedades. A partir desses levantamentos, foi elaborada uma lista de espécies adaptadas às condições de florestas remanescentes, baseado nesta lista, realizou-se uma seleção junto aos proprietários, das espécies que teriam maior viabilidade no enriquecimento florestal.

Em cada uma das três propriedades (Marupiara, Santa Maria e São Luiz), foram definidas algumas espécies do plantio de enriquecimento para serem avaliadas (Tabela 3.1), sendo essas secundárias e clímax de ocorrência regional nas florestas da região. As espécies finais de sucessão escolhidas são adaptadas ao ambiente de interior de florestas e responsáveis pela regeneração e restabelecimento da dinâmica florestal.

Tabela 3.1 - Espécies monitoradas quanto a sobrevivência e crescimento no plantio de enriquecimento, propriedade em que foi plantada, nome popular, nome científico, grupo ecológico, número de indivíduos e talhões amostrados

Prop.	Nome popular	Nome científico	Grupo Ecológico	n° indivíduos	n° talhões
M, SM, SL	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	SI	600	6
M, SM	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	SI; ST	400	4
M, SM, SL	Freijó-Cinza	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	P; SI	600	6
M, SM, SL	Ipê amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	SI	600	6
M, SM, SL	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	ST; C	600	6

Nota: Prop.= propriedade; M = Marupiara; SM = Santa Maria; SL = São Luiz; P = Pioneira; SI = Secundária Inicial; ST = Secundária Tardia; C = Clímax; n° indivíduos = número de indivíduos amostrados; n° talhões = número de talhões amostrados.

Fonte: Dados da pesquisa.

Houve limpeza das trilhas nas áreas de plantio das fazendas no início de 2012 (época do plantio) e no início de 2013, sendo que, em cada limpeza das trilhas, adicionaram-se aproximadamente 12, 60 e 12g de N, P₂O₅, K₂O por muda, respectivamente, sendo a adubação importante devido aos baixos níveis de nutrientes no solo (Tabela 2.5), veja no capítulo anterior. As avaliações das mudas foram feitas em dezembro de 2012 e outubro de 2013.

Avaliação do plantio de enriquecimento florestal

Para caracterização do plantio de enriquecimento avaliou-se:

a) Altura: Medida no tempo 1 (9 meses) e tempo 2 (19 meses), do colo até a parte mais alta da planta com auxílio de fita centimétrica. Foram usados indivíduos vivos que cresceram ou não. Os dados foram usados para calcular o crescimento nesse intervalo.

$$\text{Crescimento} = H_f - H_0$$

H_f: Altura aos 19 meses

H₀: Altura aos 9 meses

Caracterização do microssítio

Avaliaram-se as características dos microssítios que podem influenciar o crescimento das espécies usadas no plantio de enriquecimento, as quais foram observadas no tempo 1 (9 meses após o plantio) e tempo 2 (19 meses após o plantio).

Fatores bióticos

a) Herbivoria: ataque de partes vegetais do indivíduo plantado por herbívoros, como formigas, gafanhotos, besouros e lagartas, sendo determinada visualmente pelo mesmo observador.

Para classificação dos níveis de herbivoria, fez-se escala de notas, considerando a porcentagem da planta atacada: nível baixo - 0 a 50% e nível alto - 51% a 100% (Figura 3.3).

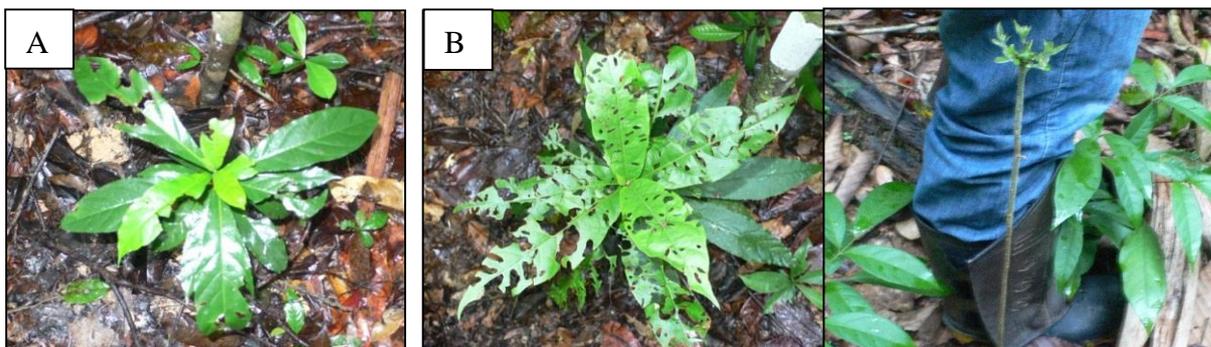


Figura 3.3 - Níveis baixo (A) e alto (B) de herbivoria em plantas de freijó
Fonte: Dados da pesquisa.

b) Trepadeiras: a cobertura de trepadeiras ao redor da muda pode competir por nutriente, água e/ou envolvê-la até a mesma não conseguir realizar fotossíntese. Esta variável, coletada por apenas um observador, determinou a cobertura de trepadeiras em um raio de 1 metro dos indivíduos plantados. Para demarcar o raio de amostragem, utilizou-se uma vareta de um metro e determinou-se o limite ao redor das mudas (Figura 3.4).

A classificação dos níveis de trepadeiras foi executada por escala de notas, considerando a porcentagem de cobertura do solo por trepadeiras: pouca trepadeira - 0 a 50%; muita trepadeira - 51% a 100%.

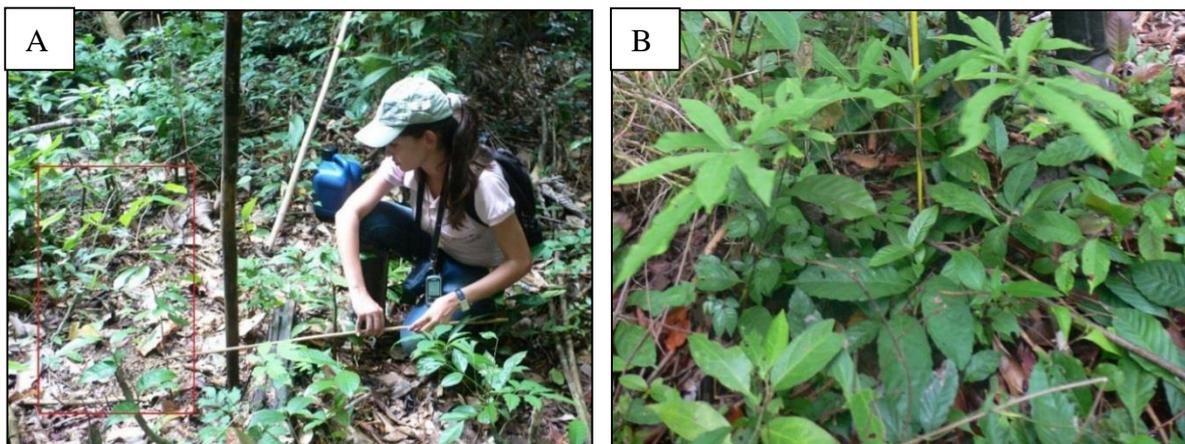


Figura 3.4 - Pouca (A) e muita (B) trepadeira em mudas de jatobá e freijó. Vareta utilizada para demarcar a área a ser observado o nível de trepadeiras. A espécie plantada encontra-se destacada (A)

Fonte: Dados da pesquisa.

c) Plântulas (competidores): o número de plântulas de espécies nativas ao redor da muda, pode competir por nutriente e água. Esta variável, avaliada por apenas um observador, determinou o número de plântulas existentes em um raio de 1 metro dos indivíduos plantados. Para demarcar o raio de amostragem, utilizou-se uma vareta de um metro e determinou-se o limite ao redor das mudas (Figura 3.4-A).

Fatores abióticos

a) Luz difusa: feixes de luz que passam por pequenos orifícios no dossel, podendo contribuir para o crescimento dos indivíduos plantados. Esta variável foi coletada pelo mesmo observador. A luz difusa incidente nas mudas foi classificada em: luz difusa baixa, moderada, alta e luz direta (Figura 3.5).

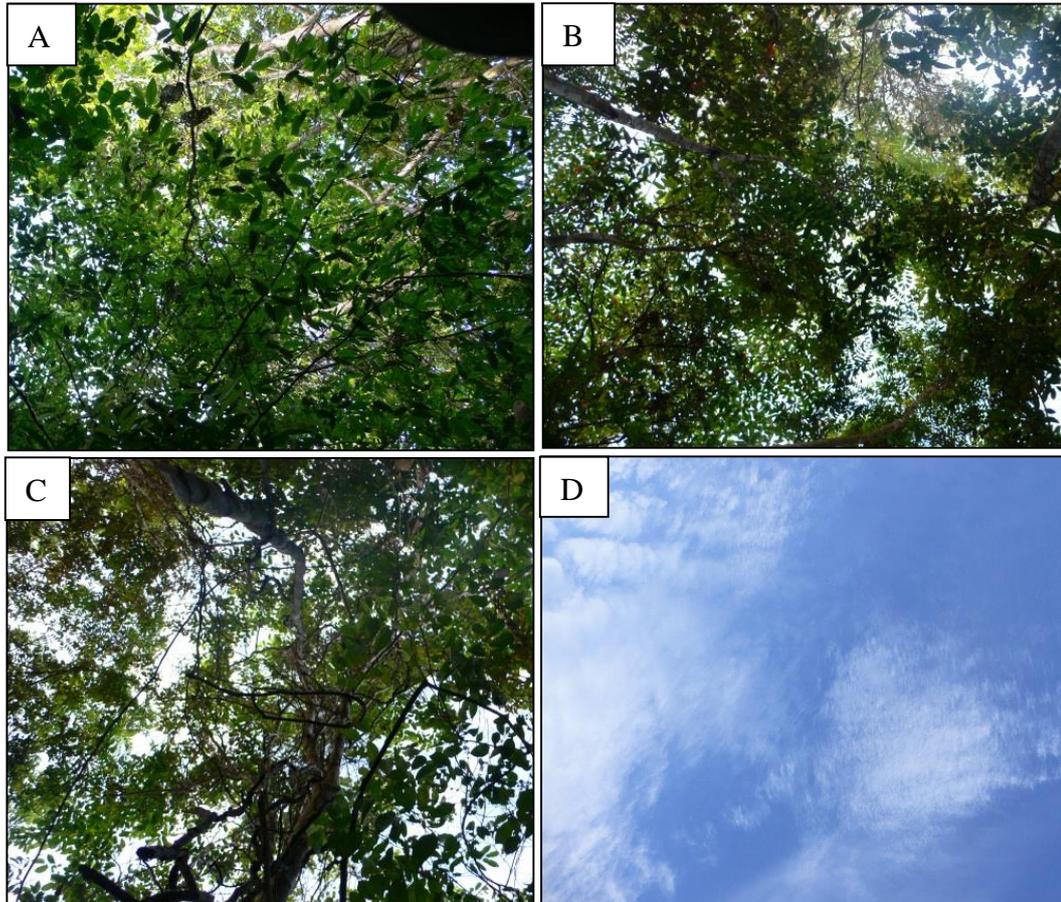


Figura 3.5 - Incidência de luz difusa baixa (A), moderada (B), alta (C) e luz direta (D)
Fonte: Dados da pesquisa.

b) Pluviosidade: os dados de pluviosidade apresentados na figura 3.6 foram coletados nas estações meteorológicas de cada fazenda desde o período de plantio até a segunda avaliação das mudas.

