

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

**Introdução de espécies de Sub-bosque em áreas de restauração de
Florestas Estacionais Semidecíduais**

Mariana Meireles Pardi

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

**Piracicaba
2014**

Mariana Meireles Pardi
Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas
Mestra em Recursos Florestais

**Introdução de espécies de Sub-bosque em áreas de restauração de Florestas
Estacionais Semidecíduais**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador:
Prof. Dr. **SERGIUS GANDOLFI**

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

**Piracicaba
2014**

*Àquele que apoiou, incentivou, torceu, vibrou, sofreu, compreendeu, embalou, acarinhou, sustentou, apaziguou, com amor incondicional, **Murilo Franco Maimone***

Dedico

*“É somente nas misteriosas equações do amor
que alguma lógica real pode ser encontrada”*

Akiva Goldsman – Cena do Filme “Uma Mente Brilhante”

AGRADECIMENTOS

À Capes e ao programa de pós graduação em Recursos Florestais, pela bolsa concedida.

Ao CNPQ, pelos recursos destinados ao Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal através do projeto temático de processo número 561897/2010-7, que financiou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Sergius Gandolfi, por mais uma vez acreditar em mim, pela orientação e discussões enriquecedoras, pelas ideias originais para o projeto, pela paciência, compreensão e ensinamentos.

Ao Prof. Ricardo Rodrigues, pela ímpar oportunidade de participar de um projeto temático do laboratório, mais uma vez pelo estágio em docência, pelo exemplo de dedicação ao ensino, pesquisa e extensão.

Aos professores e pesquisadores Flávio Gandara, Ricardo A. Gorne Viani, Pedro Brancalion, Ricardo Rodrigues e Débora Rother por todas as opiniões valiosas.

À Usina Batatais Açúcar e Álcool, pelo apoio logístico e cessão de áreas para implantação do experimento. Aos funcionários da Usina que realizaram os plantios e auxiliaram nas coletas de solo, sempre muito cordiais e sorridentes. Agradeço especialmente ao Ismael Ferreira Rodrigues, por todo o apoio durante os trabalhos de campo, por possibilitar as visitas e administrar a manutenção das áreas, por toda boa vontade e atenção dispensadas.

À Giovana Oliveira, por sempre ter resolvido as questões relativas ao departamento de forma extremamente eficiente.

Aos técnicos Luiz Silva Junior e Jair Ferrer da Silva pelo auxílio e ensinamentos dos protocolos de análises química e física de solos.

À Cristina Yuri Vidal, pela amizade, pela generosidade, desprendimento, pelo aprendizado, por este tempo que trabalhamos juntas, por termos feito um bom trabalho, e acima de tudo pela convivência.

À Vivian M. N. F. Vilela, Viliña, por ser mais que amiga, pelo acolhimento, companheirismo, por tornar todos estes anos mais leves e fáceis de viver.

A todas as moradoras da república PingaNiMim, pelos anos de acolhida e amizade, Débora, Laura, Mariana, Tatiana, Maria Fernanda, Juliana e Vívian.

A todos que me ajudaram no trabalho de campo, Ariadina C. Ferrari, Bianca K. Nascimento, Celina S. Bernardo, Pedro Machini e à minha mãe, Lília, que também se embrenhou no meio do mato para me acompanhar. À Cristina Yuri pela agilizada ajuda no planejamento e compra das mudas.

Às que me ajudaram nas análises de solos, Ariadne Castoldi e Diana C. V. Castro. A todas que me ajudaram nas análises dos dados, Marina Duarte, Rafaela Naves, Débora Rother, Laura Simões, Ana Flávia Boeni e Simone Magalhães.

Agradeço ao amigo Nino Amazonas pela tradução do resumo para o inglês e pelo companheirismo na reta final.

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, nossa convivência diária engrandece o espírito e o conhecimento. Obrigada pelas discussões, pelas opiniões, incentivo, amizade, companheirismo, cooperação.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, mas que não foram citadas, também agradeço.

Aos meus pais, José e Lília, os exemplos de que com dedicação e muito trabalho é que se realizam todos os sonhos, obrigada pelo seu amor.

Ao meu irmão José Adriano e minha cunhada Mariane, agradeço pelo amor, incentivos e pelo carinho.

Aos meus sogros Raul e Creobel, pelo exemplo de dedicação à vida acadêmica e pelos efusivos incentivos e pela torcida para o sucesso deste doutorado.

Agradeço ao meu marido Murilo, pelo incentivo e aceitação, desprendimento, compreensão e amor. Nada disso seria possível sem seu apoio, espero que possamos colher juntos os frutos desta formação, e muito outros!

Por fim, agradeço a todos que em algum dia plantaram uma árvore.

***“Que os homens não procurem ser considerados grandes por outros homens,
mas reconheçam integralmente a grandeza de Deus,
inerente a todas as manifestações da vida.”***

Saint Germain

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Áreas de estudo	25
3.1.1 Fazenda Nossa Senhora das Graças (NSG)	25
3.1.2 Fazenda Coqueiros	29
3.1.3 Fazenda Santa Ernestina.....	32
3.1.4 Fazenda São José do Belo Horizonte	36
3.2 Escolha das espécies e obtenção das mudas.....	40
3.3 Implantação dos experimentos e delineamento experimental.....	41
3.3.1 Área de Plantio Inicial de restauração.....	42
3.3.2 Plantios de 5 e 10 anos e fragmento remanescente	44
3.4 Caracterização dos atributos de qualidade do solo	45
3.4.1 Atributos químicos e de fertilidade do solo	45
3.4.2 Granulometria do solo	46
3.4.3 Porosidade e densidade do solo	46
3.4.4 Umidade do solo	47
3.5 Pluviosidade	48
3.6 Cobertura do dossel	48
3.7 Florística do dossel	49
3.8 Observação das mudas plantadas	49
3.9 Análise de dados	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 As áreas de estudo	53
4.1.1 Atributos químicos e de fertilidade do solo	53
4.1.2 Granulometria do solo	59
4.1.3 Porosidade e densidade do solo	60
4.1.4 Umidade do solo	62
4.1.5 Pluviosidade	64
4.1.6 Cobertura do dossel	66
4.1.7 Florística do dossel	67

4.2	Desempenho das Espécies entre Áreas de Estudo.....	73
4.2.1	<i>Helietta apiculata</i> Benth.....	73
4.2.2	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	75
4.2.3	<i>Maytenus truncata</i> Reissek	76
4.2.4	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.....	78
4.2.5	<i>Eugenia florida</i> DC.....	80
4.2.6	<i>Myrciaria trunciflora</i>	82
4.2.7	<i>Piper aduncum</i> L.....	84
4.2.8	<i>Eugenia uniflora</i> L.....	86
4.2.9	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.....	88
4.2.10	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	90
4.3	Desempenho entre espécies, em cada área de estudo.....	91
4.3.1	Plantio Inicial.....	91
4.3.2	Restauração com 5 anos.....	93
4.3.3	Restauração com 10 anos.....	94
4.3.4	Fragmento remanescente.....	96
4.3.5	Eficiência na introdução das espécies estudadas	97
4.3.6	As Comunidades Finais.....	104
4.4	Interação entre o crescimento das mudas e as variáveis observadas	108
4.5	Implicações práticas	109
5	CONCLUSÕES	111
	REFERÊNCIAS.....	113
	ANEXOS.....	123

RESUMO

Introdução de espécies de Sub-bosque em áreas de restauração de Florestas Estacionais Semidecíduais

Espécies típicas de sub-bosque são pouco estudadas quanto à sua aplicação na restauração e enriquecimento de florestas degradadas. São em geral arvoretas ou arbustos finais de sucessão, tolerantes ao sombreamento, capazes de germinar, se estabelecer e completar seu ciclo de vida neste ambiente, representando importante fonte de recursos como alimento e abrigo para polinizadores e dispersores. Porém, não são amplamente utilizadas nos plantios de restauração por não serem espécies de dossel, e em paisagens altamente fragmentadas há poucas chances de chegarem naturalmente em áreas em processo de restauração. Visando contribuir para o desenvolvimento de técnicas de plantio e enriquecimento em áreas degradadas ou em processo de restauração que favoreçam a recuperação do sub-bosque, este trabalho teve o objetivo de avaliar a sobrevivência e o crescimento de mudas de 10 espécies típicas de sub-bosque plantadas em quatro diferentes condições: plantio inicial de restauração, áreas em processo de restauração com 5 e 10 anos de idade e um fragmento remanescente degradado. Todas as áreas de estudo localizam-se na região de Batatais, SP e estão inseridas no Bioma Mata Atlântica, mais especificamente na fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual. As mudas foram plantadas em janeiro de 2012 e observadas durante 15 meses quanto ao crescimento e sobrevivência. As áreas de estudo foram caracterizadas quanto aos atributos químicos, físicos e granulométricos do solo, cobertura e florística do dossel. A análise de componentes principais (PCA) mostrou que entre estas variáveis a que teve maior relação com o crescimento relativo das mudas foi a cobertura do dossel. A área que teve maior eficiência na introdução das espécies típicas de sub-bosque, considerando crescimento e sobrevivência, foi o plantio inicial de restauração, onde 3 espécies foram muito eficientes e 6 foram eficientes. No plantio com 5 anos 1 espécie foi muito eficiente e 4 foram eficientes, porém, cresceram bem menos que no plantio inicial. Os resultados apontaram ainda que apenas 3 espécies foram eficientes na área em processo de restauração de 10 anos e nenhuma no fragmento remanescente degradado, mostrando a dificuldade de se realizar o enriquecimento de áreas com alto nível de sombreamento, e de se reverter o processo de degradação nessas áreas, reforçando a importância da utilização de alta diversidade de espécies e grupos funcionais nos plantios de restauração e da conservação das áreas florestais remanescentes.

Palavras-chave: Restauração; Sub-bosque; Enriquecimento

ABSTRACT

Introduction of Understory species in Brazilian Seasonal Semidecidual Forests restoration areas

Species typical from understory layers are poorly studied regarding their use in restoration and enrichment of degraded forests. They are generally treelets or shrubs of final successional phase, shade tolerant, able to germinate, establish and complete their life cycle in this environment. They are an important source of resources as food and shelter to pollinators and dispersers. Despite their ecological importance, these plants have not been widely used in restoration plantings because they are not canopy species. In fragmented landscapes, these species have little chance of being recruited naturally into areas undergoing restoration. In order to contribute to the development of techniques of planting and enrichment in degraded areas or areas being restored and promote the recuperation of understory layers, this study evaluated the survival and growth of seedlings of 10 understory species planted under four different conditions: initial planting; 5-year-old restoration area; 10-year-old restoration area; and degraded forest fragment. All sites are located in the region of Batatais, SP, Brazil, inside the Atlantic Forest biome, specifically in the Seasonal Semidecidual Forest type. Seedlings were planted in January 2012 and measured during 15 months for their survival and growth. Study sites were characterized regarding soil chemical and physical attributes and granulometry, and canopy composition and coverage. Principal components analysis (PCA) showed that relative growth of seedlings was more strongly related to canopy coverage. Considering survivorship and growth, introduction of understory species was more successful at the initial planting site, where three species were very successful and six were successful. In the 5-year-old restoration area, one species was very successful and four were considered successful, however, they grew considerably less than at the initial planting site. Results point out that only three species were successful at the 10-year-old restoration area and none at the forest fragment, which shows the difficulty of enriching areas with high levels of shading, and thus, the difficulty of reversing degradation of forest remnants. This reinforces the importance of using high diversity of species and functional groups in restoration plantings and also of conserving remnant forests.

Keywords: Restoration; Understory; Enrichment

1 INTRODUÇÃO

A Ecologia da Restauração é uma ciência recente, que vem evoluindo no Brasil desde a década de 80, a partir do conhecimento da ecologia de populações e comunidades naturais, da observação dos reflorestamentos implantados no passado, seu histórico e trajetória.

Milhares de hectares de plantios de restauração ecológica já foram implantados dentro do domínio da Mata Atlântica, sendo estes os principais laboratórios a céu aberto para estudos sobre o tema, e em muitos casos o que se tem encontrado são estruturas florestais em declínio, com baixa regeneração de espécies finais de sucessão e pouca ou nenhuma colonização por espécies nativas não arbóreas, como lianas, epífitas e herbáceas.

A experimentação em Ecologia da Restauração é um trabalho de longo prazo e por isso as limitações e gargalos das tentativas pioneiras de restauração florestal vêm ficando evidentes nas últimas décadas, como os altos custos da implantação e manutenção dos plantios, obtenção de sementes e produção de mudas em alta diversidade, técnicas de germinação eficientes, aceleração do processo de construção da estrutura florestal, desenvolvimento do sub-bosque e colonização por outras formas de vida e êxito na recuperação dos processos ecológicos intrínsecos ao ecossistema.

A colonização de áreas em processo de restauração por novas espécies e formas de vida é fundamental para o reestabelecimento das interações e maturação do ecossistema, mas, a paisagem altamente fragmentada, a matriz agrícola de baixa permeabilidade e a baixa diversidade de grupos funcionais utilizadas nos plantios de restauração mais antigos dificultam o enriquecimento natural destas áreas.

O acúmulo de conhecimento em torno da dinâmica de florestas nativas, da fisiologia e ecologia das espécies e de ecologia da paisagem vem contribuindo para o aprimoramento de técnicas e superação destas limitações.

Surge então a necessidade do diagnóstico dos fatores que estão levando o ambiente construído para o caminho da degradação, e da intervenção nestas áreas com o objetivo de reverter este processo, assistindo a comunidade e guiando-a novamente à trajetória sucessional de estruturação, consolidação e maturação, *sensu* Gandolfi¹ (informação pessoal).

¹ GANDOLFI, S. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”.

O enriquecimento de áreas em processo de restauração é uma forma de manejo que visa cumprir este papel em áreas com baixa diversidade ou deficientes de certos grupos funcionais ou guildas, através da introdução de novas espécies, podendo ser realizada através do transplante de plântulas, de material vegetativo, de serapilheira, de banco de sementes, de solo, ou através de plantio de mudas ou semeadura direta.

As espécies típicas de sub-bosque são em geral arvoretas ou arbustos finais de sucessão, tolerantes ao sombreamento, capazes de germinar, se estabelecer e completar seu ciclo de vida neste ambiente. São importante fonte de recursos como alimento e abrigo para polinizadores e dispersores, alguns restritos a este estrato, e representam um terço das espécies vegetais. Porém, não são amplamente utilizadas nos plantios de restauração por não serem espécies de dossel, que são prioridade para atingir o recobrimento da área (estruturação). Além disso, são espécies pouco estudadas quanto à sua aplicação na restauração e enriquecimento de florestas degradadas.

Visando contribuir para o desenvolvimento de técnicas de plantio e enriquecimento em áreas degradadas ou em processo de restauração que favoreçam a recuperação do sub-bosque, foram avaliados neste trabalho a sobrevivência e o crescimento de mudas de 10 espécies típicas de sub-bosque plantadas em quatro diferentes condições: plantio inicial de restauração, áreas em processo de restauração com 5 e 10 anos e um fragmento remanescente degradado. Todas as áreas de estudo localizam-se na região de Batatais, SP e estão inseridas no Bioma Mata Atlântica, mais especificamente na fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Caracterizar e comparar as áreas de estudo quanto aos atributos químicos, físicos e granulométricos do solo e verificar a relação destes atributos com o uso do solo;
- Caracterizar e comparar a composição e a cobertura do dossel entre as áreas em processo de restauração de diferentes idades e o fragmento remanescente;
- Acompanhar e analisar o comportamento de mudas de 10 espécies típicas de sub-bosque introduzidas no plantio inicial de restauração, no enriquecimento de

áreas em processo de restauração de diferentes idades e de um fragmento remanescente, avaliando seu crescimento e sobrevivência;

- Comparar o desempenho das espécies, entre áreas de estudo;
- Comparar o desempenho entre espécies, para cada área de estudo;
- Verificar a relação das variáveis ambientais coletadas com o desempenho das espécies;
- Caracterizar a composição de espécies típicas de sub-bosque obtida após 15 meses para cada área de estudo;
- Sugerir grupos de espécies adequadas para cada condição de plantio estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde o descobrimento e colonização do Brasil, a Mata Atlântica, entre outros biomas, vem sendo explorada em busca de madeira, carvão e lenha, e destruída para dar lugar a agricultura, pecuária e áreas urbanas, tendo sofrido severa pressão antrópica, o que causou uma redução a aproximadamente 16.300.000 hectares, 11,4% de sua extensão original, tornando sua paisagem fragmentada e frágil (BRASIL, 1999; RIBEIRO et al., 2009). Segundo Barbosa et al., 2003, é crescente o interesse em pesquisas sobre recuperação das áreas degradadas no Estado de São Paulo, considerando, sobretudo, a conservação e/ou restauração da biodiversidade, constituindo hoje um dos principais desafios estabelecidos nos programas de políticas públicas da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Essa preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas não é recente, sendo que plantações florestais têm sido estabelecidas desde o século XIX com diferentes objetivos conservacionistas, como proteção de mananciais, estabilização de encostas, recuperação de habitat para a fauna entre outros (HARRINGTON, 1999; LAMB et al., 2005; ENGEL; PARROTA, 2003; RODRIGUES et al., 2011).

Projetos de restauração de florestas nativas são conduzidos atualmente baseados em três princípios (RODRIGUES; GANDOLFI, 2007): (i) reconstruir comunidades funcionais ricas em espécies capazes de evoluir; (ii) estimular o potencial de auto-recuperação ainda presente na área, quando possível; e (iii) planejar ações de restauração da paisagem. Através destes princípios os projetos de restauração objetivam remover ou minimizar impactos antrópicos, criar ou proteger uma estrutura florestal capaz de fornecer sombra, abrigo e alimento para a fauna local permanentemente, manter ou aumentar o número de espécies e favorecer a colonização por outras formas de vida (RODRIGUES et al., 2009).

Portanto, projetos de restauração ecológica de florestas nativas possuem a ideia central de converter uma área degradada num habitat, restabelecendo os processos ecológicos e a integridade do ecossistema, sendo essencial que se desenvolva ao longo do tempo uma densa e diversificada regeneração de espécies nativas no sub-bosque para que esta floresta se auto-perpetue (SER, 2004).

No Brasil, até o início dos anos 80, plantios de restauração eram realizados sem embasamento ecológico, consistindo plantios aleatórios de espécies nativas e exóticas das quais se tinha pouca informação sobre sua biologia ou seu papel na

dinâmica florestal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; BELLOTO et al., 2009). A constatação das dificuldades acarretadas pela falta de método levou os agentes da restauração a novas tentativas, ainda pouco embasadas, mas sem o uso de espécies exóticas e escolhendo espécies de crescimento rápido na tentativa de acelerar o processo de restauração (BELLOTO et al., 2009). Este processo de tentativa e erro, aliado à busca de informações sobre fitossociologia, processos sucessionais e história natural das espécies, culminou na união de ecologistas e restauradores, em prol da ciência chamada de Ecologia da Restauração, onde as novas florestas em processo de restauração tornaram-se laboratórios vivos, experimentos em funcionamento e gerando conhecimento (PICKETT; PARKER, 1994; ALLEN et al., 1997; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Apesar de considerar estes conceitos ecológicos, a baixa diversidade de espécies arbóreas (em torno de 30) que foi utilizada nessa época, ou a escolha de grande número de espécies de início de sucessão, que colonizam rapidamente a área conferindo boa cobertura, mas têm ciclos de vida geralmente curtos (10 a 20 anos), levaram ao declínio das populações e da diversidade a longo prazo, o que poderá ainda culminar no insucesso dessas iniciativas de restauração (BARBOSA et al., 2003; BARBOSA et al., 2007). Outro fator agravante desse problema é a invasão de gramíneas ou ausência de regeneração natural no sub-bosque dessas florestas após a senescência dos indivíduos do dossel (RODRIGUES et al., 2009).

A evolução dessa metodologia foi o início da aplicação de maior diversidade de grupos ecológicos e de espécies (80 a 90) na tentativa de restaurar alguns processos ecológicos básicos como a regeneração natural, com o objetivo de deixar a floresta se recuperar e se manter naturalmente através de eventos estocásticos (aleatórios) como distúrbios e colonização por outras espécies ali dispersadas (PICKETT et al., 1987, 1992; ARONSON; VAN ANDEL, 2005; PICKETT; CADENASSO, 2005).

O modelo de restauração utilizado atualmente é resultado dessa evolução no conhecimento da ecologia tanto das espécies como dos ecossistemas florestais como um todo, juntamente com o aprendizado advindo do monitoramento de áreas restauradas, que mostram os sucessos e dificuldades de cada método já aplicado. Este modelo consiste em separar as espécies arbóreas nativas da região e típicas da formação florestal a ser restaurada em 2 grupos, o de recobrimento e o de diversidade. As espécies de recobrimento são aquelas capazes de construir

rapidamente um novo dossel na área degradada recriando localmente um habitat florestal que facilite o desenvolvimento das espécies tolerantes à sombra colocadas na área pelo restaurador, ou ainda espécies tipicamente florestais e tolerantes à sombra, arbóreas ou não, que gradualmente invadam o local.

Assim, estes grupos são plantados alternados nas linhas de plantio, sendo que normalmente utilizam-se em torno de 15 a 20 espécies para recobrimento, podendo eventualmente chegar até a 30 espécies. Elas são espécies arbóreas pioneiras ou secundárias iniciais que simultaneamente apresentam rápido crescimento e formam copas frondosas, que devem promover nos primeiros dois anos após sua introdução (via plantio, semeadura direta, etc.) o recobrimento do local. Em contrapartida, as espécies de diversidade normalmente usadas, são espécies arbóreas de dossel, pioneiras, secundárias iniciais ou clímax que não apresentam rápido crescimento ou boa cobertura. Empregam-se, em geral, entre 60 a 80 espécies desse grupo quando se faz um plantio total em uma área aberta, situada em uma paisagem muito fragmentada. Como um todo o objetivo deste modelo é promover uma rápida cobertura do solo e formação de uma fisionomia florestal com condições favoráveis para a regeneração de espécies nativas no seu sub-bosque, formando um esqueleto estrutural composto por diversas espécies de dossel que, devido a arquiteturas de copa e padrões fenológicos diferenciados, criam micro-sítios seguros de estabelecimento, pela exclusão de gramíneas invasoras, pela modificação do microclima e atração de animais frugívoros dispersores de sementes, trazendo maior diversidade funcional ao sistema (NICOTRA et al., 1999; MONTGOMERY; CHAZDON 2001; ENGEL; PARROTTA 2003; GANDOLFI et al., 2007; NAVE; RODRIGUES, 2007).

Apesar de atingir o objetivo de formar uma fisionomia florestal, esta metodologia atualmente aplicada ainda possui diversidade de espécies e de formas de vida muito aquém do que se pode encontrar em ecossistemas primários, e dependendo da realidade da paisagem em que o plantio estiver inserido, será muito difícil que haja colonização da floresta por novas espécies.

Portanto, são necessários estudos para embasar ações com o objetivo de introduzir espécies, como as típicas de sub-bosque, que favoreçam o restabelecimento de interações ecológicas com a fauna e, ao enriquecer áreas degradadas ou áreas em processo de restauração, aumentem o potencial das comunidades instaladas a se perpetuar localmente.

A existência no Brasil de grandes extensões de área em que as florestas remanescentes se apresentam na paisagem como pequenos fragmentos (normalmente menores que 10 hectares), muito isolados e intensamente degradados faz com que o enriquecimento natural de áreas abandonadas em sucessão secundária seja muito pequeno, lento e restrito a poucas espécies, o que justifica o estudo de métodos de introdução de espécies típicas de sub-bosque, seja a pleno sol em áreas de plantio inicial, seja na sombra, no enriquecimento de áreas em processo de restauração.

Uma nova linha de pesquisa dentro da ecologia da restauração está surgindo neste cenário, que pode ser chamada de “restauração ecológica do sub-bosque”, quer seja via plantio inicial ou via posterior enriquecimento de florestas em processo de restauração.

O enriquecimento representa a introdução de espécies dos estádios finais de sucessão, especialmente as espécies de maior interação com a fauna, e/ou das diversas formas vegetais originais de cada formação florestal, tal como lianas, herbáceas e arbustos, podendo também contemplar o resgate da diversidade genética, o que pode ser realizado pela introdução de indivíduos de espécies já presentes na área, mas produzidos a partir de sementes provenientes de outros fragmentos de mesmo tipo florestal (ISERNHAGEN et al., 2009).

O enriquecimento ou revegetação para recuperação de áreas degradadas deve levar em conta os componentes do sistema solo / planta / atmosfera, buscando uma recuperação integrada dos processos do ecossistema por meio de uma ação multidisciplinar (CASAGRANDE; SOARES, 2007).

Diversas estratégias de enriquecimento vem sendo utilizadas para o enriquecimento de áreas em processo de restauração, como a transferência de serapilheira (SUGANUMA et al., 2008), de bancos de sementes (MÔNICO, 2012) e plântulas (SANTOS, 2011) alóctones, transferência de epífitas (DUARTE, 2013) e semeadura direta de árvores (CARRASCO et al., 2007; SUGANUMA et al., 2008) e lianas (LE BOURLEGAT, 2013). Cada uma destas metodologias de enriquecimento possui vantagens e limitações, cabendo à continuidade das pesquisas neste tema o aperfeiçoamento de técnicas.

Pouco se sabe ou se experimentou sobre a introdução de mudas de espécies arbóreas típicas de sub-bosque para enriquecimento de áreas em processo de restauração. Espécies típicas de sub-bosque são aquelas que ocupam o estrato dos

arbustos e das pequenas árvores no interior da floresta, são tolerantes à sombra, capazes de regenerar neste estrato e completar seu ciclo de vida nesse ambiente (TABARELLI; MANTOVANI, 1999). Estas espécies em geral possuem frutos carnosos, com sementes recalcitrantes, que germinam na sombra formando banco de plântulas. Assim, são espécies de difícil aquisição de sementes, dificultando seu uso na restauração ou enriquecimento através de semeadura direta.

Buscando complementar o arcabouço de técnicas para enriquecimento de áreas em processo de restauração, foi escolhido para este estudo o grupo das espécies típicas de sub-bosque, que seriam espécies com potencial para tolerar a condição de sombreamento sob o dossel dessas florestas. Investigamos também se este potencial poderia ser explorado para o enriquecimento de fragmentos degradados, visando reverter o processo de empobrecimento funcional destas florestas remanescentes. Foi pertinente ainda investigar não só a possibilidade de restauração do sub-bosque após a estruturação do dossel da floresta, mas também a possibilidade de dar início a este processo juntamente com o plantio inicial das mudas, a pleno sol.

Assim, foram selecionadas 10 espécies típicas de sub-bosque para introdução em quatro condições no contexto da restauração de áreas degradadas: plantio inicial de restauração, áreas em processo de restauração de diferentes idades e um fragmento florestal remanescente. A pergunta principal que motivou este trabalho foi quando devemos incluir estas espécies típicas de sub-bosque na restauração de áreas degradadas e se é possível introduzir estas espécies em fragmentos remanescentes degradados com eficiência, visando seu enriquecimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Áreas de estudo

As parcelas experimentais foram implantadas em propriedades integrantes da Usina Batatais Açúcar e Álcool, em três diferentes momentos da restauração ecológica, sendo: plantio inicial de restauração (Fazenda Nossa Senhora das Graças); plantio de restauração feito há aproximadamente 5 anos (Fazenda Coqueiros); 10 anos de plantio (Fazenda Santa Ernestina); e em um fragmento remanescente de Floresta Estacional Semidecidual degradado (Fazenda São José do Belo Horizonte).

3.1.1 Fazenda Nossa Senhora das Graças (NSG)

Localizada no Município de Batatais, SP, onde o Clima segundo a classificação de Koëppen é Cwa, clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e pluviosidade em torno de 1.549mm/ano (CEPAGRI, 2013). A estação de chuvas concentra-se principalmente de novembro a março, e a temperatura varia entre 8° e 34°C. A região situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí-Mirim, a altitude média é de 860m (BATATAIS, 2013) e o relevo é suave ondulado (OLIVEIRA et al., 1999). A propriedade encontra-se na coordenada 20°43'42.22"S e 47°35'26.39"O (Figura 1), possui 100,59ha e participou do Programa de Adequação Ambiental realizado pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF da ESALQ/USP no ano de 2005.

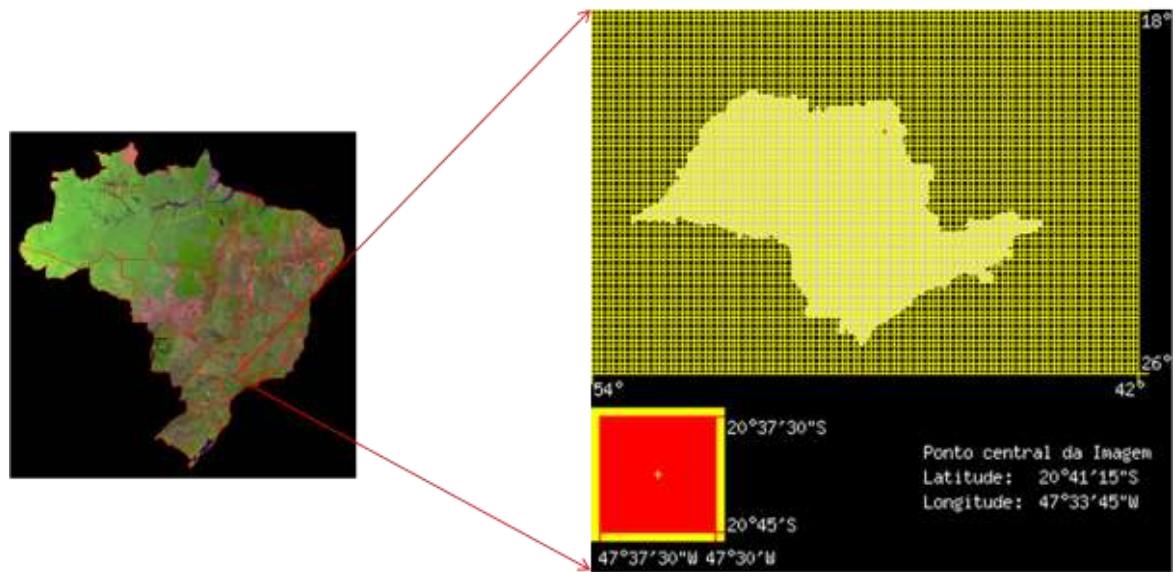


Figura 1 - Localização da Fazenda Nossa Senhora das Graças no Estado de São Paulo e no Brasil (MIRANDA; COUTINHO, 2004)

A área de preservação permanente (daqui para frente - APP) a ser restaurada calculada para propriedade foi de 2,66ha, conforme contorno em vermelho na Figura 2, e neste local foi instalado o experimento (Figuras 3 e 4). No local do experimento, o solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Férrico, Distroférico ou Epieutroférico, textura fina (COOPERSUCAR, 2013) e a elevação é de 650m.