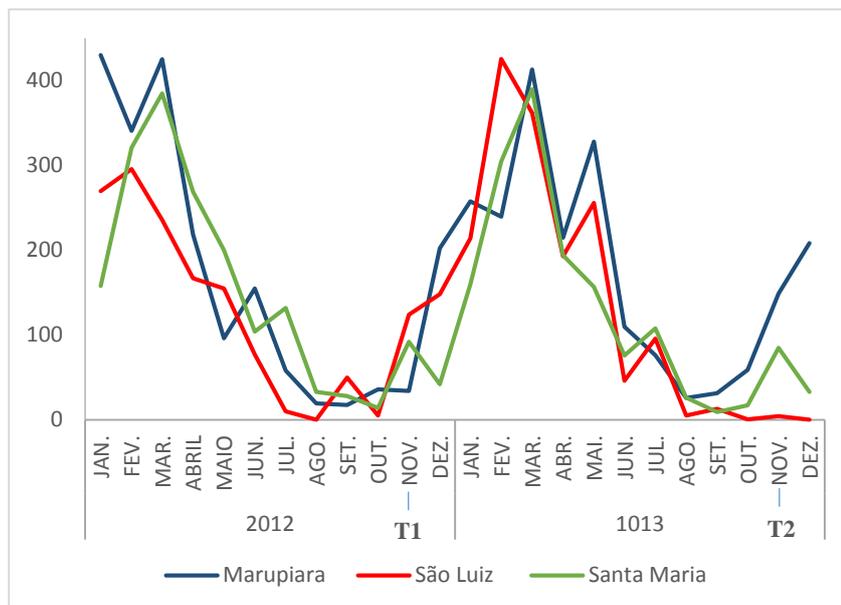


Figura 3.6 - Precipitação nas fazendas Marupiara, São Luiz e Santa Maria do plantio na primeira (T1) e segunda (T2) avaliação

Fonte: Dados da pesquisa.

Análise de dados

Construção e seleção de modelos lineares de efeitos mistos (LMEM)

Para a construção do modelo completo, foram considerados como fatores fixos: primeira e segunda avaliações, herbivoria, trepadeiras, número de plântulas, luz, bem como todas as interações entre esses fatores e a altura da planta. Nesse caso, não foram considerados indivíduos mortos para a construção dos modelos.

A estimativa dos efeitos fixos corresponde à altura das espécies e dos respectivos fatores estudados. Dessa forma, o intercepto é o valor médio da altura na primeira avaliação em sítios com pouca trepadeira e luz difusa baixa (restrição do modelo). Para obter o valor da altura média da espécie quando submetida a um sítio com muita trepadeira e luz difusa alta, por exemplo, deve-se somar o valor do intercepto com os valores dos fatores em questão, e deve-se proceder da mesma forma para saber a influência dos outros fatores. Na segunda avaliação, o valor médio da altura em sítios com pouca trepadeira e luz difusa baixa (restrição do modelo) é o resultado da soma dos valores do intercepto e da segunda avaliação. O valor médio de altura da segunda avaliação em sítios específicos (trepadeira e luz difusa) é obtido somando o valor em altura do intercepto, da segunda avaliação e de influência do sítio.

Houve a necessidade da transformação logarítmica para a normalização dos dados de altura das espécies *Cedrela Fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril*, pois elas não apresentaram os valores reais de altura nas interações.

Os níveis das variáveis explanatórias luz, trepadeiras, plântulas e herbivoria foram consideradas como categóricas do tipo presença e ausência (0 ou 1).

Como as fazendas são uma amostra aleatória representativa da população de fazendas da região, foram consideradas como de efeito aleatório. Assim, o modelo é dado por:

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\mu} + \mathbf{X}_t\boldsymbol{\tau} + \mathbf{Z}\mathbf{b} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

sendo que,

$$\mathbf{b} \sim N(\mathbf{0}; \mathbf{G});$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} \sim N(\mathbf{0}; \boldsymbol{\Sigma}),$$

em que $\boldsymbol{\mu}$ é a média geral, \mathbf{X}_t é a matriz de delineamento de dimensões $N \times p$ associada aos fatores de efeito fixo, bem como as interações entre os mesmos, \mathbf{Z} é a matriz de delineamento de dimensões $N \times q$ associada ao efeito aleatório, $\boldsymbol{\tau}$ é o vetor de parâmetros de efeitos fixos de dimensão p , \mathbf{b} é um vetor de efeitos aleatórios de dimensão q e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor de erros de dimensão N .

Para que o modelo fosse estimável, foi considerada a restrição de que o nível mais baixo dos fatores é igual a zero. A partir do modelo completo, foi realizada uma seleção de modelos como proposto em Oliveira (2014), para, assim, obter o modelo mais parcimonioso. Para a seleção da parte fixa do modelo, foi utilizado o método da máxima verossimilhança para a estimativa dos efeitos fixos. Para a seleção da parte aleatória do modelo, foi utilizado o método da máxima verossimilhança restrita para a estimação dos parâmetros de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. De forma geral, os modelos foram comparados por meio do teste da razão de verossimilhanças, que segue assintoticamente a distribuição qui-quadrado com $p_c - p_r$ graus de liberdade, em que p_c é o número de parâmetros do modelo completo e p_r o número de parâmetros do modelo reduzido.

Em seguida, parte-se para seleção da estrutura de variâncias e covariâncias da matriz $\boldsymbol{\Sigma}$. Para modelar a heterocedasticidade dos dados, também, podem ser utilizadas uma ou mais funções de variâncias, como as propostas por Pinheiro e Bates (1995). Assim, adotou-se aqui a seguinte função de variância:

$$f(v, \phi) = v^\phi, \quad (2)$$

em que v representa uma covariável da variância e ϕ é o coeficiente da função de variância. Assim, a variância do modelo pode ser representada pela seguinte classe:

$$Var [\varepsilon] = \sigma^2 | v |^\phi \quad (3)$$

Selecionado o modelo preditivo, partiu-se para a análise de diagnóstico, que, de forma geral, pode ser realizada observando os gráficos de dispersão e de normalidade para o resíduo condicional e para os efeitos aleatórios.

Assim, para verificar a homoscedasticidade, comumente, pode-se utilizar o gráfico dos elementos de $\widehat{\boldsymbol{\varepsilon}}/\widehat{\boldsymbol{\sigma}}$, em que $\widehat{\boldsymbol{\sigma}}$ é um estimador de σ , em função de $\widehat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\widehat{\boldsymbol{\beta}} + \mathbf{Z}\widetilde{\mathbf{b}}$. No entanto, como os modelos apresentaram heterogeneidade de variâncias entre as áreas em função do tempo, foi necessária a inclusão de uma das estruturas de variâncias que acomodasse tal heterocedasticidade. No modelo preditivo, não ocorreu mudança na estrutura fixa após a modelagem da heterocedasticidade.

Já para verificar a normalidade do resíduo condicional, pôde-se utilizar o gráfico dos resíduos condicionais padronizados em função dos quantis da distribuição normal padrão com adição de um envelope simulado (MORAL, 2013). Em relação à normalidade dos efeitos aleatórios, foram aplicados os gráficos meio-normais de probabilidade com envelope simulado para cada efeito aleatório.

Em seguida, calcularam-se os intervalos de confiança aproximados a 95% para os componentes de variância e covariância e para os efeitos fixos utilizando distribuições aproximadas para as estimativas de máxima verossimilhança e de máxima verossimilhança restrita e o teste t condicional a 0,05 de probabilidade, como descrito por Pinheiro e Bates (1995).

3.3 Resultados e discussão

Crescimento médio das espécies

A *Carapa guianensis* apresentou, aos 9 meses, altura média de 88.8 cm, enquanto *Cedrela Fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* assinalaram 36.3, 44.2, 41.7 e 59.2 cm, respectivamente. Além de maior altura média na avaliação inicial, a *Carapa guianensis* revelou maior incremento, 24.4 cm, entre as duas avaliações, assim, obtendo, aos 19 meses, altura de 113.2 cm (Figura 3.7). As demais espécies

Cedrela Fissilis, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* apontaram incremento de 2.6, 14.8, 11.6 e 7.4 cm e altura final 38.9, 59, 53.3 e 66.6, respectivamente (Figura 3.7).

Esses resultados mostram que as mudas de *Carapa guianenses*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* que conseguem se estabelecer, também conseguem crescer. Já a espécie *Cedrela fissilis* não apresentou crescimento significativo. Essa hipótese estatística foi respondida para cada espécie no tópico a seguir.

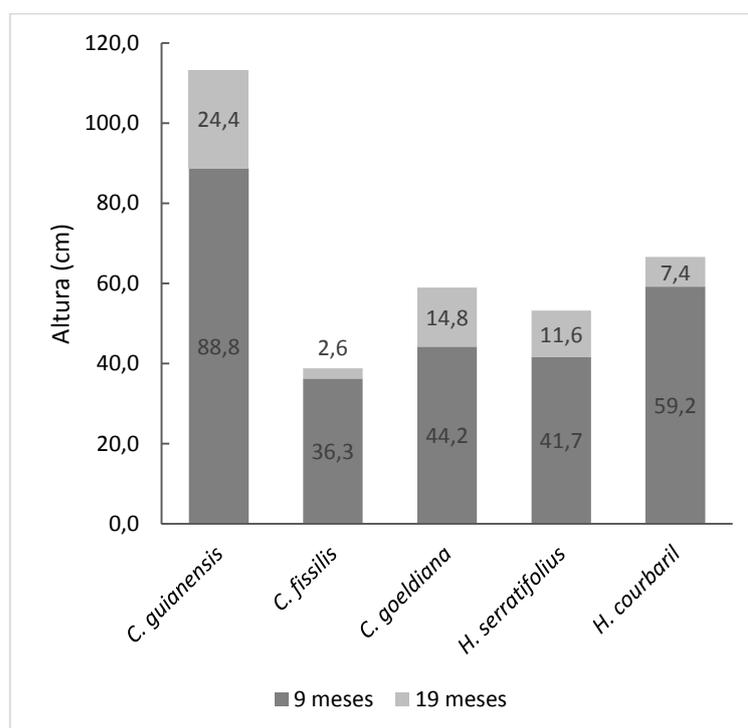


Figura 3.37 - Média da altura e incremento das espécies 9 e 19 meses após o plantio de enriquecimento florestal
Fonte: Dados da pesquisa.