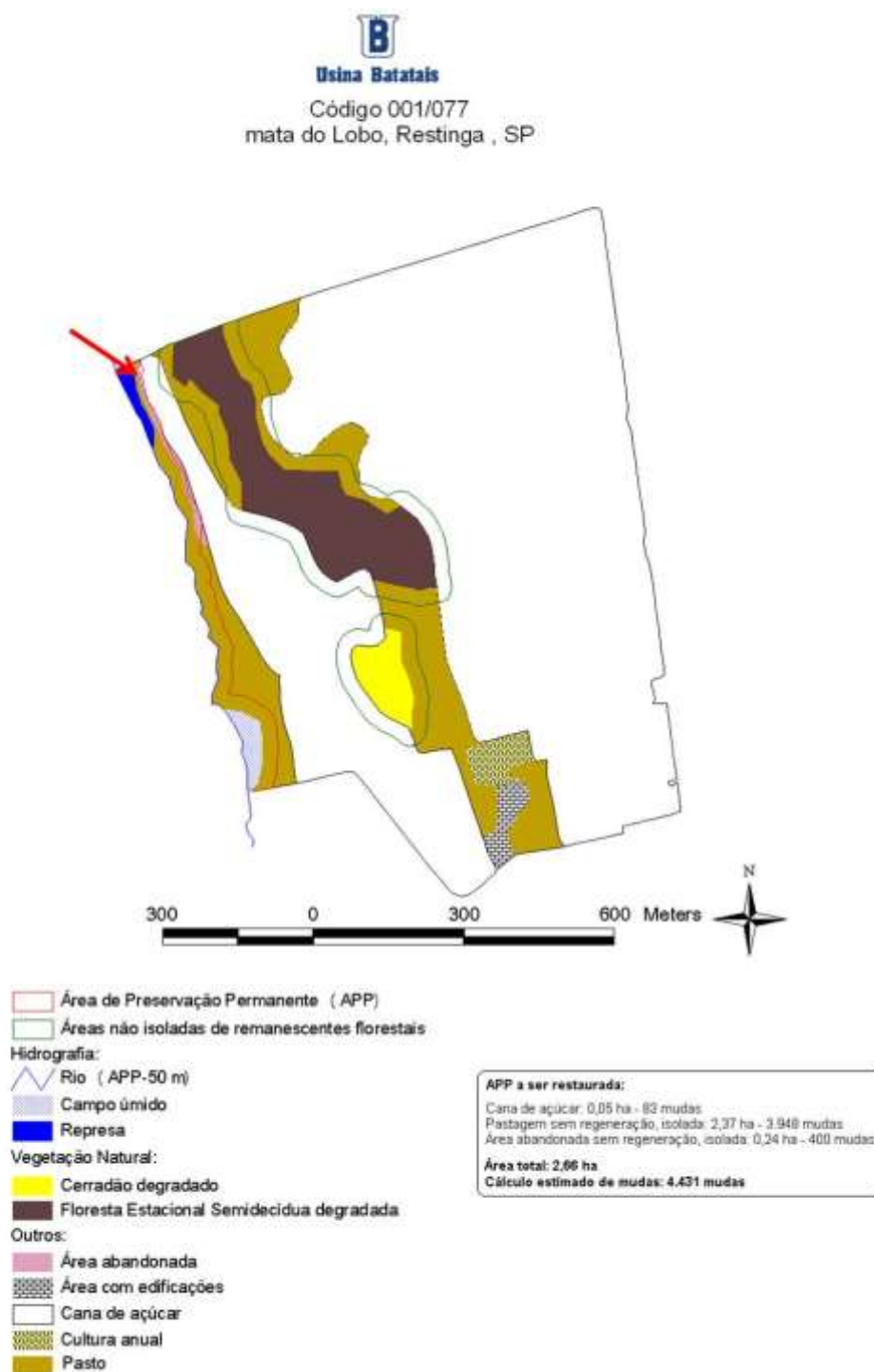


Figura 2 - Mapa de adequação ambiental da Fazenda Nossa Senhora das Graças, Batatais, SP (LERF, 2005). A seta vermelha aponta o local do experimento



Figura 3 - Área de estudo na Fazenda Nossa Senhora das Graças (plantio inicial), Batatais, SP, destacada em vermelho (Fonte da imagem de satélite: GoogleTM Earth, 2011)



Figura 4 – Área onde foram implantadas as parcelas de estudo em área de plantio inicial de restauração, na Fazenda N. S. das Graças em Batatais, SP, preparada para o plantio

Conforme informações obtidas por comunicação pessoal com os funcionários mais antigos da Usina, a área de estudo foi utilizada nos dez anos anteriores ao plantio como pastagem para gado.

Os tratos culturais realizados antes do plantio das mudas foram subsolagem nas linhas de plantio, aplicação de herbicida e perfuração das covas com enxada rotativa.

3.1.2 Fazenda Coqueiros

Localiza-se no Município de Batatais, SP, onde o Clima segundo a classificação de Köppen é Cwa, clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e pluviosidade em torno de 1.549mm/ano (CEPAGRI, 2013). A estação de chuvas concentra-se principalmente de novembro a março, e a temperatura varia entre 8° e 34°C. A região situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí-Mirim, a altitude média é de 860m (BATATAIS, 2013) e o relevo é suave ondulado (OLIVEIRA et al., 1999). A propriedade encontra-se na coordenada 47° 34' 32" O e 20° 44' 48" S (Figura 5),

possui 371,27ha e participou da segunda fase do Programa de Adequação Ambiental realizado pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF da ESALQ/USP (Figura 6). A área de estudo faz parte da Área de Preservação Permanente da propriedade, que foi plantada há aproximadamente 6 anos com espécies nativas, espaçamento 3x2m e seguindo o modelo de recobrimento e diversidade. Esta área apresenta um dossel de aproximadamente 5 a 7m, baixa regeneração e alta densidade de gramíneas, provavelmente devido ao baixo sombreamento e formação incipiente de dossel (Figura 7). O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Férrico, Distroférrico ou Epieutroférrico, textura fina (COOPERSUCAR, 2013).

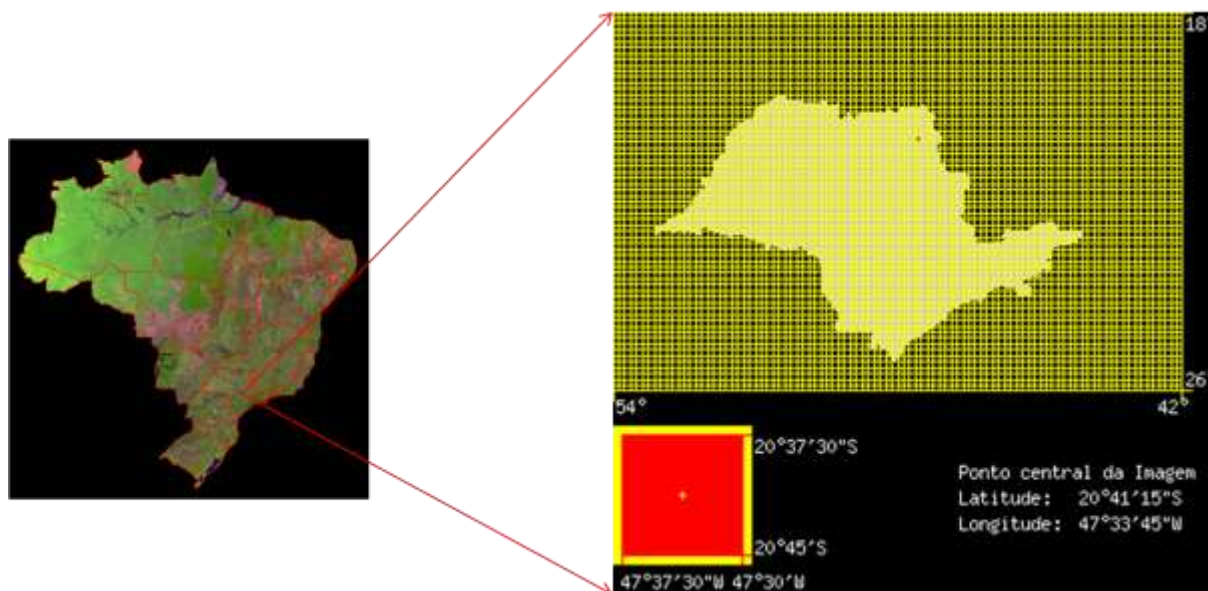


Figura 5 - Localização da Fazenda Coqueiros no Estado de São Paulo e no Brasil (MIRANDA; COUTINHO, 2004)

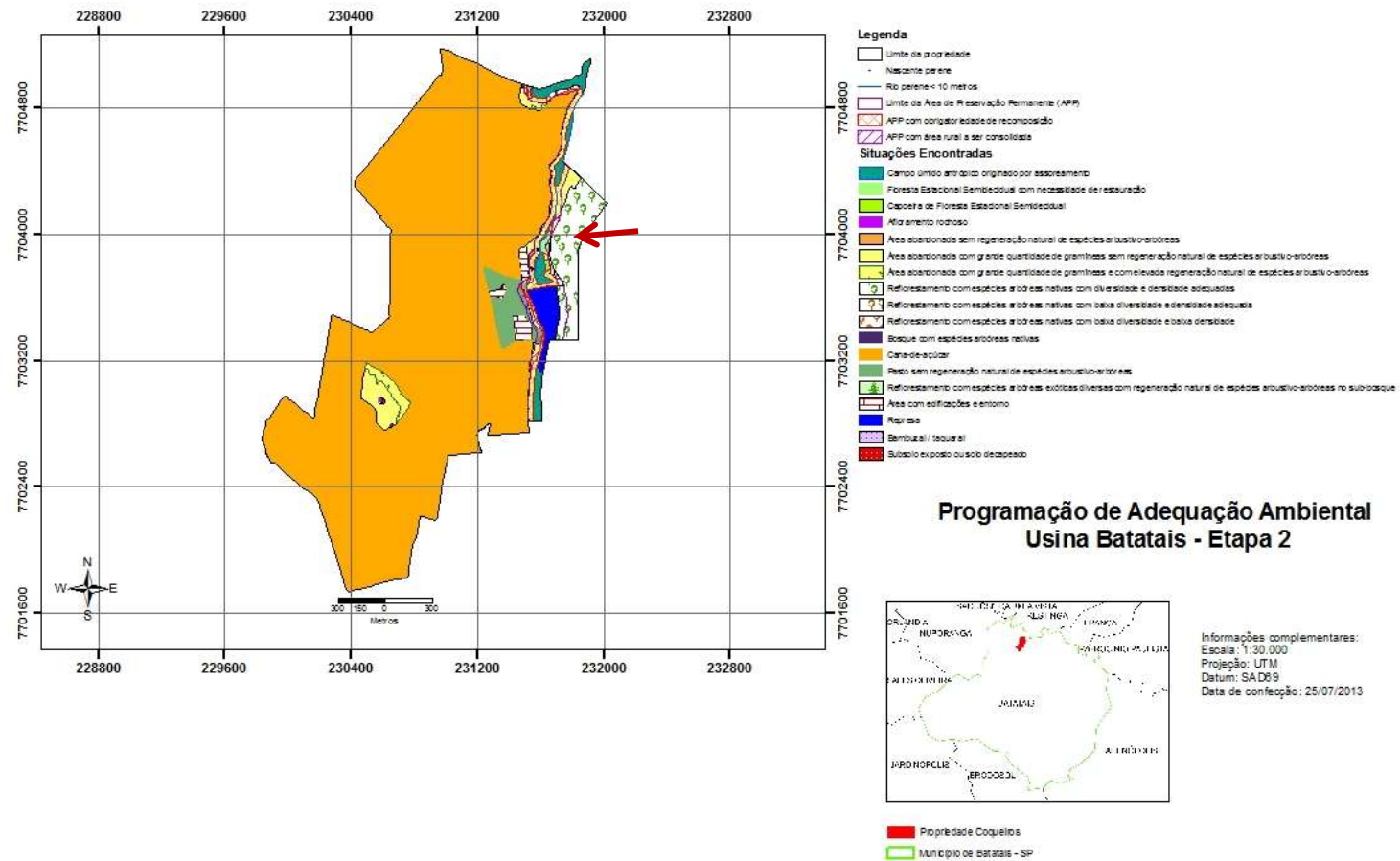


Figura 6 - Mapa de adequação ambiental da Fazenda Coqueiros, Batatais, SP (LERF, 2013). A seta vermelha indica o local do plantio de enriquecimento



Figura 7 - Área de Preservação Permanente na Fazenda Coqueiros, Batatais, SP, plantada com espécies nativas em 2007 (com aproximadamente 5 anos de plantio no início do experimento)

Conforme informações obtidas por comunicação pessoal com os funcionários mais antigos da Usina, a área de estudo foi utilizada nos anos anteriores ao plantio de restauração com cultura de cereais como soja e milho.

Os tratos culturais realizados antes do plantio de restauração, em 2007, foram gradagem e preparação de curvas de nível altas, subsolagem, e plantio manual das mudas seguindo o modelo de alternância entre espécies de recobrimento e diversidade.

3.1.3 Fazenda Santa Ernestina

Localiza-se no Município de Batatais, SP, onde o Clima segundo a classificação de Koëppen é Cwa, clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e pluviosidade em torno de 1.549mm/ano (CEPAGRI, 2013). A estação de chuvas concentra-se principalmente de novembro a março, e a temperatura varia entre 8° e 34°C. A região situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí-Mirim, a altitude média é de 860m (BATATAIS, 2013) e o relevo é suave ondulado (OLIVEIRA et al., 1999). A propriedade, localizada na coordenada 20°45'39.90"S 47°35'0.48"O (Figura 8),

possui 415ha e participou do Programa de Adequação Ambiental realizado pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF da ESALQ/USP no ano de 2005 (Figura 9). A área de estudo faz parte da Reserva Legal da propriedade, que foi plantada há aproximadamente 10 anos com espécies nativas e espaçamento 3x2m. Esta área apresenta um dossel de aproximadamente 8 a 10m, baixa regeneração e alta densidade de herbáceas e gramíneas no sub-bosque, além de estar visivelmente em declínio, provavelmente devido à baixa diversidade e uso de muitas espécies pioneiras no plantio de restauração (Figura 10). O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Férrico, Distroférrico ou Epieutroférrico, textura fina (COOPERSUCAR, 2013).

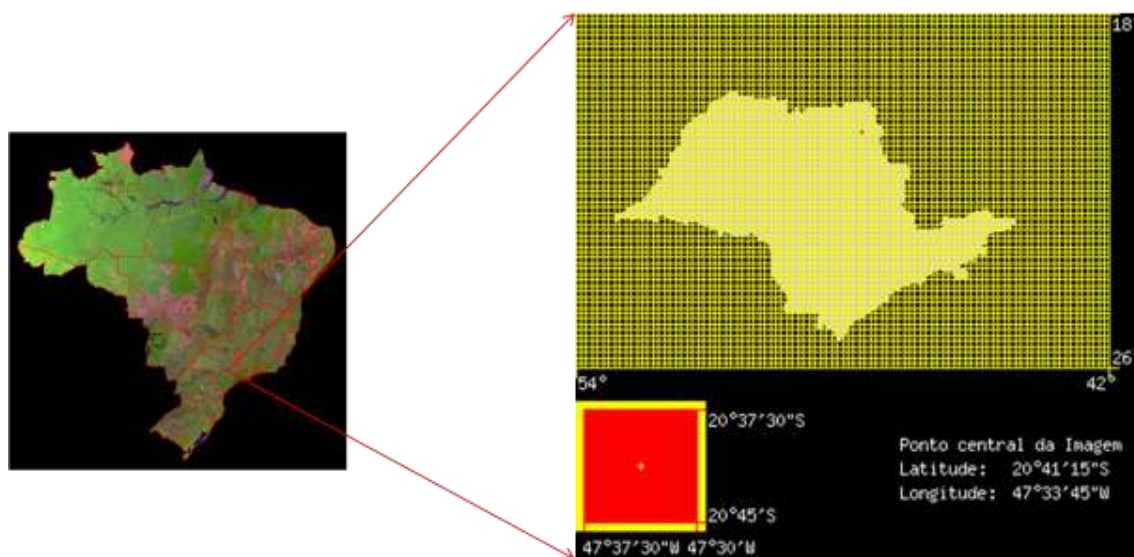


Figura 8 - Localização das propriedades Coqueiros e Santa Ernestina no Estado de São Paulo e no Brasil (MIRANDA; COUTINHO, 2004)

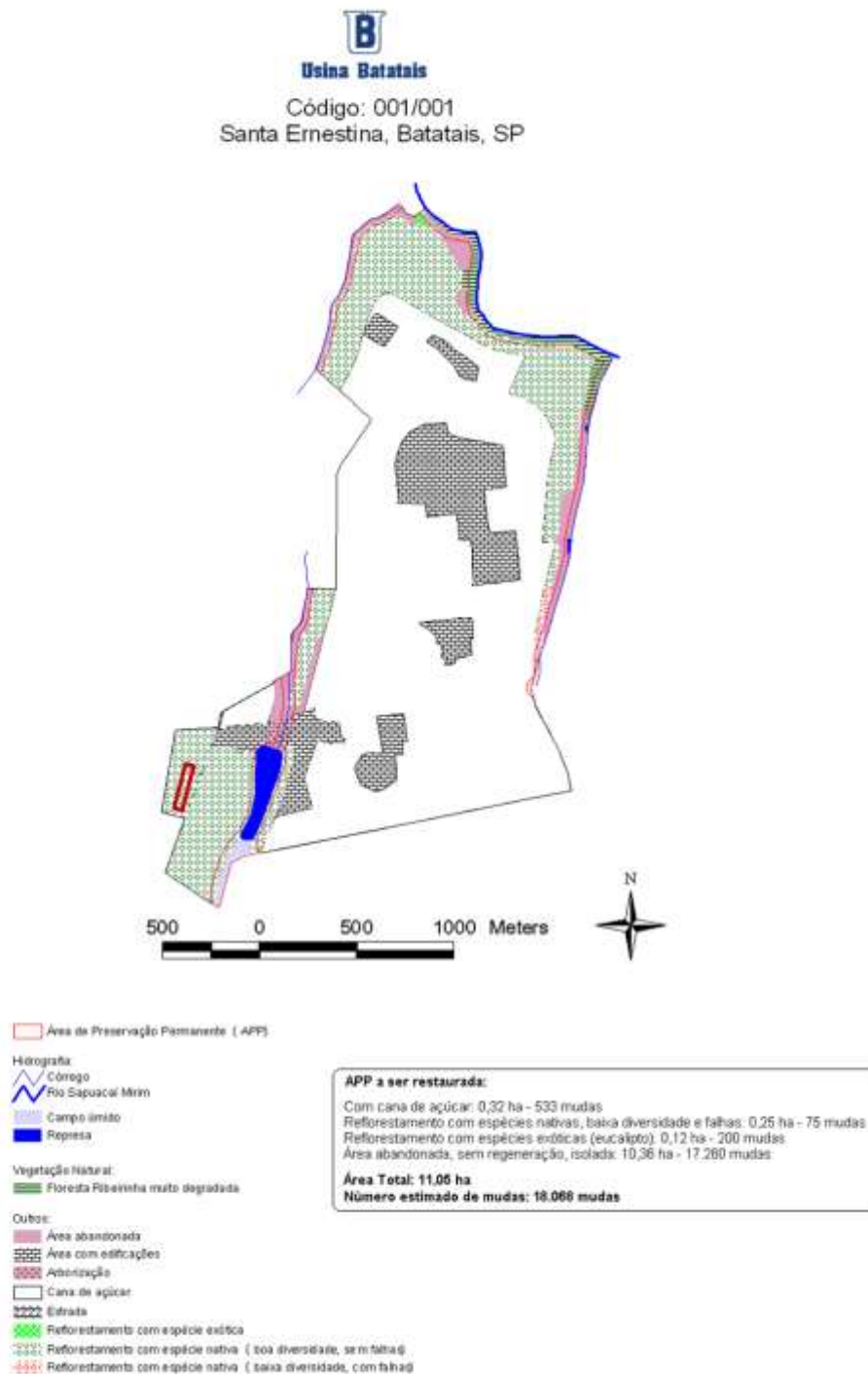


Figura 9 - Mapa de adequação ambiental da Fazenda Santa Ernestina, Batatais, SP (LERF, 2005). O retângulo vermelho aponta o local do experimento



Figura 10 - Área de Reserva Legal na Fazenda Santa Ernestina, Batatais, SP, plantada com espécies nativas há aproximadamente 10 anos

Conforme informações obtidas por comunicação pessoal com os funcionários mais antigos da Usina, a área de estudo foi utilizada nos anos anteriores ao plantio com cultura de cana-de-açúcar.

Os tratos culturais realizados antes do plantio de restauração foram gradeamento, subsolagem nas linhas de plantio, aplicação de herbicida e abertura manual das covas.

3.1.4 Fazenda São José do Belo Horizonte

Localiza-se no Município de Restinga, SP, na Fazenda São José do Belo Horizonte. A propriedade, localizada entre as coordenadas 20°38'58.48"S 47°25'2.81"O e 20°40'23.02"S 47°23'1.70"O (Figuras 11 e 12), possui 514,03ha e é utilizada pela Usina Batatais S/A - Açúcar e Alcool, tendo participado do Programa de Adequação Ambiental realizado pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF da ESALQ/USP no ano de 2005 (Figura 13). Nesta propriedade há um fragmento remanescente de Floresta Estacional Semidecidual muito degradado de aproximadamente 142ha, na coordenada 20°40'6.12"S 47°23'40.62"O (Figura 14), onde foi instalado o experimento de enriquecimento. O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Férrico Acriférrico ou Endoacriférrico, texturas finas. (COPERSUCAR, 2000). O Clima segundo a classificação de Koëppen é Cwa, clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e pluviosidade em torno de 1.597mm/ano (CEPAGRI, 2013). A estação de chuvas concentra-se principalmente de outubro a março, e a temperatura varia entre 10° e 29°C, a região situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí e a altitude média é de 900m (CEPAGRI, 2013).

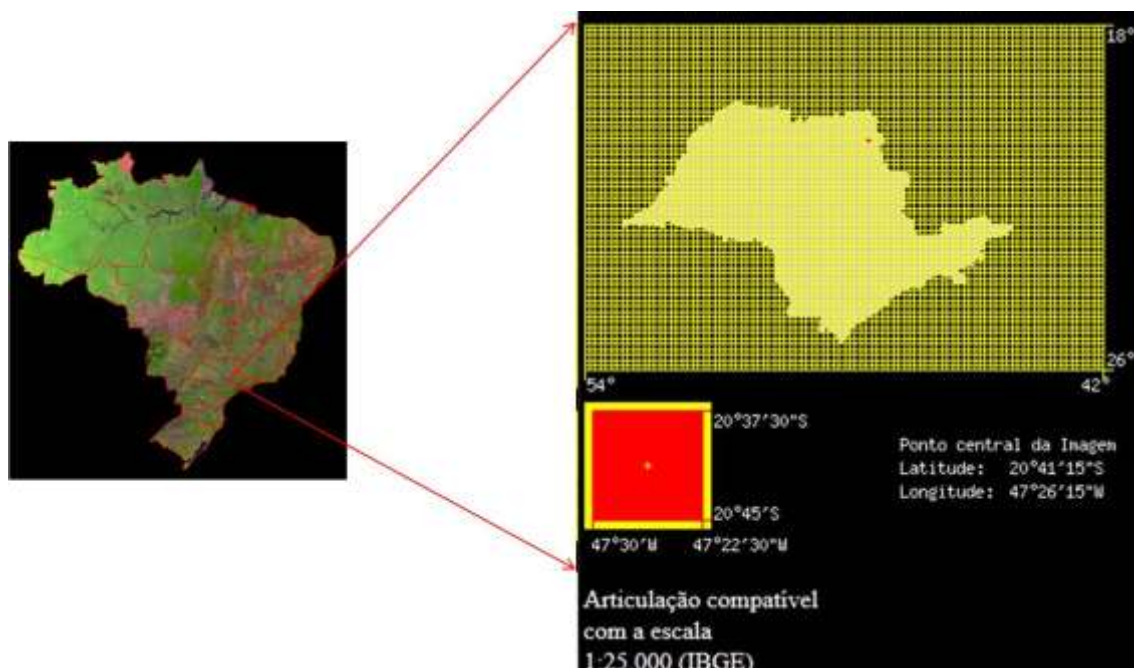


Figura 11 - Localização da propriedade São José do Belo Horizonte no Estado de São Paulo e no Brasil (MIRANDA; COUTINHO, 2004)



Figura 12 - Vista aérea da Fazenda São José do Belo Horizonte, Restinga, SP, onde foi implantado o experimento de enriquecimento de um fragmento remanescente (local do plantio circulado em vermelho). (Fonte da imagem de satélite: GoogleTM Earth, 2013)

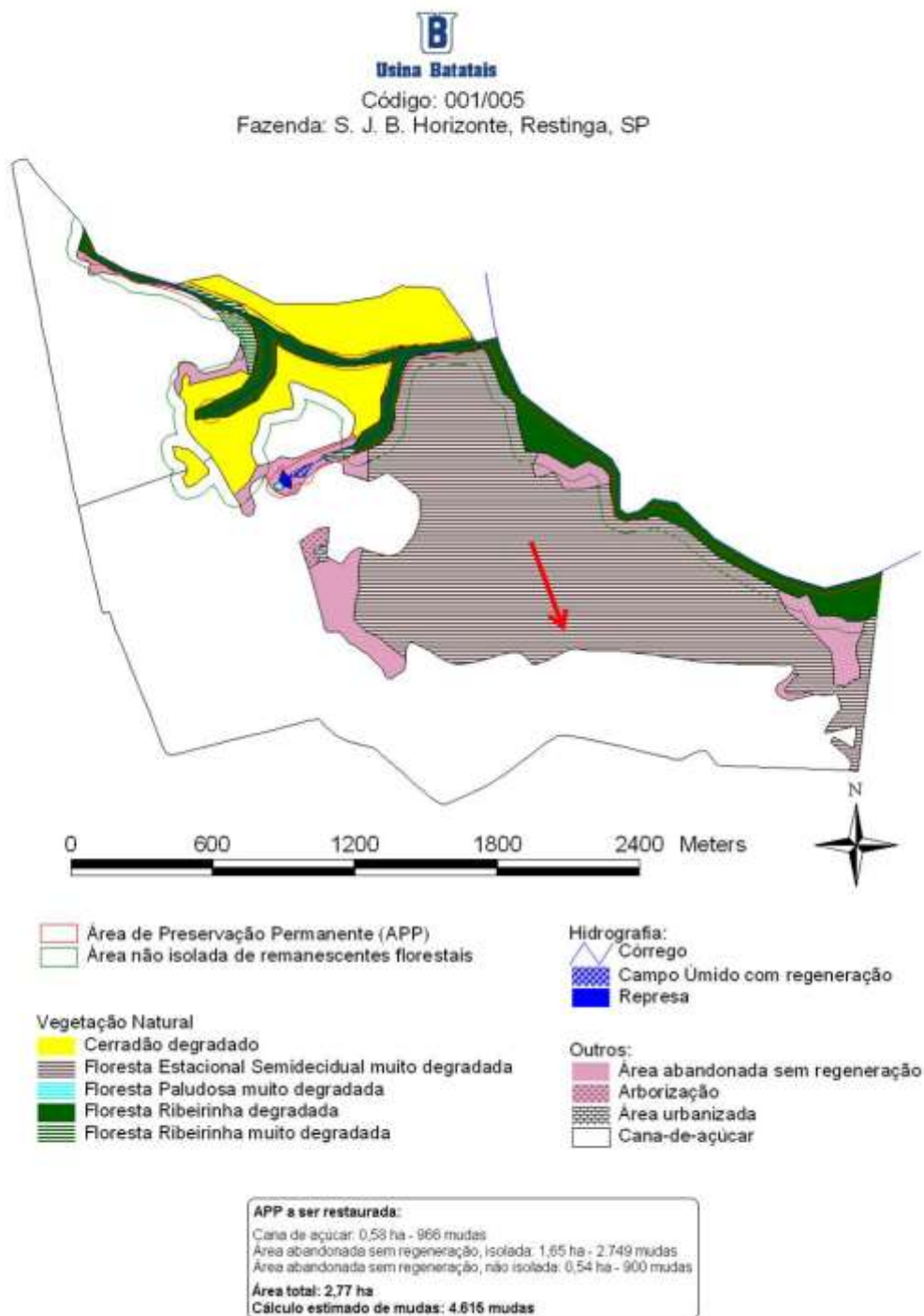


Figura 13 - Mapa de adequação ambiental da Fazenda São José do Belo Horizonte, Batatais, SP (LERF, 2005). A seta vermelha aponta o local do experimento



Figura 14 – Fotos do fragmento remanescente degradado onde foi realizado o estudo, em Restinga-SP. A e B - vista externa, C - aspecto do interior do fragmento, onde foram plantadas as mudas

Conforme informações obtidas por comunicação pessoal com os funcionários mais antigos da Usina, o entorno da área de estudo foi utilizado há mais de 20 anos com pastagem para gado, e nos últimos 20 anos com cultura de cana-de-açúcar. Não há registros de que tenha ocorrido fogo ou distúrbios naturais no fragmento remanescente.

Este fragmento se encontra bastante degradado, com poucas áreas ainda com estrutura de dossel. No geral apresenta elevada massa de lianas sobre pedaços de árvores remanescentes. Além disso, está cercado por elevada massa de gramíneas como capim-colonião, que dificultam o acesso.