Influência do microssítio no crescimento das espécies usadas no enriquecimento

Nesta seção, encontram-se os modelos de ajuste que evidenciam como as variáveis do microssítio influenciaram o crescimento em altura de cada espécie utilizada no plantio de enriquecimento. Nos apêndices A, B, C, D e E, encontram-se os gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado, resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos, meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e a análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade.

***Carapa guianensis* Aubl. (andiroba)**

O crescimento da *Carapa guianensis* sofreu efeito do intervalo entre as avaliações, incidência de luz difusa e da interação tempo x muita trepadeira (Tabela 3.2). Todavia o nível de herbivoria incidente e as plântulas de espécies nativas que circundam as mudas do plantio não tiveram efeito no crescimento.

O modelo preditivo para a altura da espécie é:

$$\widehat{Alt} = 80 + 21,84 x_T - 1,06 x_{ML} + 9,49 x_T x_{ML} + 4,14 x_{LDM} + 10,12 x_{LDA} + 9,01 x_{LD} \quad (4)$$

em que, \widehat{Alt} é a altura estimada das mudas, x_T é o tempo, x_{MT} muita trepadeira, x_{LDM} luz difusa média, x_{LDA} luz difusa alta e x_{LD} luz direta.

O crescimento da espécie entre as fazendas foi maior em Marupiara, onde os indivíduos tinham em média 85,54 cm, seguido de São Luiz e Santa Maria com 81,45 e 73,02 (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.)

Efeitos fixos						Efeitos Aleatórios			
CV	Estimativa	Erro padrão	GL	valor-t	p-valor	CV	Mar	S.M.	S.L.
Intercepto	80,00	4,10	864	19,51	<0,001	Intercepto	85,54	73,02	81,45
2ª avaliação	21,84	1,82	864	11,99	<0,001	Valor preditivo	5,53	-6,98	1,45
Muita trepadeira (MT)	1,06	2,24	864	0,47	0,63				
Luz difusa média	4,14	2,04	864	2,03	<0,04				
Luz difusa alta	10,12	2,11	864	4,81	<0,001				
Luz direta	9,01	2,42	864	3,73	<0,001				
2ª avaliação x (ML)	9,49	5,00	864	2,20	<0,03				

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme descrito na tabela 3.2, a espécie *Carapa guianensis*, na primeira avaliação, apresentou em média 80,0 cm de altura e, na segunda avaliação, 21,84 cm de incremento médio.

Além do incremento médio significativo obtido na segunda avaliação, a espécie teve crescimento quando submetida a diferentes níveis de luz difusa. Dessa forma, o fator luz baixa é a restrição do modelo, ou seja, o de menor interferência no crescimento das mudas. As

mudas expostas à luz difusa média tiveram crescimento de 4,14 cm a mais do que aquelas expostas à baixa intensidade luminosa, porém sem diferença significativa. O efeito da luz direta e luz difusa alta proporcionou crescimento médio em 9,01 e 10,16 cm, respectivamente em relação às espécies submetidas à baixa luminosidade, não ocorrendo, entretanto, diferença significativa entre esses fatores (Tabela 3.3).

As mudas de *Carapa guianensis* tiveram maior crescimento a pleno sol, 9,01 cm, e em altos níveis de luz 10,16 cm em relação àquelas sob níveis médios e baixos (Tabela 3.3 e Figura 3.8-A). Esses resultados são confirmados por Souza et al. (2008), em que *Carapa guianensis* plantada a pleno sol tende a crescer mais. Dessa forma, observa-se a necessidade de manejo das copas das árvores onde não há entrada de luz pelo dossel nas linhas de enriquecimento florestal a fim de um incremento em relação à altura para essa espécie.

A interação entre maiores coberturas de trepadeiras e época de avaliação (segunda avaliação) foi significativa, com incremento médio de 11 cm a mais nas mudas com maior cobertura de trepadeiras em relação àquelas que se encontravam em microssítios com menor cobertura de trepadeiras (Tabela 3.3 e Figura 3.8-B). Entretanto acredita-se que a quantidade de luz que entra pelo dossel tende a influenciar tanto o crescimento da espécie quanto o crescimento das trepadeiras que a circundam, ao longo do tempo, acarretando em competição entre as plantas, o que influenciaria negativamente o crescimento das espécies utilizadas na restauração. Estudos como da SFAIR et al. (2013) e Ladwig et al. (2010) revelaram que maiores níveis de trepadeiras estão diretamente relacionados com grande quantidade de luz e, quando estas plantas estão presentes ao redor de plântulas, formam um microssítio que desfavorece o desenvolvimento e crescimento das últimas devido à competição por luz, água e nutrientes. Por conseguinte, há necessidade de diminuir os intervalos entre as limpezas das trilhas onde há maior incidência de luz no plantio de enriquecimento com *Carapa guianensis*.

Tabela 3.3 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância

CV	Efeitos Fixos			CV	Efeitos Aleatórios		
	LI	Est.	LS		LI	Est.	LS
Intercepto	71,95	80,00	88,05	$\sigma_{fazenda}^2$	2,33	6,52	18,29
2ª avaliação	18,27	21,84	25,41	$\sigma_{SM_1}^2$	1,29	1,56	1,87
Muita trepadeira (MT)	-3,34	1,06	5,45	$\sigma_{SL_1}^2$	0,97	1,14	1,33
Luz difusa média	0,14	4,14	8,13	$\sigma_{M_2}^2$	0,73	0,89	1,08
Luz difusa alta	6,01	10,16	14,30	$\sigma_{SM_2}^2$	0,99	1,19	1,44
Luz direta	4,27	9,01	13,76	$\sigma_{SL_2}^2$	1,09	1,32	1,61
2ª avaliação: (ML)	0,33	9,49	19,31		1,54	2,10	2,66
				<i>EP</i>	0,00	0,00	0,02

Nota: $\sigma_{fazenda}^2$ é o componente de variância de fazenda, $\sigma_{SM_1}^2$ e $\sigma_{SL_1}^2$ são os componentes de variância das fazendas Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 1 e $\sigma_{M_2}^2$, $\sigma_{SM_2}^2$, $\sigma_{SL_2}^2$ são os componentes de variância das fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 2 e *EP* é o erro padrão dentro do grupo (indivíduos).

Fonte: Dados da pesquisa.

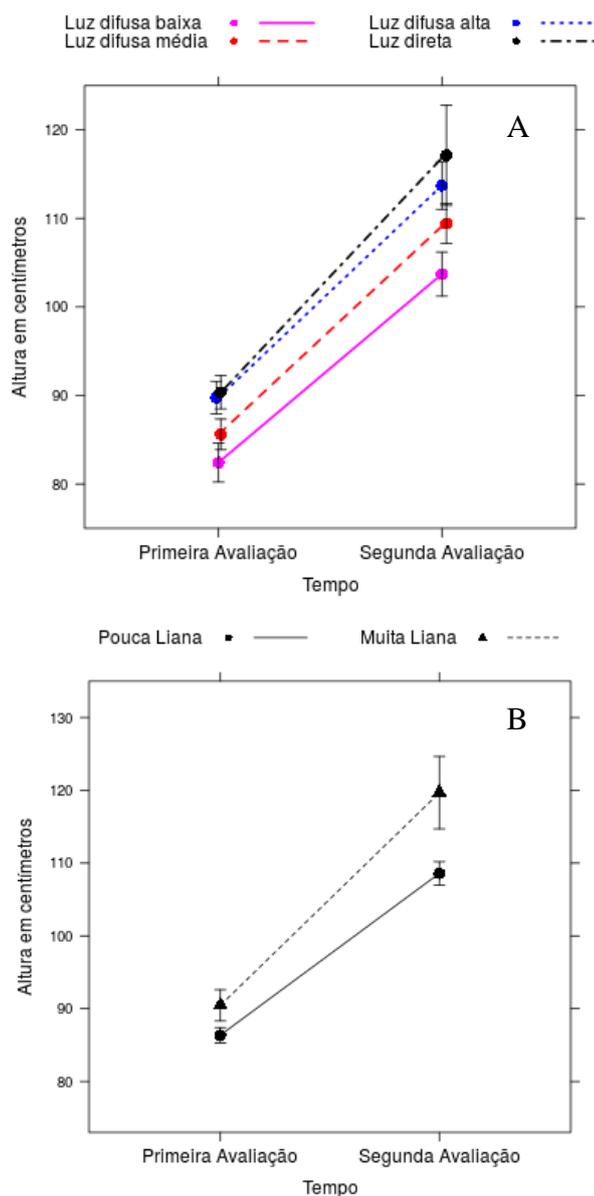


Figura 3.8 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie *Carapa guianensis*, com adição do erro padrão da média

Fonte: Dados da pesquisa.

***Cedrela fissilis* Vell. (cedro)**

O crescimento da espécie *Cedrela fissilis* teve efeito da quantidade de trepadeiras e incidência de luz difusa (Tabela 3.4). Entretanto o crescimento entre o intervalo das avaliações, o nível de herbivoria nas mudas e a quantidade de plântulas circundantes não apresentaram influência no crescimento da espécie (Tabela 3.4).

O modelo preditivo para a altura da espécie é:

$$\ln(\widehat{Alt}) = 3,39 - 0,02 x_T + 0,11x_{ML} - 0,09 x_{LDM} + 0,11 x_{LDA} + 0,31 x_{LD} \quad (5)$$

em que, \widehat{Alt} é a altura estimada das mudas, x_T é o tempo, x_{MT} é muita trepadeira, x_{LDM} é luz difusa média, x_{LDA} é luz difusa alta e x_{LD} é luz direta.

Considerando o efeito de fazenda, pôde-se notar que o crescimento da espécie teve comportamento semelhante nas fazendas Marupiara e Santa Maria (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as previsões dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.)

Efeitos fixos						Efeitos Aleatórios		
CV	Estimativa	Erro padrão	GL	valor-t	p-valor	CV	Mar	S.M.
Intercepto	3,39	0,05	546	66,34	< 0,001	Intercepto	3,42	3,36
2ª avaliação	-0,02	0,04	546	-0,45	0,66	Valor preditivo	0,03	-0,03
Muita trepadeira (MT)	0,11	0,05	546	2,26	0,02			
Luz difusa média	-0,09	0,05	546	-1,97	0,05			
Luz difusa alta	0,11	0,05	546	2,26	0,02			
Luz direta	0,31	0,07	546	4,69	< 0,001			

Fonte: Dados da pesquisa.

A espécie *Cedrela fissilis* apresentou altura média negativa no intervalo entre as avaliações (segunda avaliação) (Figura 3.7 e Figura 3.9). A ausência de crescimento (Tabela 3.5) deve-se a muitos indivíduos que quebraram ou perderam folhas. Segundo Gomes (2013), na fase inicial do plantio, o gênero *Cedrella* teve o crescimento limitado devido a danos causados por animais que frequentam as clareiras, por eventos naturais, como a queda de árvores ou galhos, fortes chuvas e ventos ou períodos de estiagem.

Com relação à interferência da luz no crescimento da *Cedrela fissilis*, o fator luz difusa baixa (restrição do modelo) e luz difusa média foram os que menos influenciaram no crescimento das mudas (Tabela 3.5). O efeito da luz direta e luz difusa alta influenciou o crescimento médio de forma positiva (Tabela 3.5), corroborando os estudos de Gomes (2013), que observou maior adaptação desse gênero em locais com grande entrada de luz. Entretanto, no período entre as duas avaliações, não houve crescimento das plantas, mesmo quando expostas aos níveis mais altos de luz (Figura 3.9-A). Esse resultado pode ter sido causado pela estiagem que antecedeu à última avaliação, queda de galhos, passagem de animais pelas trilhas ou outros fatores do microssítio que não foram observados.

Os indivíduos de *Cedrela fissilis* que tiveram maior cobertura de trepadeiras apresentaram maior crescimento em relação àqueles que se encontravam em microssítios com menor cobertura de trepadeiras nas duas avaliações (Tabela 3.5 e Figura 3.9-B). Ao longo do tempo, apenas no microssítio que havia maior quantidade de trepadeiras observou-se incremento do crescimento da *Cedrela fissilis*. Acredita-se que, no microssítio com mais trepadeiras, há maior quantidade de luz entrando pelo dossel, influenciando tanto o crescimento da espécie quanto o das trepadeiras que a circundam. Porém Sfair et al. (2013) e Ladwig et al. (2010) referem que altos níveis de trepadeiras estão diretamente relacionados com grande quantidade de luz que entra pelo dossel e, quando estão ao redor de plântulas ou mudas, formam um microssítio que desfavorece o seu desenvolvimento e crescimento.

Em florestas secundárias, a *Cedrela fissilis* teve crescimento satisfatório (RONDON NETO et al., 2011), sendo que com capinas e coroamentos de duas ou três vezes ao ano e aplicação de adubos nas covas o desempenho foi maximizado (SOUZA et al., 2010; KEEFE et al., 2009).

Na fase inicial de desenvolvimento, não houve ataques de *Hypsipyla grandella* e outras pragas, justificando por quê os níveis de herbivoria, não influenciaram o crescimento da *Cedrela fissilis*.

Tabela 3.5 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância

CV	Efeitos Fixos			CV	Efeitos Aleatórios		
	LI	Est.	LS		LI	Est.	LS
Intercepto	3,29	3,39	3,49	$\sigma_{fazenda}^2$	0,01	0,05	0,29
2ª avaliação	-0,09	-0,02	0,06	$\sigma_{SM_1}^2$	0,94	1,10	1,28
Muita trepadeira (MT)	0,01	0,11	0,20	$\sigma_{M_2}^2$	1,22	1,45	1,73
Luz difusa média	-0,18	-0,09	0,00	$\sigma_{SM_2}^2$	1,16	1,38	1,65
Luz difusa alta	0,01	0,11	0,20		1,90	3,27	4,64
Luz direta	0,18	0,31	0,44	<i>EP</i>	0,001	0,01	0,03

Nota: $\sigma_{fazenda}^2$ é o componente de variância de fazenda, $\sigma_{SL_1}^2$ e $\sigma_{SM_1}^2$ são os componentes de variância das fazendas Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 1 e $\sigma_{M_2}^2$, $\sigma_{SM_2}^2$, $\sigma_{SL_2}^2$ são os componentes de variância das fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 2 e *EP* é o erro padrão dentro do grupo (indivíduos).

Fonte: Dados da pesquisa.

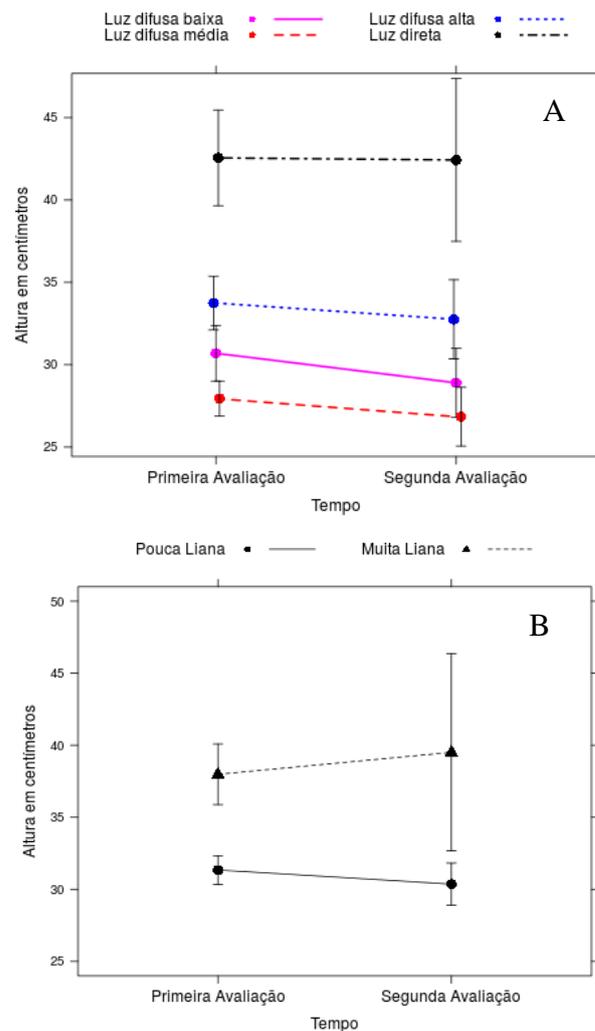


Figura 3.9 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie *Cedrela fissilis* com adição do erro padrão da média

Fonte: Dados da pesquisa.

***Cordia goeldiana* Huber (freijó)**

O crescimento da espécie *Cordia goeldiana* apresentou efeito do intervalo entre as avaliações, incidência de trepadeiras e plântulas de espécies nativas e luz direta e difusa alta (Tabela 3.6). As variáveis herbivoria e níveis de luz difusa baixa e média não influenciaram o crescimento da espécie.

O modelo preditivo para a altura da espécie é:

$$\ln(\widehat{Alt}) = 3,52 + 0,24 x_T + 0,21 x_{MT} - 0,01 x_P + 0,03 x_{LDM} + 0,16 x_{LDA} + 0,58 x_{LD} \quad (6)$$

em que, \widehat{Alt} é a altura estimada das mudas, x_T é o tempo, x_{ML} é muita trepadeira, x_P é o número de plântulas, x_{LDM} é luz difusa média, x_{LDA} é luz difusa alta e x_{LD} é luz direta.

Considerando o efeito de local, notou-se que a espécie cresceu mais na fazenda São Luiz, seguida das fazendas Marupiara e Santa Maria (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.)

Efeitos fixos						Efeitos Aleatórios			
CV	Estimativa	Erro padrão	GL	valor-t	p-valor	CV	Mar	S.M.	S.L.
Intercepto	3,52	0,10	951	35,83	<0,001	Intercepto	3,46	3,41	3,68
2ª avaliação	0,24	0,04	951	6,03	<0,001	Valor preditivo	-0,06	-0,11	0,16
Muita trepadeira (MT)	0,21	0,06	951	3,63	0,003				
Competidores (Plântulas)	-0,01	0,00	951	-4,12	<0,001				
Luz difusa média	0,03	0,05	951	0,69	0,491				
Luz difusa alta	0,16	0,05	951	3,36	<0,001				
Luz direta	0,58	0,07	951	8,42	<0,001				

Fonte: Dados da pesquisa.

O fator luz direta e luz difusa alta apresentou interferência significativa na altura da espécie, porém com maior efeito da luz direta (Tabela 3.7 e Figura 3.10-A). Gomes (2013) e Tanaka e Vieira (2006) comprovaram que *Cordia goeldiana* é uma espécie intolerante à sombra e o seu maior desenvolvimento é esperado em locais com os maiores índices de radiação direta, além de ser exigente em disponibilidade de água no solo. Segundo Keefe et al. (2009) e Sabogal et al. (2006), a espécie *Cordia goeldiana* desenvolve-se bem em florestas secundárias, sendo, portanto, uma espécie promissora em plantios de enriquecimento florestal.

As mudas de *Cordia goeldiana* que apresentavam maior cobertura de trepadeiras em seu entorno cresceram mais em relação àquelas com menor cobertura de trepadeiras (Tabela 3.7 e Figura 3.10-B). Locais com maior quantidade de trepadeiras são aqueles em que há maior entrada de luz pelo dossel, o que provavelmente influenciou de maneira positiva o crescimento das mudas.

O aumento de número de plântulas arbóreas circundando as mudas da espécie plantada influenciou negativamente o crescimento destas (Tabela 3.7 e Figura 3.10-C). Este resultado era esperado porque mudas de *Cordia goeldiana* são bastante sensíveis à competição por plantas invasoras. Caron et al. (2012) e Cummings et al. (2012) comprovaram que espécies usadas para restauração ou plantios homogêneos sofreram competição principalmente quando passaram por condições de estresse, seja por falta de água, luz, espaço

ou nutrientes no solo. Dessa forma, há necessidade de limpezas frequentes nas linhas de enriquecimento com *Cordia goeldiana*, pois se trata de uma espécie sensível à competição com plântulas presentes na floresta.

Tabela 3.7 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância

CV	Efeitos Fixos			CV	Efeitos Aleatórios		
	LI	Est.	LS		LI	Est.	LS
Intercepto	3,32	3,52	3,71	$\sigma_{fazenda}^2$	0,05	0,15	0,42
2ª avaliação	0,16	0,24	0,32	σ_{SM1}^2	0,88	1,02	1,20
Muita trepadeira (MT)	0,09	0,21	0,32	σ_{SL1}^2	0,93	1,09	1,29
Competidores (plântulas)	-0,017	-0,012	-0,006	σ_{M2}^2	1,08	1,28	1,52
Luz difusa média	-0,06	0,03	0,13	σ_{SM2}^2	1,14	1,34	1,57
Luz difusa alta	0,07	0,16	0,25	σ_{SL2}^2	1,05	1,25	1,49
Luz direta	0,44	0,58	0,71	EP	0,72	1,48	2,24
					0,03	1,07	0,19

Nota: $\sigma_{fazenda}^2$ é o componente de variância de fazenda, σ_{SM1}^2 e σ_{SL1}^2 são os componentes de variância das fazendas Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 1 e σ_{M2}^2 , σ_{SM2}^2 , σ_{SL2}^2 são os componentes de variância das fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 2 e EP é o erro padrão dentro do grupo (indivíduos).

Fonte: Dados da pesquisa.