3.2 Escolha das espécies e obtenção das mudas

O experimento como um todo contemplou dois tipos de plantio, um plantio total de restauração com espécies de recobrimento e diversidade, incluindo as típicas de sub-bosque no segundo grupo, e três plantios de enriquecimento somente com espécies típicas de sub-bosque. As mudas de espécies típicas de sub-bosque foram então compradas para todos os plantios, enquanto que as mudas de recobrimento e diversidade somente para o plantio inicial.

As espécies foram escolhidas com base nos levantamentos florísticos realizados em fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual das fazendas durante o Programa de Adequação Ambiental da Usina Batatais. A partir desses levantamentos foi elaborada uma lista de espécies típicas de sub-bosque nativas presentes na região, que foi enviada a diversos viveiros comerciais em busca de mudas. O mesmo foi feito dividindo as espécies nativas regionais encontradas nesses levantamentos em grupos de plantio, e então foi enviada uma lista com as espécies de dossel separadas em recobrimento e diversidade para os viveiros. As 30 espécies escolhidas (Tabela 1), então, foram aquelas que estavam presentes nos levantamentos da flora regional remanescente e que foram encontradas mudas em quantidade suficiente e qualidade para o plantio em janeiro de 2012. No plantio inicial de restauração, o grupo de diversidade foi composto por 5 espécies de dossel e 10 espécies típicas de sub-bosque, enquanto o de recobrimento foi composto por 15 espécies. As mesmas espécies típicas de sub-bosque utilizadas no plantio inicial foram plantadas nas três áreas de enriquecimento. As mudas foram compradas nos viveiros Bioflora, situado em Piracicaba-SP, EPR, em Piraju-SP e José Lazzarini, em Batatais-SP. As mudas

estavam em tubetes de 56cm³ e pelo menos 20cm de altura, com bom enraizamento e torrão bem formado.

Tabela 1 - Espécies selecionadas para o experimento, sendo o grupo de plantio (GP) separado em diversidade (D) e recobrimento (R); e hábito (Hab) separado em típicas de sub-bosque (SB) e dossel (DS)

GP	Hab	Família	Espécie	Nome popular	Sigla
D	SB	Myrtaceae	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	grumixama	GRU
D	SB	Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i> DC.	guamirim	GUA
D	SB	Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	cereja-do-rio-grande	CER
D	SB	Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	uvaia	UVA
D	SB	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	PIT
D	SB	Rutaceae	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	amarelinho	AMA
D	SB	Celastraceae	<i>Maytenus truncata</i> Reisssek	espinheira-santa	ESPI
D	SB	Myrtaceae	<i>Myrciaria trunciflora</i> O.Berg.	jabuticaba	JAB
D	SB	Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.	pimentinha-de-macaco	PIM
D	SB	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	tajuvinha	TAJ
D	DS	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico-branco	ANG
D	DS	Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	JER
D	DS	Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	ipê-roxo	IPE
D	DS	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	JAT
D	DS	Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	CAN
R	DS	Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	monjoleiro	MON
R	DS	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltld.	fruto-de-sabiá	FRUS
R	DS	Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	escova-de-macaco	ESCO
R	DS	Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> Link	pata-de-vaca	PATA
R	DS	Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	CAP
R	DS	Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baillon	sangra-d'água	SAN
R	DS	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutambo	MUT
R	DS	Malvaceae	<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	algodoeiro	ALG
R	DS	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-branco	INGB
R	DS	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	ingá-vera	INGV
R	DS	Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> Saint-Hilaire	dedaleiro	DED
R	DS	Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	AÇM
R	DS	Fabaceae	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin et Barn	pau-cigarra	PAUC
R	DS	Solanaceae	<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal	fumo-bravo	FB
R	DS	Solanaceae	<i>Solanum variabile</i> Mart.	jurubeba-de-espinho	JURU

3.3 Implantação dos experimentos e delineamento experimental

Nos dias 2 e 3 de janeiro de 2012 as mudas foram levadas para o viveiro da Usina Batatais e organizadas em bandejas de acordo com a ordem sorteada para o plantio, para facilitar a formação das parcelas em campo.

O plantio das mudas foi realizado no dia 04 de janeiro do ano de 2012, com auxílio dos funcionários da Usina Batatais que abriram as covas utilizando cavadeira articulada e enxada e fizeram o plantio manual das mudas.

Passados 15 dias do plantio, foram avaliadas quais mudas morreram e estas foram replantadas, buscando reduzir o efeito do dia do plantio. Esta foi a única vez

que uma muda morta foi substituída, sendo sempre da mesma espécie, respeitando o delineamento experimental.

Os tratamentos culturais aplicados, sempre que necessário, na área do experimento, foram herbicida para controle de gramíneas competidoras, coroamento das mudas com enxada para limpeza do entorno e controle químico de formigas cortadeiras. Não foi utilizada adubação de base ou de cobertura, conforme prática comum na usina, uma vez que o solo da região é considerado bastante fértil.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 10 repetições em cada área de estudo. O tratamento então foi a condição local de plantio das mudas, tendo sido escolhidas quatro áreas: plantio inicial de restauração, áreas com plantio de restauração com 5 e 10 anos de implantação e um fragmento remanescente degradado. Como 10 repetições foram implantadas em uma mesma área de estudo para cada condição de plantio (tratamento), sabemos que há uma limitação no delineamento experimental quanto à pseudorepetição (*sensu* HURLBERT, 1984), que será considerada na discussão dos resultados.

3.3.1 Área de Plantio Inicial de restauração

Na área de plantio inicial, foram incluídas nas parcelas espécies de recobrimento e diversidade (dossel e típicas de sub-bosque). Cada parcela foi plantada em dez linhas de três mudas, distantes 3m entre linhas e 2m entre mudas (espaçamento 3x2m), ficando cada parcela com 27x4m ou 108m². A disposição das espécies de mudas nas parcelas nesta área foi sorteada respeitando a alternância entre recobrimento e diversidade, ou seja, os grupos de plantio foram distribuídos de forma sistemática, porém as espécies de forma aleatória (Figura 15). Uma vez sorteada a ordem de espécies para uma linha (3 mudas), esta ordem ficou fixa, variando somente sua localização nas parcelas. A distribuição foi feita desta maneira para evitar a variação de influência da espécie plantada imediatamente ao lado de cada muda na linha. Somando as 10 mudas de cada espécie, 1 de cada espécie por parcela, chegamos a um total de 300 mudas (30 espécies). Foi tomado o cuidado de situar as parcelas pelo menos 3 metros distantes entre si.

	Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3				Parcela 4				Parcela 5		
	SAN	AMA	JURU		CER	ALG	ANG		AÇM	GRU	ESCO		PIM	MUT	TAJ		SAN	AMA	JURU
	JAB	DED	IPE		MON	CAN	CAP		JAT	PATA	JER		INGV	ESPI	INGB		INGV	ESPI	INGB
	INGV	ESPI	INGB		GUA	FB	UVA		PAUC	PIT	FRUS		JAB	DED	IPE		AÇM	GRU	ESCO
	PIM	MUT	TAJ		FRUS	PIT	PAUC		UVA	FB	GUA		SAN	AMA	JURU		FRUS	PIT	PAUC
	AÇM	GRU	ESCO		JER	PATA	JAT		CAP	CAN	MON		CER	ALG	ANG		MON	CAN	CAP
	JER	PATA	JAT		AÇM	GRU	ESCO		CER	ALG	ANG		MON	CAN	CAP		JAB	DED	IPE
	FRUS	PIT	PAUC		PIM	MUT	TAJ		SAN	AMA	JURU		GUA	FB	UVA		PIM	MUT	TAJ
	GUA	FB	UVA		INGV	ESPI	INGB		JAB	DED	IPE		FRUS	PIT	PAUC		JER	PATA	JAT
	CER	CAN	CAP		JAB	DED	IPE		INGV	ESPI	INGB		JER	PATA	JAT		GUA	FB	UVA
	MON	ALG	ANG		SAN	AMA	JURU		PIM	MUT	TAJ		AÇM	GRU	ESCO		CER	ALG	ANG
	Parcela 6				Parcela 7				Parcela 8				Parcela 9				Parcela 10		
	CER	ALG	ANG		SAN	AMA	JURU		JAB	DED	IPE		SAN	AMA	JURU		JER	JAT	PATA
	GUA	FB	UVA		PIM	MUT	TAJ		MON	CAN	CAP		CER	ALG	ANG		AÇM	GRU	ESCO
	JER	PATA	JAT		INGV	ESPI	INGB		CER	ALG	ANG		MON	CAN	CAP		PIM	MUT	TAJ
	PIM	MUT	TAJ		JER	PATA	JAT		FRUS	PIT	PAUC		JAB	DED	IPE		FRUS	PIT	PAUC
	JAB	DED	IPE		AÇM	GRU	ESCO		GUA	FB	UVA		INGV	ESPI	INGB		GUA	FB	UVA
	MON	CAN	CAP		GUA	FB	UVA		AÇM	GRU	ESCO		GUA	FB	UVA		INGV	ESPI	INGB
	FRUS	PIT	PAUC		FRUS	PIT	PAUC		JER	PATA	JAT		FRUS	PIT	PAUC		JAB	DED	IPE
	AÇM	GRU	ESCO		CER	ALG	ANG		INGV	ESPI	INGB		PIM	MUT	TAJ		MON	CAN	CAP
	INGV	ESPI	INGB		MON	CAN	CAP		PIM	MUT	TAJ		AÇM	GRU	ESCO		CER	ALG	ANG
	SAN	AMA	JURU		JAB	DED	IPE		SAN	AMA	JURU		JER	PATA	JAT		SAN	AMA	JURU

Figura 15 – Esquema ilustrativo da disposição das espécies nas parcelas experimentais de plantio total, misto de espécies de dossel e típicas de sub-bosque, Batatais-SP

3.3.2 Plantios de 5 e 10 anos e fragmento remanescente

Nestas áreas foi realizado plantio de enriquecimento, utilizando apenas as mudas de espécies típicas de sub-bosque, por já haver uma estrutura florestal nos locais de estudo.

O plantio das mudas foi realizado em parcelas (Figura 16), sendo colocada uma muda de cada espécie em cada parcela, em cinco linhas de duas mudas, distantes 2m entre linhas e 2m entre mudas (espaçamento 2x2m), ficando cada parcela com 8x2m ou 16m². Assim como foi feito na área de plantio inicial, uma vez sorteada a ordem de espécies para uma linha (2 mudas), esta ordem ficou fixa, variando somente sua localização nas parcelas. Foram plantadas 10 parcelas em cada área, completando 10 mudas de cada espécie (1 muda de cada espécie por parcela) e 100 mudas por área. Foi tomado o cuidado de situar as parcelas sempre sob o dossel, evitando as clareiras, e distantes pelo menos 3 metros entre si.

Na Fazenda Coqueiros (plantio com 5 anos) foi necessário o preparo prévio da área com uso de herbicida para eliminação da elevada massa de gramíneas ali presente.

Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3				Parcela 4				Parcela 5	
AMA	JAB			UVA	PIT			PIM	TAJ			GRU	CER			GUA	ESPI
GUA	ESPI			GRU	CER			GUA	ESPI			UVA	PIT			GRU	CER
PIM	TAJ			PIM	TAJ			AMA	JAB			AMA	JAB			AMA	JAB
GRU	CER			GUA	ESPI			UVA	PIT			GUA	ESPI			PIM	TAJ
UVA	PIT			AMA	JAB			GRU	CER			PIM	TAJ			UVA	PIT
Parcela 6				Parcela 7				Parcela 8				Parcela 9				Parcela 10	
UVA	PIT			AMA	JAB			GRU	CER			PIM	TAJ			GUA	ESPI
PIM	TAJ			PIM	TAJ			GUA	ESPI			GRU	CER			AMA	JAB
AMA	JAB			UVA	PIT			UVA	PIT			UVA	PIT			UVA	PIT
GRU	CER			GUA	ESPI			PIM	TAJ			AMA	JAB			GRU	CER
GUA	ESPI			GRU	CER			AMA	JAB			GUA	ESPI			PIM	TAJ

Figura 16 – Esquema ilustrativo da disposição das espécies nas parcelas de enriquecimento das áreas com 5 e 10 anos de plantio e fragmento remanescente, com espécies típicas de sub-bosque, Floresta Estacional Semidecidual, Batatais-SP

3.4 Caracterização dos atributos de qualidade do solo

3.4.1 Atributos químicos e de fertilidade do solo

A área ocupada por cada parcela foi sistematicamente dividida em 3 regiões: superior, média e inferior. Foram coletadas então 3 amostras de solo (0-20 cm de profundidade) em cada região e homogeneizadas em balde plástico, formando 3 amostras por parcela, 1 em cada região, totalizando 30 amostras por área de estudo.

As análises químicas foram determinadas no Laboratório de Química do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), em Piracicaba-SP.

Foram medidos os valores de pH em água e em KCl 1M. Os cátions trocáveis (Na, K, Ca e Mg) e P foram obtidos através do método de resina de troca iônica. O alumínio trocável foi determinado utilizando-se como solução extratora KCl 1M. A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black (pela oxidação com

dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal). A acidez potencial (H+Al) foi obtida por extração com acetato de cálcio a pH 7,0.

Destas determinações foram obtidos os seguintes parâmetros: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e percentagem de saturação em bases.

Os métodos analíticos constam de CAMARGO et al. (1986) e EMBRAPA (1997).

3.4.2 Granulometria do solo

Do mesmo solo coletado para análise química foram separadas amostras para realização da análise granulométrica sendo realizado no Laboratório de Física do Solo, pertencente ao Departamento de Solos da ESALQ/USP.

A análise granulométrica foi determinada após dispersão com NaOH 1mol L⁻¹, agitação mecânica por 16 horas e peneiramento úmido em peneira de malha de 0,053 mm, obtendo-se a fração areia. A argila foi obtida computando-se o tempo de sedimentação segundo lei de Stokes, empregando-se o método da pipeta (EMBRAPA 1997). O silte foi calculado por diferença.

3.4.3 Porosidade e densidade do solo

Foram retiradas 2 amostras de cada parcela, com estrutura indeformada, por meio de anéis volumétricos do tipo Köppeck, com volume de 100 cm³, sendo cada amostra coletada em uma de duas profundidades, 0-5 cm e 15-20 cm segundo a metodologia descrita em KIEHL (1979). A densidade do solo foi calculada pela razão entre a massa de solo seco em estufa contido no anel pelo volume do anel, de acordo com procedimentos descritos em CAMARGO et al. (1986). O solo foi secado na estufa a 105-110°C por 24 horas e pesado. A densidade do solo foi calculada a partir do volume do anel ($V = \pi r^2 h$) (eq. (1))

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (1)$$

Em que D_s é a densidade do solo (g cm⁻³), M_s a massa de solo seco (g) e V_t o volume do anel (cm³).

A determinação da densidade de partículas foi efetuada, sobre amostras secadas em estufa, pelo método do picnômetro descrita em JACOB e CLARKE (2002). As vantagens dessa técnica são as facilidades de uso e a alta precisão. A

densidade de partículas corresponde à massa de partículas por unidade de volume de partículas como mostra a equação (2).

$$D_p = \frac{M_p}{V_p} \quad (2)$$

Em que D_p é a densidade de partículas (g cm^{-3}), M_p é a massa de partículas (g) e V_p o volume de partículas (cm^3).

Para a determinação da macroporosidade do solo (M_a), microporosidade do solo (M_i) e porosidade total do solo (P_t) nas parcelas, foram utilizadas as mesmas amostras de solo coletadas para a avaliação da densidade do solo. No laboratório o volume de solo foi ajustado ao volume do anel. Posteriormente, as amostras foram saturadas por capilaridade por um período de 48 horas, pesadas e submetidas à mesa de tensão no potencial de 6kPa para determinação da M_a (TOPP; ZEBCHUK, 1979). Após isso, as amostras foram secas em estufa a 105°C para determinação da densidade do solo pelo método descrito em EMBRAPA (1979).

A P_t foi calculada usando a relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, utilizando a equação (3) (CAMARGO et al., 1986)

$$P_t = [1 - D_s/D_p] \times 100 \quad (3)$$

Em que P_t é a porosidade do solo, D_s é a densidade do solo (g cm^{-3}) e D_p é a densidade de partículas (g cm^{-3}).

A M_i do solo foi obtida pela diferença entre porosidade total e macroporosidade do solo (EMBRAPA, 1997).

3.4.4 Umidade do solo

Amostras de solo foram retiradas na profundidade de 0-10cm, em cada uma das três regiões da parcela (superior, média e inferior), uma amostra por região. As coletas de amostras foram feitas em janeiro de 2013. Após a determinação do peso úmido das amostras e seus respectivos pesos secos, após secagem em estufa a 110°C , por 48h, foi determinada a umidade gravimétrica (UG) através da relação:

$$UG = (m_u - m_s)/m_s$$

Onde: UG é a umidade gravimétrica do solo; m_u corresponde a massa do solo úmido e m_s corresponde a massa do solo seco.

3.5 Pluviosidade

Os dados pluviométricos foram cedidos pela Usina Batatais, coletados na estação meteorológica presente na propriedade mais próxima à área de estudo.

3.6 Cobertura do dossel

Para avaliar o sombreamento em que as mudas foram plantadas foi verificada a cobertura do dossel sobre cada parcela, com o uso de densiômetro esférico côncavo, Modelo-C, marca Forest Densiometers. O densiômetro esférico possui um espelho côncavo dividido em 24 quadrados de mesmo tamanho e, posicionado nivelado horizontalmente, reflete o dossel sobre determinado ponto na mata. De acordo com Lemmon (1957), em cada um dos quadrados, deve-se imaginar 4 pontos equidistantes e determinar, em todos os quadrados, quantos desses pontos refletem a parte aberta do dossel (Figura 17). Em cada parcela do experimento, essa medida foi tomada 4 vezes, voltado para os diferentes pontos cardeais: sul, leste, norte e oeste. Para cada parcela, então, foi tirada a média das medidas dos quatro pontos cardeais. A média de pontos obtidos foi multiplicada por 1,04 para se obter a porcentagem de abertura do dossel sobre aquela parcela, isso porque o densiômetro é composto por 24 quadrados que, multiplicados por 4 pontos imaginários em cada, totalizam 96 pontos de observação, que devem ser transformados em uma razão de 100 pontos. A porcentagem de abertura do dossel subtraída de 100% resultou no valor da porcentagem de cobertura do dossel. Para facilitar a coleta dos dados foi utilizado um tripé de câmera fotográfica, sobre o qual o densiômetro foi nivelado e então com o auxílio de uma bússola eu me movimentei ao redor do equipamento me posicionando de frente para os 4 pontos cardeais e então realizando a contagem de pontos. Estes dados foram coletados nos meses de maio e junho de 2012, apenas uma vez em cada parcela, no ponto central de cada uma.

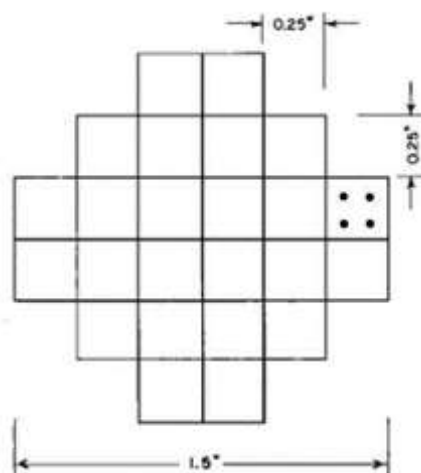


Figura 17 - Forma como espelho esférico côncavo é dividida em 24 quadrados de lado 0,25" (0,635cm). Em cada quadrado devem ser imaginados quatro pontos equidistantes e contados, para determinar a abertura do dossel (Fonte da imagem: LEMMON, 1957)

3.7 Florística do dossel

Em cada parcela foi realizada uma avaliação florística do dossel, sendo que foram verificadas as espécies das árvores que tivessem suas copas completa ou parcialmente sombreando a área de cada parcela experimental. A determinação das espécies, quando não realizada por mim, foi feita através de comparação com espécimes presentes no herbário ESA (ESALQ/USP) e por especialistas. As espécies encontradas foram classificadas em grupo sucessional, tipo de dispersão, regionalidade (nativa/exótica) e fenologia foliar, buscando discutir o estágio sucessional das áreas do experimento, a sazonalidade de sombreamento sobre as parcelas e possibilidade de atração de fauna. Foram consideradas exóticas todas espécies que não são nativas da Floresta Estacional Semidecidual. As espécies exóticas não foram classificadas em grupos sucessoriais nem fenológicos, pois estas informações são específicas para seu local de ocorrência natural e então não é possível afirmar que apresentariam o mesmo comportamento em outros ambientes. Elas não foram, portanto, contadas nas análises descritivas dos dados florísticos relativos a estes atributos.

A lista com todas as espécies encontradas no dossel, por área de estudo, encontra-se no Anexo A.

3.8 Observação das mudas plantadas

Para as mudas plantadas foram avaliadas a altura, mortalidade e herbivoria, sendo esta última uma estimativa visual das mudas realizada sempre por mim, entre

4 classes (0-25%, 26-50%, 51-75%, 76-100% de herbivoria). Foram realizadas 4 avaliações, sendo:

- a) Tempo Zero – um mês após o plantio das mudas, ou seja, 15 dias após o replantio, 9 de fevereiro de 2012.
- b) Tempo 1 – 6 meses após a primeira avaliação, 7 de agosto de 2012.
- c) Tempo 2 – 1 ano após a primeira avaliação, 31 de janeiro de 2013.
- d) Tempo 3 – ao final da estação chuvosa de 2013, 15 de maio de 2013.

Todas as mudas plantadas foram observadas e medidas, mas para fins de discussão dos resultados, todas as análises contemplaram apenas as típicas de sub-bosque.

3.9 Análise de dados

Os dados de cobertura de dossel foram comparados entre as quatro áreas de estudo pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (SIEGEL; CASTELLAN, 1988). Para verificação da diferença nas observações entre áreas, duas a duas, foi feito o teste Mann-Whitney. Ambas foram realizadas com o software Assistat 7.7 beta (SILVA, 2013).

Entre os dados de física do solo, os resultados de microporosidade não apresentaram distribuição normal e, portanto, foram analisados utilizando estatística não paramétrica. Para avaliar diferenças entre as profundidades amostradas, foi utilizado o teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para avaliar diferenças entre áreas de estudo, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e em seguida foram comparadas as áreas duas a duas com o teste de Mann-Whitney, ambos ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para macroporosidade, porosidade total e densidade do solo, tanto em função da área quanto em função da profundidade da amostra, foi utilizada análise de variância (ANOVA). Todas análises de física do solo foram realizadas com o software Assistat 7.7 beta (SILVA, 2013).

Para química do solo, apenas os resultados da análise de pH em H₂O satisfizeram os pressupostos da análise de variância e o teste *post-hoc* para comparação de médias foi o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para todos os outros atributos foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Mann-Whitney a 5%. Todas análises de química do solo foram realizadas com o software Assistat 7.7 beta (SILVA, 2013).

Os dados de umidade não apresentaram distribuição normal e por isso foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis e em seguida foram comparadas as áreas duas a duas com o teste de Mann-Whitney, ambos ao nível de 5% de probabilidade de erro. O mesmo foi realizado com os dados de granulometria do solo. Todas análises foram realizadas com o software Assistat 7.7 beta (SILVA, 2013).

Foi feito o cálculo da mortalidade em cada área de plantio em função das 3 medições no tempo. Para evitar a influência da mortalidade na avaliação anterior foi calculada a proporção de mudas mortas em cada avaliação considerando quantas sobreviventes havia na avaliação anterior. Foi realizado teste de Kruskal-Wallis com uso do software R para cada área de estudo (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Os dados de crescimento foram comparados entre áreas, para cada espécie, também pelo teste de Kruskal-Wallis e posteriormente pelo teste de Mann-Whitney para comparação das áreas duas a duas, utilizando o software Assistat 7.7 beta (SILVA, 2013).

Foi realizada ainda uma análise de componentes principais (PCA) para verificar a relação do crescimento das mudas com todas variáveis ambientais coletadas (química, física, umidade e granulometria do solo e cobertura do dossel). Para isolar o efeito do tamanho inicial da muda, para esta análise foi calculada a taxa de crescimento relativo (TCR), como $(\ln A_3 - \ln A_0) / (T_3 - T_0)$, sendo $\ln A_3$ e $\ln A_0$ o logaritmo natural das alturas das mudas na terceira avaliação e na primeira respectivamente, e $T_3 - T_0$ o intervalo em dias entre as avaliações. Esta análise foi feita utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 As áreas de estudo

4.1.1 Atributos químicos e de fertilidade do solo

Os modelos mais utilizados de restauração ecológica recomendam o uso de grande diversidade de espécies nativas regionais, de diferentes grupos ecológicos e necessidades nutricionais distintas, o que dificulta a elaboração de um modelo padrão de teores ideais de macro e micronutrientes no solo (GONÇALVES et al., 2000). Além disso, o conhecimento que se tem acumulado sobre fertilidade e potencial produtivo de solos em geral é embasado em pesquisas em áreas agrícolas, não sendo um bom referencial para análise de solos de áreas naturais (RODRIGUES, 1991). Outras dificuldades apontadas por Rodrigues (1991) na interpretação dos dados destes atributos são as possíveis divergências no método de extração dos elementos do solo para medição ou na unidade em que são apresentados os resultados, dificultando comparações com outras análises.

Portanto, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados com a ressalva de que algumas referências de fertilidade foram retiradas de uma cartilha para culturas agrícolas em solos tropicais elaborada por Ronquim (2010).

Oliveira e colaboradores (1982) realizaram uma descrição detalhada de um perfil de solo na região de Leme, em área de Floresta Estacional Semidecidual e LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico A moderado textura muito argilosa. Os dados descritos nesta avaliação também foram tomados como referência para as discussões do presente estudo.

Todos os atributos químicos do solo apresentaram diferença significativa entre áreas de estudo, conforme apresentado na Tabela 2.

O pH (potencial hidrogênico) do solo indica a quantidade de íons hidrogênio (H^+) existente no solo. Pode-se concluir então que um solo é ácido quando possui muitos íons H^+ e poucos íons cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}) e potássio (K^+), fornecendo indícios das condições gerais do solo. Solos com acidez elevada (baixo pH) geralmente apresentam pobreza em bases (cálcio e magnésio principalmente); elevado teor de alumínio tóxico; excesso de manganês; alta fixação de fósforo e deficiência de alguns micronutrientes (RONQUIM, 2010).

Em todas as áreas houve predominância de pH ácido, sendo que para o pH medido em solução de cloreto de potássio apenas a área de plantio inicial se

destacou das outras, apresentando menor pH médio, que também foi o menor das 4 áreas quando medido em água. Para o pH medido em água o maior pH médio foi encontrado no solo do fragmento remanescente.

Em três áreas em processo de restauração de diferentes idades, Bertacchi e colaboradores (2012) também encontraram pHs ácidos, sendo que até em uma área com 55 anos após plantio o pH estava abaixo do encontrado no fragmento remanescente deste estudo. No levantamento realizado por Oliveira et al. (1982), entretanto, os valores foram 6,5 para pH em KCl e 7,3 para pH medido em água, bem próximo de neutro, e acima dos valores do fragmento remanescente.

A partir da medida de pH nessas duas soluções pôde-se calcular o valor de ΔpH , que é uma estimativa do predomínio de cargas positivas ou negativas no solo, sendo que $\Delta\text{pH} = \text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$. Para todas as áreas este valor foi negativo, indicando que há predomínio de cargas elétricas positivas nas superfícies das partículas dos solos, o que eleva sua CTA (capacidade de trocas aniônicas).

Tabela 2 - Valores médios de pH (KCl), pH (H₂O), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação de alumínio (m%) no solo das áreas de estudo (plantio inicial, restaurações com 5 e 10 anos e fragmento remanescente, Batatais, SP)

Área de plantio	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	Ca (mmol _c /Kg)	Mg (mmol _c /Kg)	K (mmol _c /Kg)	H+Al (mmol _c /Kg)	P (mg/Kg)	Al (mmol _c /Kg)	MO (g/Kg)	CTC (mmol _c /Kg)	V%	m%
Plantio	4,55 B	5,22 C	27,37 B	15,97 B	6,52 A	84,63 A	0,68 B	4,88 A	52,29 B	134,51 B	36,88 B	9,51 A
5 anos	4,96 A	5,84 B	21,54 C	07,66 D	1,59 C	56,70 C	0,97 B	3,01 BC	39,89 C	87,50 D	35,17 B	8,64 A
10 anos	4,98 A	5,84 B	29,90 B	10,23 C	2,41 B	72,93 B	1,40 A	1,96 C	52,10 B	115,49 C	36,83 B	4,64 B
Fragmento	4,92 A	6,22 A	37,50 A	20,86 A	5,59 A	87,77 A	0,73 B	3,76 B	73,39 A	151,73 A	41,33 A	6,48 B

Nas colunas, médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente pelos testes de Tuckey (pH-H₂O) e de Mann-Whitney (todos os outros atributos) ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O alumínio no solo é considerado o inimigo de todas as culturas, porém, para plantas nativas, especialmente as do cerrado, o alumínio pode ser até essencial (JANSEN, 2003). A elevada concentração de íons de alumínio (Al^{+3}) está geralmente associada à deficiência de cálcio e acidez do solo, o que pode afetar a fisiologia e morfologia das plantas através da limitação do desenvolvimento de raízes, reduzindo seu crescimento (CASAGRANDE; SOARES, 2007; RONQUIM, 2010).

Para árvores nativas, a resposta à saturação por alumínio é muito variável entre espécies, mas, de maneira geral, se o alumínio trocável não ultrapassar determinada porcentagem dos cátions existentes na CTC efetiva não será prejudicial ao desenvolvimento das plantas (OSAKI, 1991; RONQUIM, 2010). O cálculo desta proporção é chamado Saturação em Alumínio (m%). Ainda segundo Osaki (1991), os valores de m% de referência para culturas agrícolas indicam que até 5% pode-se considerar que a saturação em alumínio é muito baixa e não prejudicial. De 5 a 10% este autor considera uma m% baixa e pouco prejudicial. É nesta faixa que a m% das áreas de estudo ficou, sendo as médias mais baixas para os solos das áreas de plantio de restauração com 10 anos de idade e do fragmento remanescente. Osaki (1991) considera ainda uma m% de 10 a 20% um valor médio e, a partir de 20%, um valor alto e prejudicial. Bertacchi et al. (2012) encontraram valores de m% acima de 20% em áreas em processo de restauração há 10 e 22 anos, e um valor próximo de 5% apenas em uma área de restauração com 55 anos.