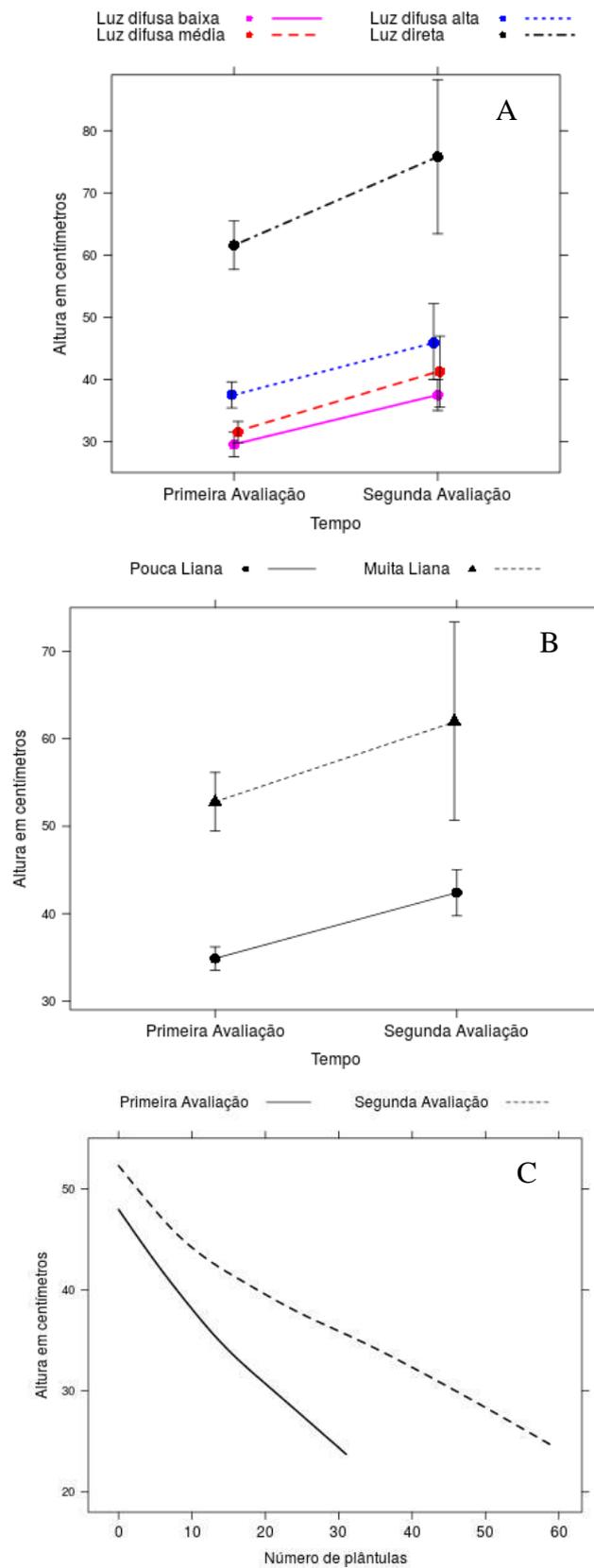


Figura 3.10 - Efeito do nível de luz difusa (A), trepadeiras (B) e plântulas de espécies nativas (C) no crescimento da espécie *Cordia goeldiana* com adição do erro padrão da média
 Fonte: Dados da pesquisa.

***Handroanthus serratifolius* (A.H.Gentry) S.Grose (ipê amarelo)**

O crescimento da espécie *Handroanthus serratifolius* teve influência do intervalo entre as avaliações e incidência de trepadeiras, luz difusa alta e luz direta (Tabela 3.8). Todavia os níveis de herbivoria incidentes nas mudas, de plântulas de espécies nativas circundantes e de luz difusa baixa e média não tiveram efeito no crescimento da espécie (Tabela 3.8).

O modelo preditivo para a altura da espécie é:

$$\ln(\widehat{Alt}) = 3,56 + 0,25 x_t + 0,07 x_{MT} + 0,004 x_{LDM} + 0,06 x_{LDA} + 0,25 x_{LD} \quad (7)$$

em que \widehat{Alt} é a altura estimada das mudas, x_T é o tempo, x_{ML} muita trepadeira, x_{LDM} luz difusa média, x_{LDA} luz difusa alta e x_{LD} luz direta.

O crescimento foi mais pronunciado na fazenda Marupiara, seguida, em ordem decrescente, das propriedades Santa Maria e São Luiz (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.)

CV	Efeitos fixos					Efeitos aleatórios			
	Est.	Erro padrão	GL	valor-t	p-valor	CV	Mar.	S.M.	S.L.
Intercepto	3,56	0,19	722	19,20	<0,001	Intercepto	3,93	3,44	3,33
2ª avaliação	0,25	0,02	722	11,05	<0,001	Valor preditivo	0,36	-0,12	-0,24
Muita trepadeira (MT)	0,07	0,03	722	2,12	0,034				
Luz difusa média	0,004	0,03	722	-0,13	0,895				
Luz difusa alta	0,06	0,03	722	2,02	0,044				
Luz direta	0,25	0,046	722	5,30	<0,001				

Fonte: Dados da pesquisa.

Os indivíduos que receberam luz difusa alta e luz direta apresentaram médias de altura maior superior aos que receberam menor intensidade de luz (Tabela 3.9). As plantas que receberam a incidência de luz direta revelaram incremento em altura, nos dois períodos de avaliação, superior àquelas que receberam luz difusa (Tabela 3.9 e Figura 3.11).

Borges et al. (2014) e Gomes (2013), estudando espécies do gênero *Handroanthus*, observaram maior crescimento das espécies em locais de grandes clareiras no dossel, destacando a necessidade de radiação solar para alcançar melhor desenvolvimento. Porém

esses autores afirmam que, apesar das plantas evidenciarem crescimento lento no sub-bosque, sobrevivem bem sob condição de sombreamento.

Maior nível de trepadeira teve influência positiva no crescimento de *Handroanthus serratifolius* (Tabela 3.9 e Figura 3.11-B). Locais com maior quantidade de trepadeira são aqueles em que há mais entrada de luz pelo dossel, o que tende a influenciar o crescimento das espécies presentes. Todavia, o incremento em altura entre as duas avaliações foi maior nas mudas que tinham menos trepadeiras circundantes (Figura 3.11-B). Deste modo, evidenciou-se a importância da limpeza frequente ao redor das mudas para maximizar o seu crescimento.

Tabela 3.9 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância

CV	Efeitos Fixos			CV	Efeitos Aleatórios		
	LI	Est.	LS		LI	Est.	LS
Intercepto	3,20	3,56	3,93	$\sigma_{fazenda}^2$	0,12	0,32	0,85
2ª avaliação	0,20	0,25	0,29	σ_{SM1}^2	1,26	1,66	2,19
Muita trepadeira (MT)	0,01	0,07	0,13	σ_{SL1}^2	1,53	2,09	2,86
Luz difusa média	-0,06	0,00	0,05	σ_{M2}^2	0,66	0,81	0,98
Luz difusa alta	0,00	0,06	0,11	σ_{SM2}^2	1,53	1,87	2,28
Luz direta	0,15	0,25	0,34	σ_{SL2}^2	1,89	2,40	3,05
					4,72	6,44	8,15
				<i>EP</i>	0,00	0,33	0,00

Nota: $\sigma_{fazenda}^2$ é o componente de variância de fazenda, σ_{SM1}^2 e σ_{SL1}^2 são os componentes de variância das fazendas Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 1 e σ_{M2}^2 , σ_{SM2}^2 , σ_{SL2}^2 são os componentes de variância das fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 2 e *EP* é o erro padrão dentro do grupo (indivíduos).

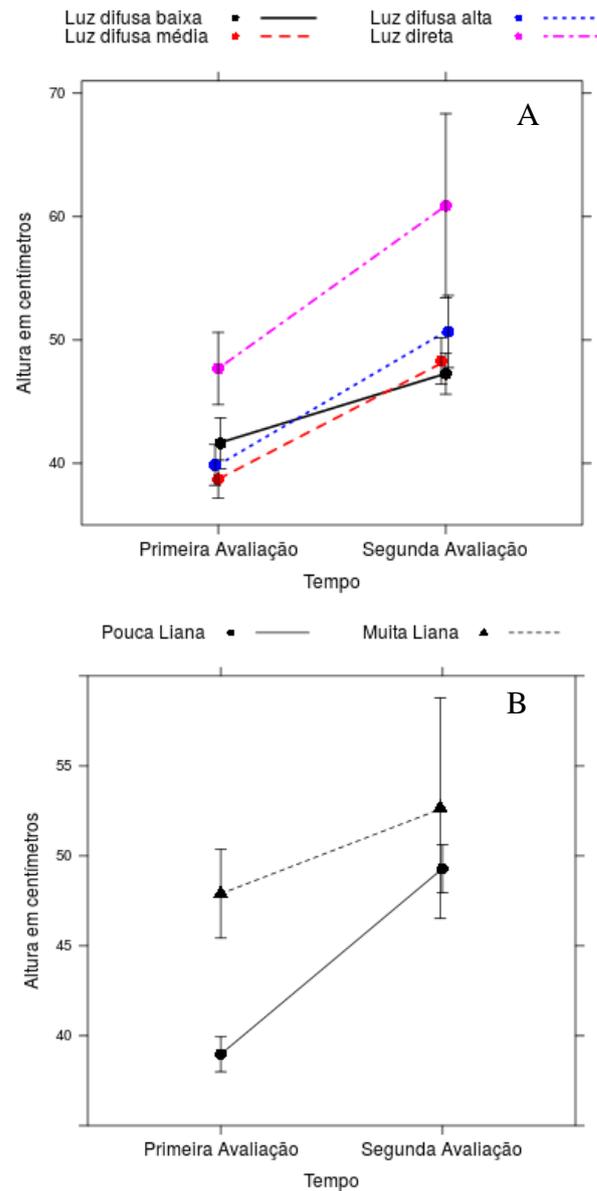


Figura 3.11 - Efeito do nível de luz difusa (A) e trepadeiras (B) no crescimento da espécie *Handroanthus serratifolius* com adição do erro padrão da média

***Hymenaea courbaril* L. (jatobá)**

O crescimento da espécie *Hymenaea courbaril* sofreu efeito do intervalo entre as avaliações, incidência de trepadeiras, luz direta e das interações entre muita trepadeira x luz difusa alta e muita trepadeira x luz direta (Tabela 3.10). As variáveis herbivoria, plântulas de espécies nativas circundantes e os níveis de luz difusa baixa, média e alta não influenciaram o crescimento da espécie.

O modelo preditivo para a altura da espécie é:

$$\widehat{Alt} = 53,16 + 7,90 x_T + 14,33 x_{MT} - 2,36 x_{LDM} + 2,78 x_{LDA} + 5,27 x_{LD} - 8,56 x_{ML}x_{LDM} - 12,23 x_{ML}x_{LDA} - 18,13 x_{ML}x_{LD} \quad (8)$$

em que \widehat{Alt} é a altura estimada das mudas, x_T é o tempo, x_{MT} é muita trepadeira, x_{LDM} é luz difusa média, x_{LDA} é luz difusa alta e x_{LD} é luz direta.

O crescimento da espécie entre as fazendas foi maior na fazenda Marupiara, onde os indivíduos tinham em média 68,01 cm, seguido de São Luiz e Santa Maria com 44,02 e 53,45 cm (Tabela 3.10).

Tabela 3.10 - Desdobramento dos níveis dos fatores apresentando as estimativas de máxima verossimilhança restrita (Est.), o erro padrão (EP), os graus de liberdade (GL), o valor do teste t, bem como o nível descritivo do teste e as predições dos efeitos aleatórios da fazenda Marupiara (Mar), Santa Maria (S.M.) e São Luiz (S.L.)

Efeitos fixos						Efeitos Aleatórios			
CV	Estimativa	Erro padrão	GL	valor-t	p-valor	CV	Mar	S.M.	S.L.
Intercepto	53,16	5,42	769	9,82	<0,001	Intercepto	68,01	44,02	53,45
2ª avaliação	7,90	1,25	769	6,30	<0,001	Valor preditivo	8,85	-9,14	0,29
Muita trepadeira (MT)	14,33	4,10	769	3,50	0,001				
Luz difusa média (LM)	-2,36	1,67	769	-1,41	0,16				
Luz difusa alta (LA)	2,78	1,70	769	1,64	0,10				
Luz direta (LD)	5,27	2,18	769	2,42	0,02				
ML:LDM	-8,56	4,90	769	-1,75	0,08				
ML:LDA	-12,23	5,02	769	-2,44	0,02				
ML:LD	-18,13	5,05	769	-3,592	<0,001				

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme o modelo preditivo para a espécie *Hymenaea courbaril* (eq. 8), aos 9 meses, a espécie terá em média 53,16 cm de altura e incremento médio de 7,90 cm entre as duas avaliações, valores muito próximos ao real (Figura 3.7 e Tabela 3.10).

Plantas com incidência de luz direta tiveram um incremento médio de 5,27 cm em altura entre a primeira e segunda avaliação (Tabela 3.10). Apesar da *Hymenaea courbaril* ser uma espécie secundária tardia/clímax, com crescimento lento, a incidência de luz direta pode acelerar o seu crescimento. Souza et al. (2008) e Souza et al. (2010) comprovaram que *Hymenaea courbaril* revelou melhor desempenho em áreas com grande incidência de luz ou a pleno sol, confirmando a premissa do seu potencial para produção de madeira.

A incidência de altos níveis de luz influencia o crescimento de trepadeiras, que por sua vez irão competir com os indivíduos plantados. As interações muita trepadeira x alta incidência de luz (Figura 3.12-A) e muita trepadeira x luz direta (Figura 3.12-B) tiveram efeito negativo de 12,23 e 18,13 cm respectivamente no crescimento de *Hymenaea courbaril* (Tabela 3.11). Dessa forma, sítios com menor cobertura de trepadeiras indicaram maior incremento em altura quando comparados com sítios que têm grande quantidade de competidores.

Tabela 3.11 - Intervalos de 95% de confiança de Wald para os efeitos fixos e componentes de variância

CV	Efeitos Fixos			CV	Efeitos Aleatórios		
	LI	Est.	LS		LI	Est.	LS
Intercepto	42,53	53,16	63,79	$\sigma_{fazenda}^2$	3,34	9,07	20,61
2ª avaliação	5,44	7,90	10,36	σ_{SM1}^2	0,63	0,88	1,22
Muita trepadeira (MT)	6,29	14,33	22,38	σ_{SL1}^2	0,65	0,78	0,94
Luz difusa média (LDM)	-5,65	-2,36	0,92	σ_{M2}^2	0,90	1,07	1,27
Luz difusa alta (LDA)	-0,56	2,78	6,11	σ_{SM2}^2	0,78	1,03	1,35
Luz direta (LD)	0,99	5,27	9,54	σ_{SL2}^2	0,79	0,92	1,07
ML:LDM	-18,17	-8,56	1,05		0,36	1,14	1,91
ML:LDA	-22,09	-12,23	-2,38	<i>EP</i>	0,01	0,17	4,28
ML:LD	-28,05	-18,13	-8,22				

Nota: $\sigma_{fazenda}^2$ é o componente de variância de fazenda, σ_{SM1}^2 e σ_{SL1}^2 são os componentes de variância das fazendas Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 1 e σ_{M2}^2 , σ_{SM2}^2 , σ_{SL2}^2 são os componentes de variância das fazendas Marupiara, Santa Maria e São Luiz, respectivamente, no tempo 2 e *EP* é o erro padrão dentro do grupo (indivíduos).

Fonte: Dados da pesquisa.

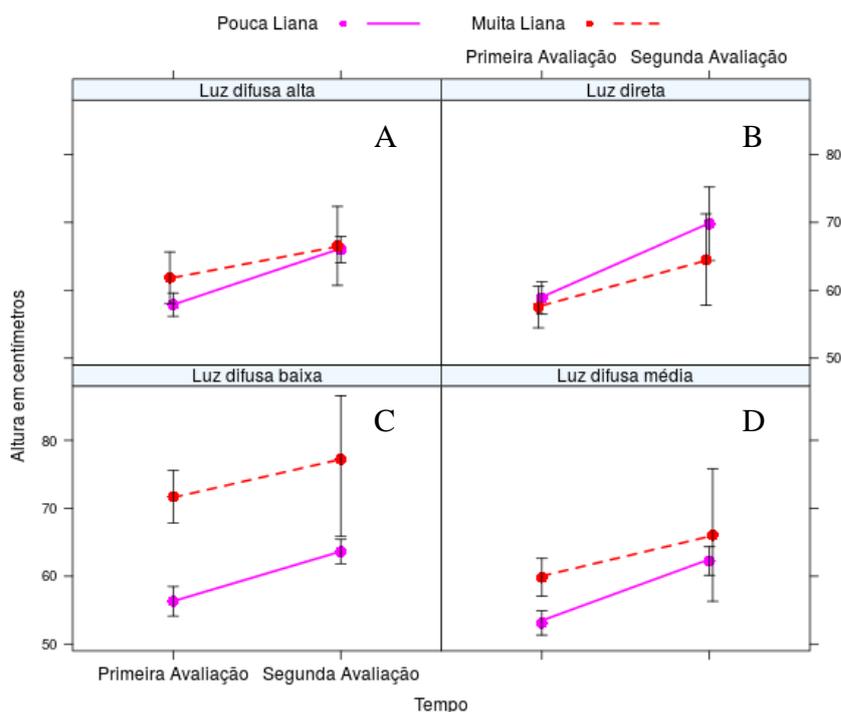


Figura 3.12 - Efeito do tempo e interação nível de luz difusa e trepadeira na altura de *Cordia goeldiana* com adição do erro padrão da média

Fonte: Dados da pesquisa

3.4 Conclusões

As mudas de *Carapa guianenses*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* que conseguem se estabelecer, também conseguem crescer. Já a espécie *Cedrela Fissilis* não apresentou crescimento significativo.

Os fatores ambientais luz difusa, trepadeiras e plântulas condicionam o crescimento dessas espécies usadas no enriquecimento artificial de florestas alteradas da Amazônia.

A herbivoria não interferiu no crescimento das espécies avaliadas na fase inicial de crescimento.

Carapa guianensis, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* apresentaram maior crescimento quando submetidas à incidência de luz alta a direta.

Cordia goeldiana, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea courbaril* revelaram crescimento máximo quando submetidas à luz direta.

Todas as espécies estudadas, quando submetidas à incidência de luz baixa e média, revelaram crescimento baixo e/ou perda de folhas e quebra de ramos. Portanto, recomenda-se a abertura do dossel nas linhas do plantio de enriquecimento que estejam muito sombreadas.

Maior nível de trepadeiras teve influência positiva no crescimento de *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Cordia goeldiana* e *Handroanthus serratifolius*. Porém, as trepadeiras são bioindicadoras de luz, dessa forma a luz influenciou tanto o crescimento das espécies de trepadeiras quanto das espécies plantadas.

As interações muita trepadeira x luz difusa alta e muita trepadeira x luz direta apontaram efeito negativo no crescimento da espécie a *Hymenaea courbaril*.

O crescimento da espécie *Cordia goeldiana* teve efeito negativo do número de plântulas de espécies nativas circundantes;

Portanto, recomendam-se a abertura do dossel e limpezas periódicas nas linhas do plantio de enriquecimento que estejam respectivamente muito sombreadas e com excesso de trepadeiras ou plântulas de espécies nativas circundantes.

3.5 Considerações finais

A maioria das espécies nativas estudadas, com exceção a *Cedrela fissilis*, apresentaram potencial satisfatório de crescimento em plantios de enriquecimento florestal. No entanto, as características do microssítio que mais influenciaram o crescimento dessas espécies foram quantidade de luz difusa incidente e competidores nas mudas. Dessa forma, concluímos que essas espécies precisam de um ambiente com mais luz e menos competidores para que possam se desenvolver.

Referências

BORGES, V. P.; COSTA, M.A. P. de C.; RIBAS, R.F. Emergência e crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo em ambientes contrastantes de luz. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2014.

BRIENZA JÚNIOR, S. Enriquecimento de florestas secundárias como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar Secondary forest enrichment as a technology for sustainable production for family agriculture. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 7, n. 3, p. 331-337, 2012.

BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, J.F.; YARED, J. A.; GAZEL JÚNIOR, M.M.; GONÇALVES, D. de A.; GALEÃO, R.R. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético-madeireiro: indicadores de custo, produtividade e renda. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, p. 197-220, 2008.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R.Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J.A.G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M.B.G. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 Anos de Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira (Edição especial)**, Colombo, n. 60, p. 67-76, 2009.

BRIENZA JÚNIOR, S.; OLIVEIRA, R.P. de; DENICH, P.; VLEK, P.L.G. Plantio de árvores de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: estudo de caso com produção de milho e mandioca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 347-353, 2011.

CARON, B.O.; ELOY, E.; BEHLING, A. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 75-82, 2012.

CUMMINGS, J.A.; PARKER, I.M.; GILBERT, G.S. Allelopathy: a tool for weed management in forest restoration. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 213, n. 12, p. 1975-1989, 2012.

D'OLIVEIRA, M.V.N.; BRAZ, E.M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 177-182, 2006.

FERNANDES, A.R.; PAIVA, H N. de; CARVALHO, J.G. de; MIRANDA, P. de. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.

GOMES, J.M. **Comportamento silvicultural de espécies arbóreas plantadas em clareiras criadas pela exploração florestal de impacto reduzido na Amazônia Oriental**. Belém, 2013. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JARDIM, F.C. da S.; SERRÃO, D.R.; NEMER, T.C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.37, n.1, p.37-48, 2007.

JARDIM, F.C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.3, p.535-542, 2010.

KEEFE, K.; SCHULZE, M.D.; PINHEIRO, C.; ZWEEDE, J.C.; ZARIN, D. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern Amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.258, n.9, p.1950-1959, 2009.

LADWIG, L.M.; MEINERS, S.J.; THE, S.; SOCIETY, B. Liana host preference and implications for deciduous forest regeneration. **BioOne**, Washington, v. 137, n. 1, p. 103-112, 2010.