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC) representa a quantidade total de cátions retidos ao solo em condição permutável, ou seja, a capacidade de liberação de vários nutrientes favorecendo a fertilidade (RONQUIM, 2010). Estes cátions disponíveis no solo são susceptíveis à lixiviação e, portanto, a retirada da cobertura florestal do solo pode causar drástica redução na CTC (CASAGRANDE; SOARES, 2007). As quatro áreas de estudo apresentaram diferenças significativas de CTC, sendo que a maior média foi encontrada no fragmento remanescente, seguido pela área de plantio inicial, restauração com 10 anos e por último a restauração com 5 anos.

Um fator que está intimamente relacionado com a CTC é o teor de matéria orgânica (MO), que é um componente fundamental para a capacidade produtiva do solo e sua redução é um dos principais indicativos de degradação.

A matéria orgânica (MO) afeta a agregação de partículas do solo e consequentemente sua densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água e susceptibilidade à erosão (CASAGRANDE; SOARES, 2007). A MO contém praticamente todos os macro e micronutrientes, sendo importante fonte nutritiva para as plantas e representando até 70% da CTC do solo (RAIJ, 1969). A MO atua ainda como um tampão do solo, diminuindo os riscos de desequilíbrios minerais (RONQUIM, 2010). Nas áreas de estudo, os maiores valores médios de MO foram encontrados no fragmento remanescente e na área de plantio inicial, que não diferiram significativamente. Em seguida, a área de 10 anos, e o menor valor de MO na área de 5 anos. Nota-se aqui que o período de cobertura florestal das áreas não foi o fator que determinou a contagem de matéria orgânica nos solos. Presumimos que estes resultados devem-se ao manejo anterior das áreas em restauração, pois a área de plantio inicial era anteriormente coberta por pastagem. Esta área foi preparada com aplicação de herbicida e gradagem, o que pode ter incorporado a matéria orgânica das gramíneas no solo.

O cálcio (Ca) é um elemento que cumpre múltiplas funções nas plantas superiores, sendo um importante componente da parede celular, e sua deficiência pode limitar o crescimento (MATOH; KOBAYASHI, 1998).

O Magnésio (Mg) desempenha funções em importantes reações bioquímicas das plantas, sendo um dos principais ativadores enzimáticos na respiração, fotossíntese, síntese de DNA e RNA, fazendo a regulação do pH celular e atuando no balanço cátion/ânion (trocas iônicas), além de ter também função estrutural, sendo componente da molécula de clorofila (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004; SORREANO et al., 2012).

O Potássio (K) é o maior agente osmótico catiônico das células e tecidos vegetais, atuando fortemente no fluxo de íons pela membrana celular, na regulação do pH para a síntese de ATP, e no controle estomático (EPSTEIN; BLOOM, 2006, SORREANO, et al., 2012).

Cálcio, magnésio e potássio foram encontrados em maior concentração nos solos do fragmento remanescente, sendo que para o potássio não houve diferença significativa entre esta área e a de plantio inicial.

Estes três elementos são as bases trocáveis de um solo, e a proporção da soma destes (SB) na capacidade de troca catiônica (CTC) expressa em

porcentagem é denominada saturação por bases (V%). A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo que os valores médios encontrados nas áreas de estudo foram abaixo de 50%, podendo ser considerados solos distróficos ou pouco férteis (RONQUIM, 2010).

Para os valores médios de V% houve diferença significativa entre áreas de estudo, sendo que apenas o fragmento remanescente se destacou das outras áreas e teve a maior média e também a mais próxima de 50%. Na área de referência descrita por Oliveira et al. (1982), entretanto, foi observada uma V% de 97%, valor muito acima do encontrado nas áreas de estudo, mostrando principalmente que o fragmento remanescente encontra-se bastante degradado.

O fósforo (P) faz parte do metabolismo energético das plantas, desde a fotossíntese, a respiração e o transporte de energia na forma de ATP. Além disso, é constituinte das moléculas de DNA e RNA, bem como dos fosfolipídios da membrana (FURLANI, 2004; ESPTEIN; BLOOM, 2005; SOREANO et al., 2012). Houve diferença significativa entre áreas de estudo para o teor de fósforo, sendo que a única área que se destacou das demais e também apresentou a maior média foi o plantio de restauração com 10 anos. Bertacchi et al. (2012) encontraram teores de fósforo muito acima dos teores de todas as áreas deste estudo.

Furtini Neto e colaboradores (2000) afirmam que implantações florestais têm ocorrido principalmente em solos de baixa fertilidade natural, nos quais o uso de fertilizantes tem sido restrito por causa da carência de estudos sobre as exigências nutricionais e a resposta à fertilização de espécies arbóreas nativas. Os resultados deste estudo mostram que apesar de alguns valores dos atributos químicos estarem dentro do aceitável, estas áreas corroboram esta afirmação, mostrando que mesmo em áreas de solo considerado muito fértil como as de Batatais, uma correção prévia de macro e micronutrientes pode ser desejável. Alguns estudos vem sendo conduzidos com objetivo de quantificar os teores ideais destes nutrientes para espécies nativas (FURTINI NETO et al., 1999a, 1999b, 2000; SORREANO et al., 2012), mas poucas espécies até agora foram estudadas .

Devido ao pouco conhecimento sobre a atuação dos nutrientes do solo diretamente ligada à fisiologia das espécies estudadas, não foram elaboradas

discussões a respeito da possível influência dos resultados destas análises nos resultados de crescimento e sobrevivência das mudas. Apesar disso, estes resultados compõem uma boa descrição das áreas de estudo e representam um ponto de partida que possibilitará a comparação com estudos futuros, podendo-se realizar inferências sobre a relação da evolução dos plantios de restauração e enriquecimento e as mudanças na qualidade do solo.

4.1.2 Granulometria do solo

As análises granulométricas do solo nas quatro áreas de estudo estão ilustradas na Figura 18.

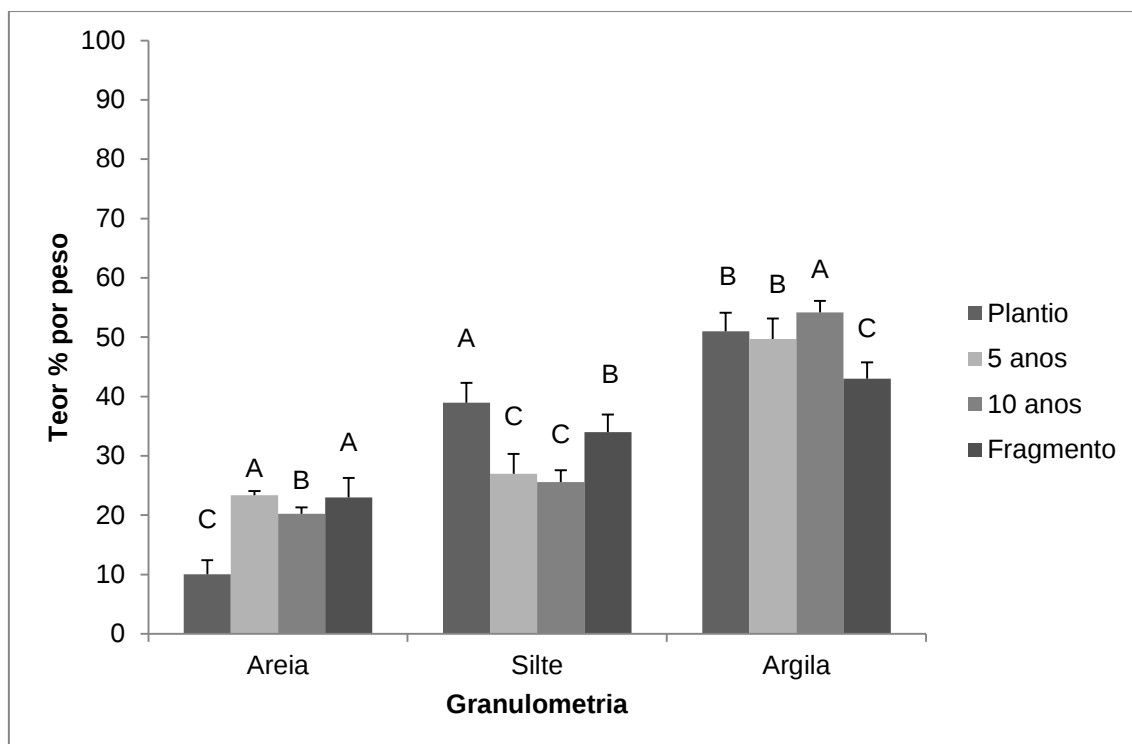


Figura 18 - Distribuição de tamanho de partícula (Areia, Silte, Argila) das quatro áreas de estudo, Batatais, SP. Cada barra e linha vertical representam, respectivamente, a média $\pm$ o desvio padrão. Para cada fração do solo, as médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro

Para todas as frações do solo houve diferença significativa entre áreas de estudo. A quantidade de areia foi maior na restauração com 5 anos (23,3%) e no fragmento remanescente (23%), intermediária na restauração com 10 anos (20,2%) e menor na área de plantio inicial (10%). Já o teor de silte foi maior na área de plantio inicial (39%), seguida pelo fragmento remanescente (34%) e por último nas áreas de restauração com 5 (27%) e 10 anos (25,6%), que não diferiram entre si. A fração argila foi a maior fração do solo nas quatro

áreas de estudo, sendo que teve maior quantidade no plantio de restauração com 10 anos (54,2%), seguido do plantio inicial (51%) e área de 5 anos de restauração (49,7%) e a menor quantidade no fragmento remanescente (43%). No levantamento de Oliveira et al. (1982) em solo de mesma classe textural foram encontrados os valores de 29% de areia, 17% de silte e 54% de argila.

4.1.3 Porosidade e densidade do solo

A análise de porosidade do solo evidenciou diferenças significativas entre profundidades apenas para microporosidade do solo, sendo que apenas na área de plantio inicial houve diferença entre as amostras coletadas em diferentes profundidades (Tabela 3). Entre áreas, não houve forte evidência de diferença na microporosidade de 15-20cm, sendo que a maior média foi da área de restauração com 10 anos. Já para profundidade de 0-5cm, as maiores médias foram nas três áreas de restauração, sendo que estas não diferiram significativamente entre si, mas se destacaram do fragmento remanescente, que teve a menor microporosidade nesta profundidade.

Tabela 3 - Valores médios da Microporosidade, Batatais, SP

Área de estudo	Microporosidade	
	0-5 cm	15-20 cm
Plantio	0,44±0,03 Aa	0,38±0,02 Bb
5 anos	0,43±0,02 Aa	0,40±0,04 ABa
10 anos	0,71±0,98 Aa	0,51±0,03 Aa
Fragmento	0,37±0,02 Ba	0,35±0,02 Ba

Nas colunas, médias seguidas por mesma letra maiúscula e, nas linhas, médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média±desvio padrão.

Bertacchi et al. (2012), em 3 áreas em processo de restauração de diferentes idades, encontraram valores de microporosidade variando entre 0,35 a 0,45 em 0-5cm de profundidade e de 0,35 a 0,42 em 15-20cm. Para ambas profundidades, somente o plantio de 10 anos deste estudo apresentou resultados acima destes valores.

Como os resultados de macroporosidade, porosidade total e densidade não diferiram entre profundidades, estão apresentados na Tabela 4 apenas os resultados em função da área de estudo, analisados todos juntos sem considerar a profundidade.

Tabela 4 - Valores médios de Macroporosidade, Porosidade Total e Densidade do Solo, Batatais, SP

Área de estudo	Macroporosidade		Porosidade Total		Densidade do Solo (g/cm ³)	
Plantio	0,19±0,08	B	0,61±0,04	BC	1,08±0,12	A
5 anos	0,18±0,06	B	0,60±0,02	C	1,12±0,07	A
10 anos	0,22±0,04	B	0,63±0,01	AB	1,06±0,05	AB
Fragmento	0,28±0,04	A	0,65±0,02	A	0,99±0,07	B

Nas colunas, médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média±desvio padrão.

A macroporosidade diferiu apenas no fragmento remanescente, que teve a maior média. Esta área também teve a maior porosidade total e a menor densidade. Inversamente, os solos das áreas de restauração tiveram menor macroporosidade e maior densidade, sendo que o plantio de 5 anos apresentou a menor porosidade total. Uma área de plantio de restauração com 5 anos de idade na região de Piracicaba-SP foi avaliada por Vasconcellos et al. (2013), que obteve valores semelhantes de macro e microporosidade que o plantio de 5 anos avaliados neste estudo, e a densidade do solo por eles encontrada foi maior.

No levantamento de Oliveira et al. (1982), referência para uma área natural, há o cálculo da porosidade total, que foi de 0,63, valor bem próximo ao de todas as áreas de estudo.

A densidade e a porosidade são propriedades inversamente proporcionais, sendo que estão altamente relacionadas com a compactação do solo, que é a alteração no volume pela expulsão do ar do solo, aumentando sua densidade (CASAGRANDE, SOARES, 2007; BERTACCHI, 2012). A compactação altera propriedades básicas do solo, principalmente o volume e a distribuição de macro e microporos, influenciando o crescimento de raízes pela resistência à penetração e aquisição de nutrientes. A compactação influencia também o armazenamento e movimentação de água, ar e calor no solo aumentando o escoamento superficial, lixiviação e erosão (CASAGRANDE; SOARES, 2007).

Outro fator que também influencia a porosidade é o teor de matéria orgânica, que atua como um agente cimentante, conferindo estabilidade aos agregados da estrutura do solo (CASAGRANDE; SOARES, 2007).

Com estes resultados pudemos verificar que o fragmento remanescente foi a área que apresentou melhores condições e porosidade *versus* compactação (densidade). As três áreas em processo de restauração apresentaram condições de solo equivalentes, não tiveram compactação acima do valor restritivo ao crescimento radicular (ARSHAD et al., 1996 *apud* BERTACCHI, 2012) e ainda apresentaram valores melhores até que o plantio de 55 anos em Cosmópolis avaliado por Bertacchi et al. (2012).

Estas sutis diferenças entre as análises de solos em geral se fazem interessantes para o propósito do estudo, que é avaliar o crescimento e sobrevivência das mudas entre áreas, aumentando a confiabilidade das comparações. Além disso, estes resultados corroboram com a análise de componentes principais, que não evidenciou relação entre os dados de crescimento das mudas com os das análises de solos.

4.1.4 Umidade do solo

A umidade do solo variou entre áreas de estudo conforme mostra a Figura 19.

A área cujo solo apresentou maior umidade foi o fragmento remanescente (40%). Já a área de dez anos apresentou a segunda maior umidade do solo (37%). As áreas de plantio inicial (32%) e a de 5 anos (33%) não diferiram entre si pelo teste estatístico e, conforme esperado, tiveram as menores umidades no solo. Assim, a umidade do solo aumentou gradativamente entre áreas de estudo conforme o aumento da complexidade estrutural das mesmas, evidenciando que a cobertura florestal e sombreamento tiveram influência na retenção de água na camada superficial do solo.