GOMES, J.M. **Comportamento silvicultural de espécies arbóreas plantadas em clareiras criadas pela exploração florestal de impacto reduzido na Amazônia Oriental**. 2013. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Belém, 2013.

MORAL, R. de A. **Modelagem estatística e ecológica de relações tróficas em pragas e inimigos naturais**. 2013. 173p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J.; MOTTA, R. S. DA; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M. C.; MCGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, New York, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014.

OLIVEIRA, T. de P. **Modelos mistos para a análise da tonalidade da cor da casca de mamão (*Carica papaya* L.) cv. "Sunrise Solo", avaliada ao longo do tempo por meio de um scanner e de um colorímetro**. 2014. 155p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Paragominas, 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/paragominas.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Tailândia, 2011. Disponível em: <<http://portaltailandia.com.br/wp-content/uploads/2012/12/Tudo-sobre-Tailandia.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense**. Tomé-açú, 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/tomeacu.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

PEREA, R.; GIL, L. Shrubs facilitating seedling performance in ungulate-dominated systems: biotic versus abiotic mechanisms of plant facilitation. **European Journal of Forest Research**, Clemson, v. 133, n. 3, p. 525-534, 2014.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D.M. Approximations to the Log-Likelihood Function in the Nonlinear Mixed-Effects Model. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, Alexandria, v. 4, n. 1, p. 12-35, 1995.

RONDON NETO, R.M.; LAGE, C.A.; BILIBIO, F.; SANTOS, A.R. dos. Enriquecimento de floresta secundária com cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.) e sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), em Alta Floresta (MT). **Revista Ambientia**, Guarapuava, v.7, n.1, p.103-109, 2011.

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

SFAIR, J.C.; RIBEIRO, B.R.; PIMENTA, E.P.; GONÇALVES, T.; RAMOS, F.N. The importance of light for liana occupation on trees. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 2, p. 255-261, 2013.

SIEBENEICHLER, S.C.; FREITAS, G.A. de; RIBEIRO, R.; ADORIAN, G.C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SOMMERS, K.P.; ELSWICK, M.; HERRICK, G.I.; FOX, G.A. Inferring microhabitat preferences of *Lilium catesbaei* (Liliaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 98, n. 5, p. 819-28, 2011.

SOUZA, C.R. de; AZEVEDO, C.P. de; LIMA, R.M.; MARCELO, L.; ROSSI, B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.

SOUZA, C.R. de; LIMA, R.M.B. de; AZEVEDO, C.P. de; ROSSI, L. M.B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central forest in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 193-204, 2006.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação brasileira adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 340p.

VIDAL, E.; VIANA, V.M.; BATISTA, J.L.F. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 133-143, 2002.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com exceção da espécie *Cedrela Fissilis*, as espécies mostraram ter bom desempenho quanto a sobrevivência e crescimento em plantios de enriquecimento artificial de florestas alteradas na Amazônia. Os fatores ambientais que mais influenciam a sobrevivência e crescimento dessas espécies são quantidade de luz que entra pelo dossel e plantas que competem por luz, nutrientes do solo e espaço.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, é possível destacar a necessidade de novos estudos em continuidade, testando diferentes ações de manutenção no campo, principalmente nos primeiros meses após o plantio, pois é o momento que ocorre a maior taxa de mortalidade, conforme observado neste estudo.

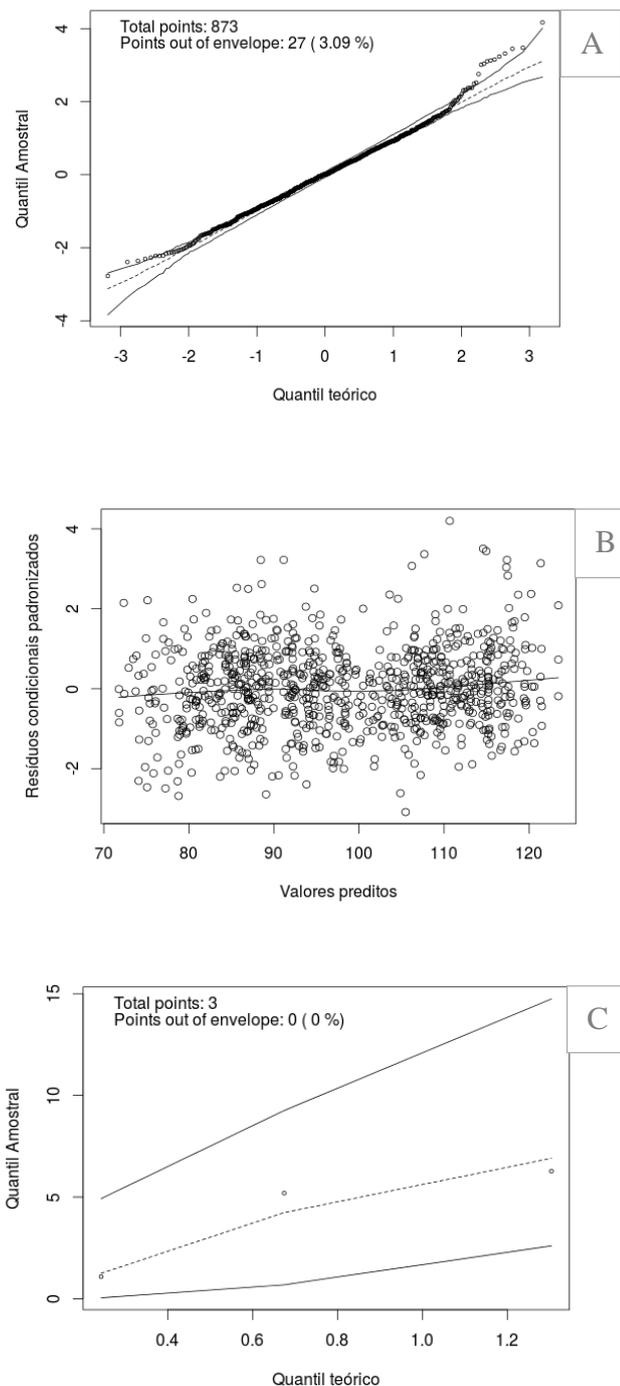
É necessário, período mais extenso de monitoramento para detectar o intervalo de maior susceptibilidade à mortalidade de algumas espécies estudadas aqui, para posteriormente indicar os tratamentos silviculturais adequados para cada espécie, então, considerando suas peculiaridades.

As espécies nativas estudadas apresentaram potencial satisfatório nas avaliações iniciais, principalmente em micro-sítios favoráveis e se submetida a um manejo silvicultural adequado. No entanto, mesmo em condições favoráveis ao crescimento, algumas espécies apresentam desenvolvimento lento, desestimulando seu plantio para produção de madeira. A grande variação de desenvolvimento das espécies estudadas, reforça a importância da escolha orientada de espécies para cada condição ambiental, do preparo adequado do solo e da consideração dessas condições ambientais para definir o tipo de manejo florestal com perspectivas de exploração de madeira.

APÊNDICES

APÊNDICE A – RESULTADOS DA MODELAGEM DA ALTURA DE *CARAPA GUIANENSIS* AUBL

Figura 3.13 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda (C)



Fonte: Dados da pesquisa.

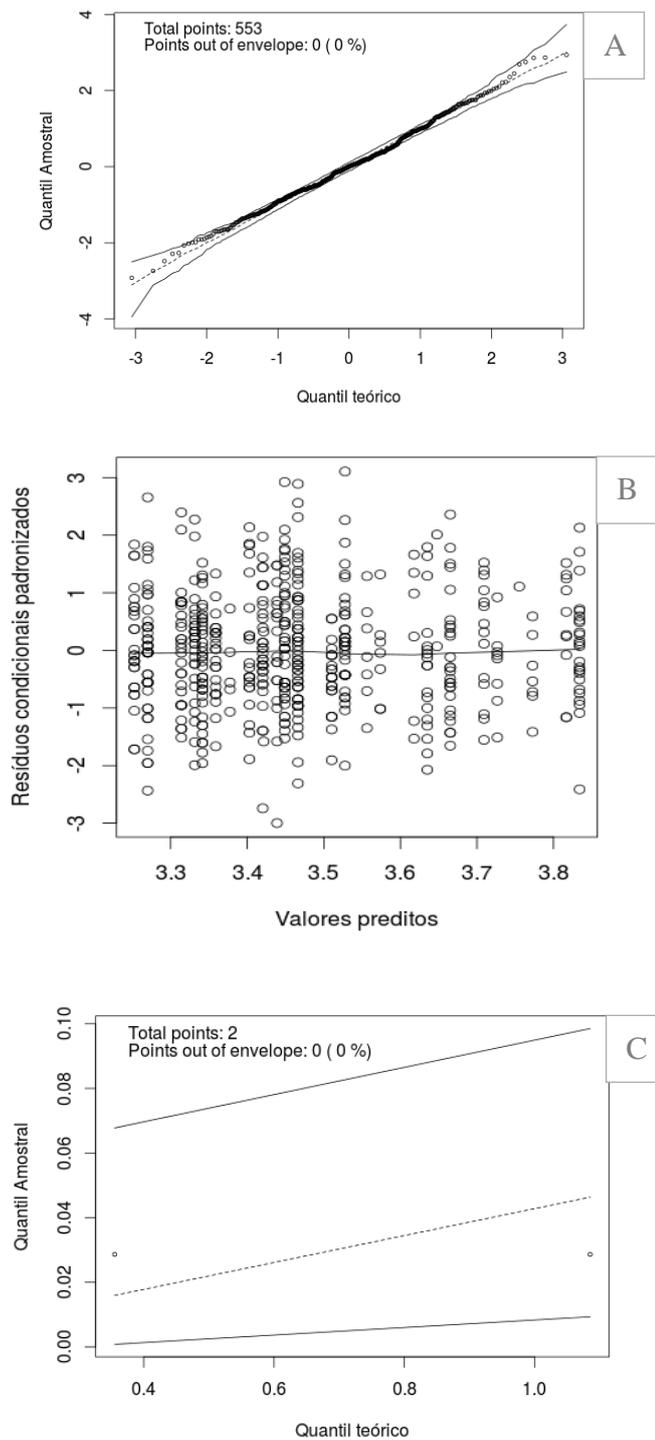
Tabela 3.12 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para *Carapa guianensis* Aubl.

CV	GLnum	GLden	Valor-F	Valor-p
Intercepto	1	864	579,64	<0.01
Tempo (t)	1	864	176.76	<0.01
Trepadeiras (t)	1	864	6.84	0.01
Luz difusa	3	864	8.99	<0.01
Tempo:Trepadeiras	1	864	5.20	0.04

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE B – RESULTADOS DA MODELAGEM DA ALTURA DE *CEDRELA FISSILIS VELL*

Figura 3.14 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C)



Fonte: Dados da pesquisa.

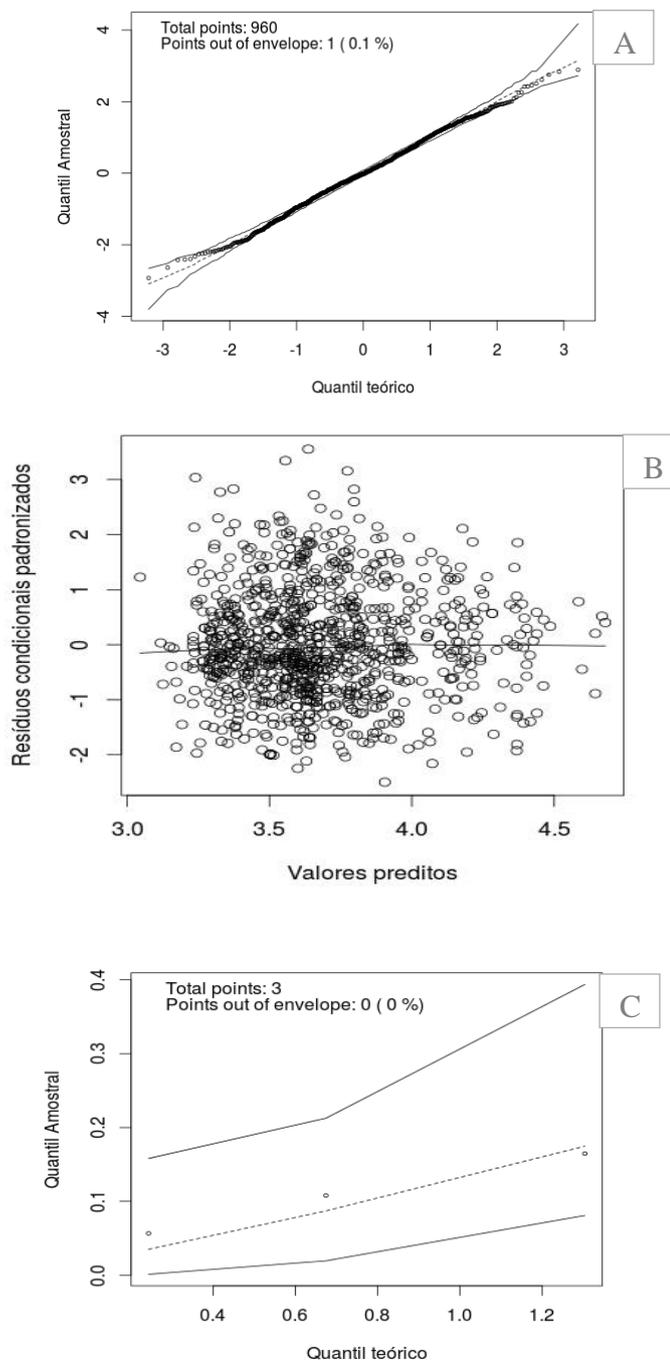
Tabela 3.13 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para *Cedrela fissilis* Vell.

CV	GLnum	GLden	Valor-F	Valor-p
Intercepto	1	456	7839,39	<0,001
Tempo (t)	1	456	1,22	0,27
Trepadeiras (t)	1	456	13,08	<0,001
Luz difusa	3	456	15,96	<0,001

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE C – RESULTADOS DA MODELAGEM DA ALTURA DE *CORDIA GOELDIANA* HUBER

Figura 3.15 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C)



Fonte: Dados da pesquisa.

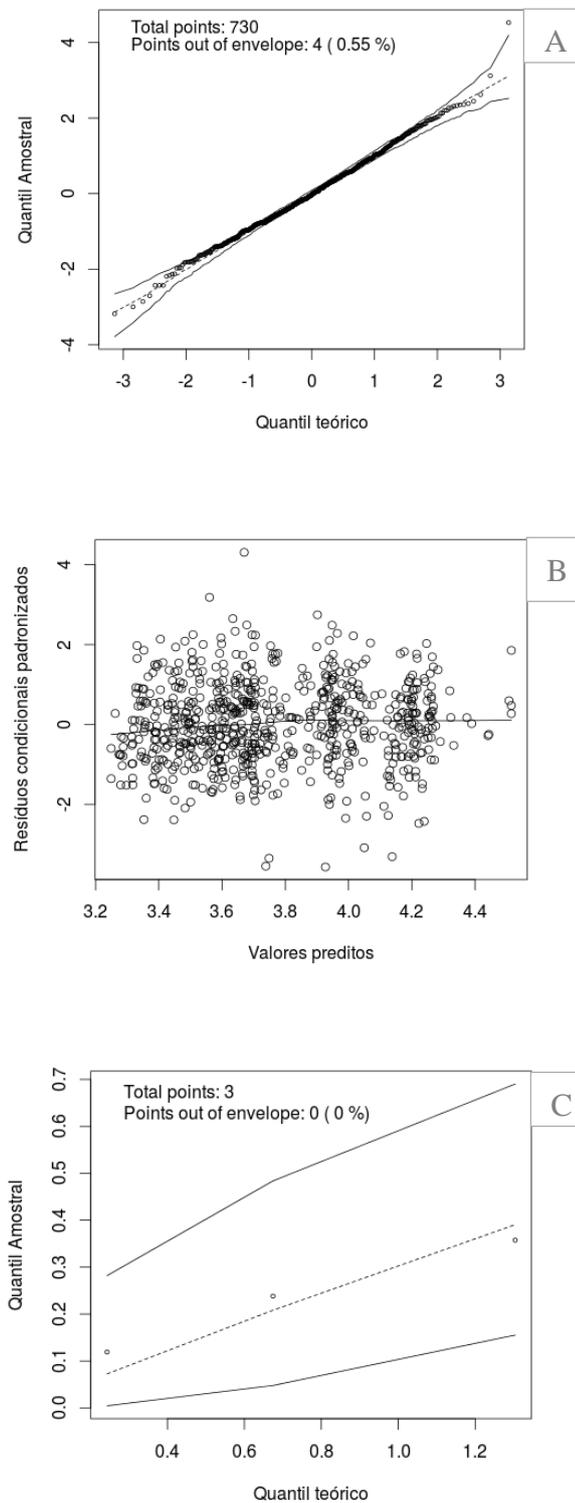
Tabela 3.14 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para *Cordia goeldiana* Huber

CV	GLnum	GLden	Valor-F	Valor-p
Intercepto	1	951	1705,34	<0,00
Tempo (t)	1	951	16,96	<0,00
Trepadeiras (t)	1	951	37,88	<0,00
Plântula	1	951	26,49	<0,00
Luz	3	951	25,94	<0,00

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE D – RESULTADOS DA MODELAGEM DA ALTURA DE *HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS* (A.H.GENTRY) S.GROSE

Figura 3.16 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C)



Fonte: Dados da pesquisa.

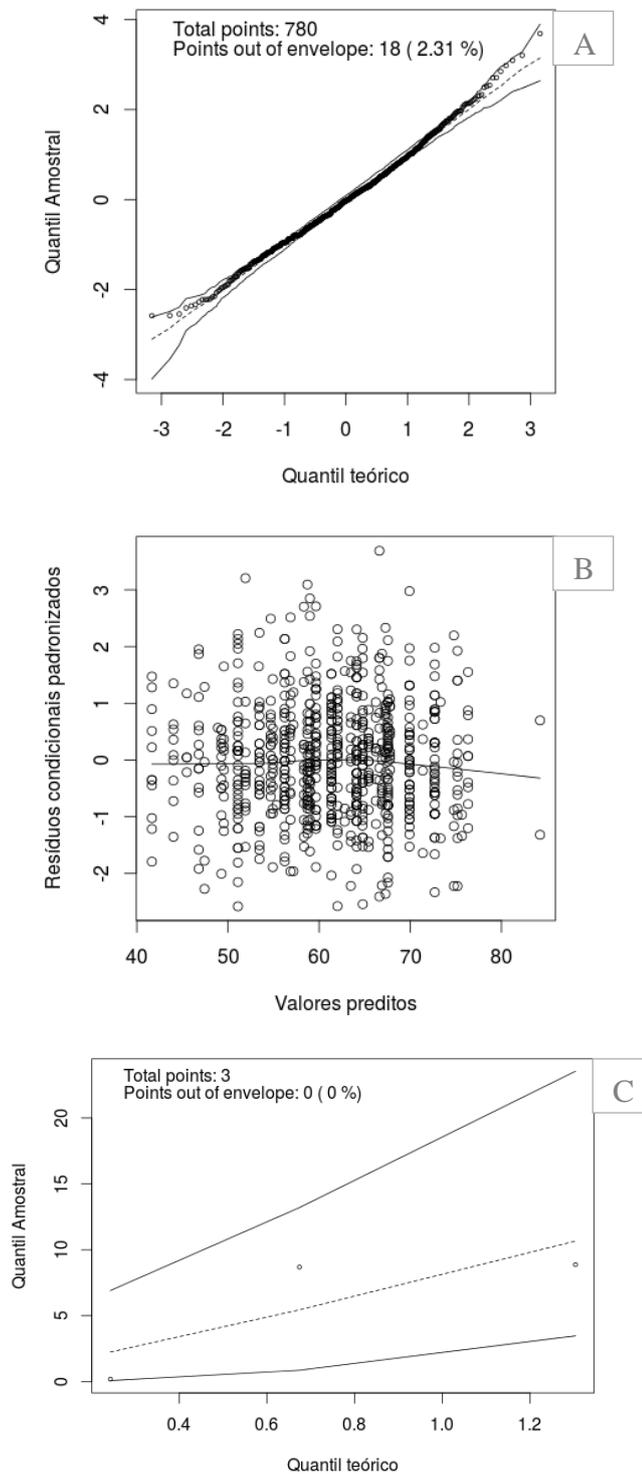
Tabela 3.15 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para *Handroanthus serratifolius* (A.H.Gentry) S.Grose

CV	GLnum	GLden	Valor-F	Valor-p
Intercepto	1	722	398.67	<0.001
Tempo (t)	1	722	110.54	<0.001
Trepadeiras (t)	1	722	12.42	<0.001
Luz difusa	3	722	11.73	<0.001

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE E – RESULTADOS DA MODELAGEM DA ALTURA DE *HYMENAEA COURBARIL* L.

Figura 3.17 - Gráficos normal de probabilidade para o resíduo condicional padronizado (A), resíduos condicionais padronizados em função dos valores preditos (B), meio-normais de probabilidade para o efeito da fazenda e o efeito do indivíduo (C)



Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3.16 - Análise de variância baseado no teste F com a seleção dos efeitos após modelar a heterocedasticidade para *Hymenaea courbaril* L.

CV	GLnum	GLden	Valor-F	Valor-p
Intercepto	1	769	117,82	<0,01
Tempo (t)	1	769	34,88	<0,01
Trepadeiras (t)	1	769	6	0,01
Luz	3	769	3,88	0,01
Trepadeira:Luz	3	769	4,67	<0,01

Fonte: Dados da pesquisa.