Apesar da evidência estatística de diferença na distribuição de umidade do solo entre as áreas, é possível notar que o volume de água armazenado na camada superficial dos solos das quatro áreas não é muito discrepante. Isso pode ter sido influenciado pela época de coleta das amostras, que foi realizada em janeiro, período chuvoso. Entretanto, os resultados mostram que a perda de água do solo é maior nas áreas de plantio mais recentes, onde o dossel ainda está em formação e apresenta uma camada pouco densa de serapilheira.

Sabe-se também que a quantidade de matéria orgânica contida nos solos é de grande importância para sua capacidade de retenção de água, porém, a quantidade de matéria orgânica nos solos do plantio inicial e da restauração com 10 anos foi semelhante, a despeito de sua diferença de umidade. Já a área de 5 anos foi a que apresentou menor teor de matéria orgânica no solo, condizente com a menor umidade. O inverso vale para o fragmento remanescente, que apresentou maior teor de matéria orgânica e também maior porcentagem de umidade do solo.

Não foi possível observar um gradiente de qualidade do solo ao longo da evolução das áreas em processo de restauração. Além disso, o fragmento remanescente não apresentou características muito superiores em relação à qualidade do solo, sendo que para cada atributo uma ou duas áreas foram melhores que outras, e em outros casos foram equivalentes.

As características químicas, físicas e granulométricas dos solos estão intimamente interligadas, sendo que o conjunto destes atributos confere ao solo propriedades favoráveis ou não para as mudas. Assim, a umidade do solo, por exemplo, está relacionada com a porosidade, com a quantidade de matéria orgânica e de argila. Fatores externos ao solo também exercem influência, tais como luminosidade incidente, temperatura, massa de serapilheira e manejo.

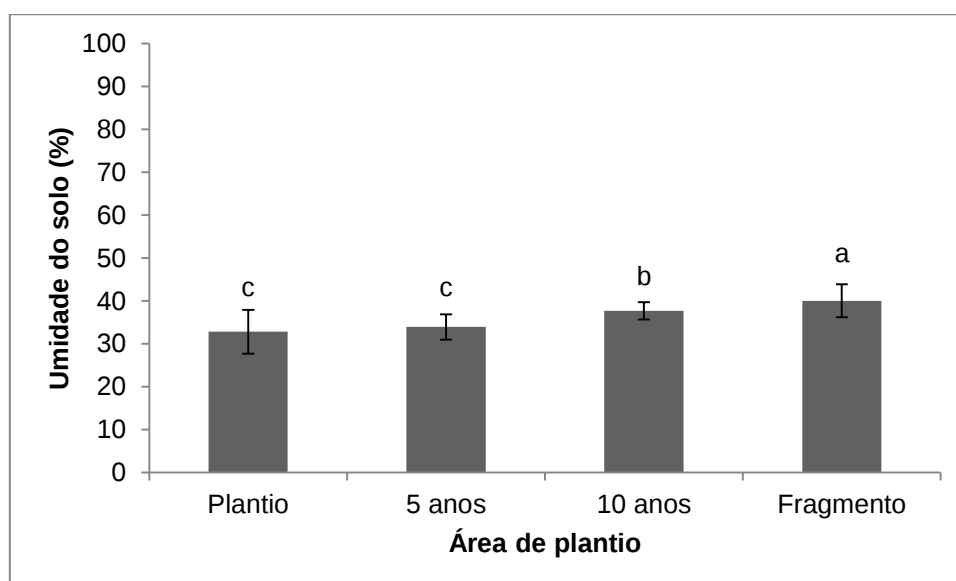


Figura 19 - Porcentagem de umidade na camada superficial do solo (0-5cm) nas quatro áreas de estudo. Cada barra e linha vertical representam, respectivamente, a média $\pm$ o desvio padrão. As médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro

4.1.5 Pluviosidade

Os valores médios, mínimos e máximos de temperatura e a precipitação mensal estão representados na Figura 20.

Nos primeiros meses após o plantio das mudas houve baixa precipitação, sendo que neste primeiro ano de experimento a precipitação total foi de 1.258mm, abaixo da precipitação média para a região segundo o CEPAGRI (2013), que é de 1.549mm. Segundo constatado por Barbosa (2011) é nos primeiros meses após o plantio que ocorre a maior taxa de mortalidade das mudas, sendo um período crítico para o sucesso da restauração. Segundo Fenner (1987), os riscos encontrados durante o estabelecimento de uma plântula podem representar a principal e última barreira para que um indivíduo sobreviva no campo. Os estágios iniciais do processo de recrutamento são especialmente variáveis e afetados nas escalas espacial e temporal (SCHUPP; FUENTES, 1995; SCHURR et al., 2008) por fatores bióticos e abióticos (JORDANO 2000).

Para verificar a possível influência deste verão seco (2012) na mortalidade das mudas foi feita uma comparação da mortalidade encontrada em cada avaliação (mortalidade x tempo), para cada uma das áreas de estudo. O resultado do teste, entretanto, evidenciou outra relação da mortalidade com a época do ano. Para a área de plantio inicial a mortalidade das mudas de espécies típicas de sub-bosque foi significativamente diferente entre as épocas do ano, sendo que durante os primeiros 12 meses a mortalidade foi significativamente maior que nos quatro meses finais (Tabela 5). Esta foi a única área de estudo que apresentou diferenças significativas para mortalidade entre avaliações, o que mostra que em caso de plantio de espécies típicas de sub-bosque junto ao plantio inicial das mudas, é necessário um manejo diferenciado durante o primeiro ano de plantio. Para enriquecimento de áreas com dossel formado, este período crítico não aconteceu, sendo que as outras áreas não apresentaram diferença entre as avaliações realizadas.

Tabela 5 - Mortalidade média de mudas de espécies típicas de sub-bosque em cada avaliação do experimento, em uma área de plantio inicial de restauração, Batatais, SP

Avaliação	Mortalidade média	H	g.l.	P
Tempo 1 - Fev - Ago 2012	0,17 a	13,33	2	p=0,001
Tempo 2 - Ago 2012 - Fev 2013	0,20 a			
Tempo 3 - Fev - Mai 2013	0,02 b			

Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de comparações múltiplas após Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade de erro.

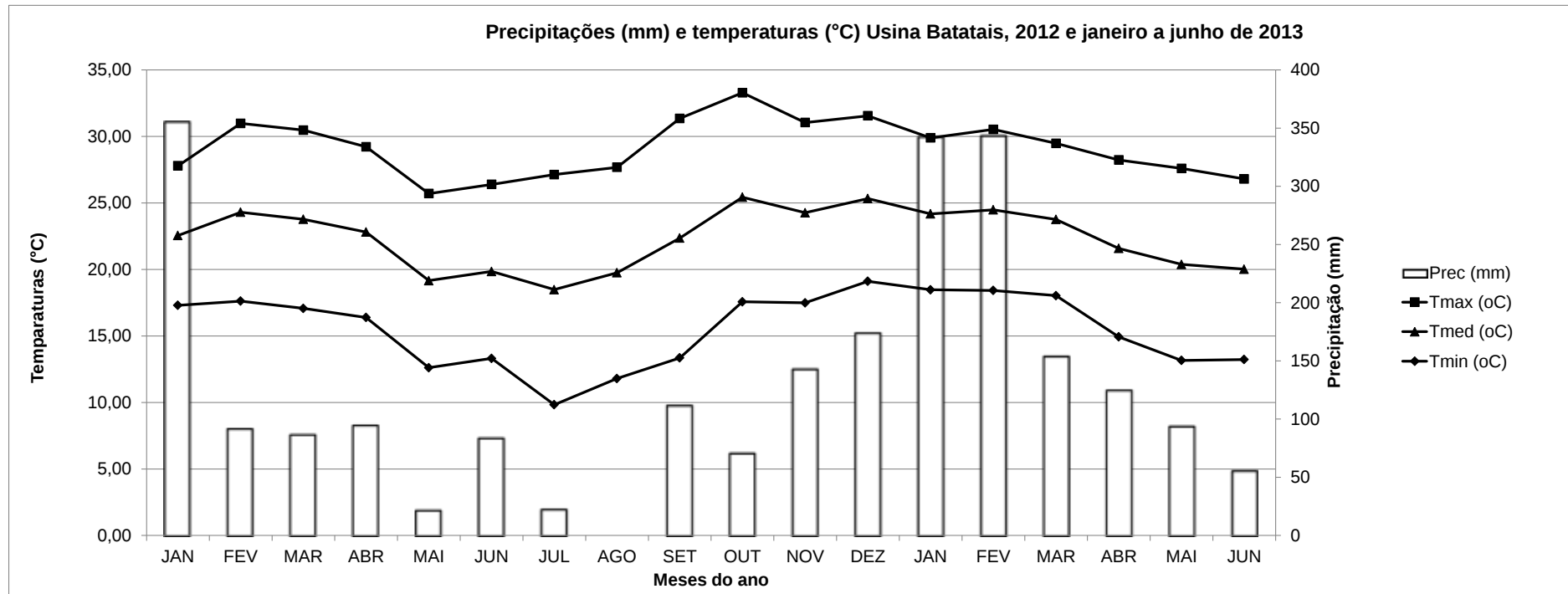


Figura 20 - Dados de precipitação e temperatura coletados em estação meteorológica próxima às áreas de estudo durante o período de realização do experimento. Fonte: Usina Batatais, Batatais, SP

4.1.6 Cobertura do dossel

Por ser uma área de plantio a pleno sol, a cobertura de dossel para a área de plantio inicial não foi medida com densiômetro, sendo então igual a zero. A análise de cobertura do dossel foi então realizada considerando apenas as três áreas de enriquecimento. Estas áreas apresentaram diferença significativa para cobertura do dossel, conforme ilustrado na Figura 21.

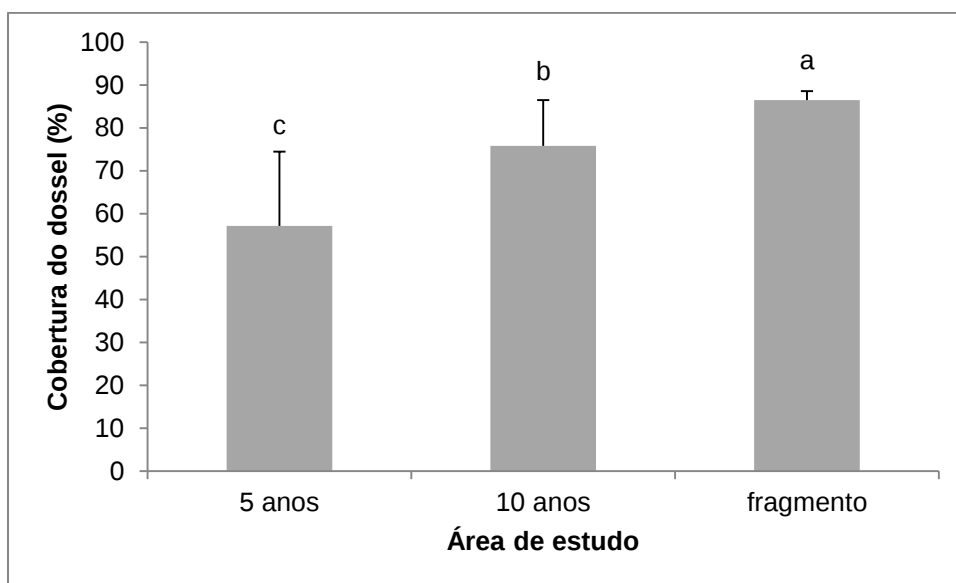


Figura 21 - Porcentagem de cobertura do dossel das áreas de estudo, sendo duas áreas em processo de restauração, há 5 e 10 anos, e um fragmento remanescente. Cada barra e linha verticais representam, respectivamente, a média $\pm$ o desvio padrão. As médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste Wilcoxon pareado ao nível de 5% de probabilidade de erro

Foi observado um gradiente de fechamento do dossel conforme a idade da área, sendo a menor cobertura a da restauração com 5 anos de idade (57%), seguida pela de 10 anos (75%) e depois pelo fragmento remanescente (86%). Este resultado está dentro do esperado e apesar de não ter sido realizado *a priori*, ou seja, antes da escolha das áreas de estudo, configurou exatamente o desejável no que se refere à variação entre tratamentos.

Meira-Neto e colaboradores (2005), utilizando o método de fotografias hemisféricas, encontraram cobertura média de dossel em torno de 72% em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, valor menor que a cobertura do fragmento remanescente avaliado neste estudo. Já Fonseca e Rodrigues (2000) e Milhomem (2010), encontraram média de 96% e 97% de cobertura em fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual em Botucatu, SP e Itumbiara, GO, respectivamente, ou seja, 10% mais fechados do que o do fragmento estudado.

Suganuma e colaboradores encontraram cobertura de dossel média de 92%, com densiômetro, em uma FES em Londrina, PR, também mais fechado que o fragmento avaliado neste estudo.

Bertacchi e colaboradores (2012) encontraram cerca de 50% de cobertura em uma Floresta Estacional Semidecidual em processo de restauração com 10 anos de idade, em Santa Bárbara D'Oeste, SP, utilizando densiômetro côncavo. Este valor foi similar à área de 5 anos deste estudo. Já em áreas de 22 e 50 anos após plantio de restauração, também no Estado de São Paulo, estes autores encontraram aproximadamente 90% de cobertura de dossel, valor próximo à cobertura do fragmento remanescente.

4.1.7 Florística do dossel

4.1.7.1 Grupos ecológicos

Na área de 5 anos, foram encontradas 30 espécies nativas no dossel sobre os blocos de estudo, pertencentes a 15 famílias. Destas, 15 espécies pioneiras (50%), 8 secundárias (27%) e 7 clímax (23%) (Figura 22).

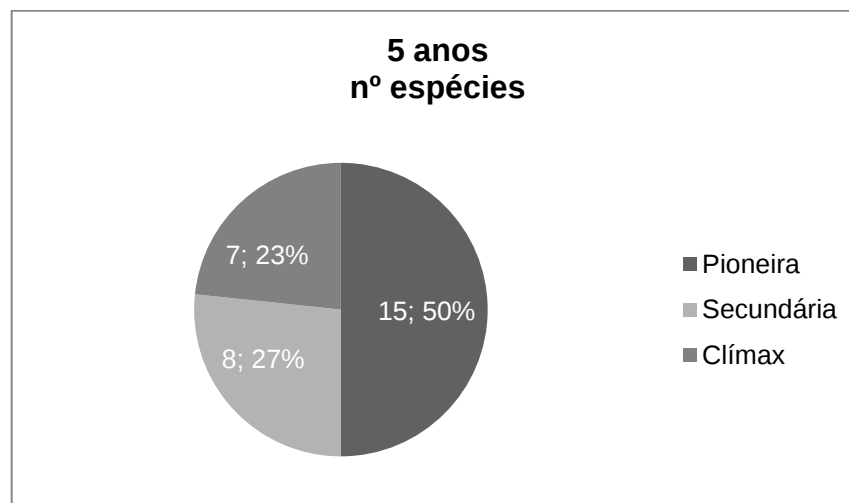


Figura 22 - Distribuição do número de espécies de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em área 5 anos após plantio de restauração, Batatais, SP. (n esp GE; %GE)

Nesta área foram encontrados 57 indivíduos no total, sendo 29 indivíduos de espécies pioneiras (51%), 16 de secundárias (28%) e 12 clímax (21%) (Figura 23).

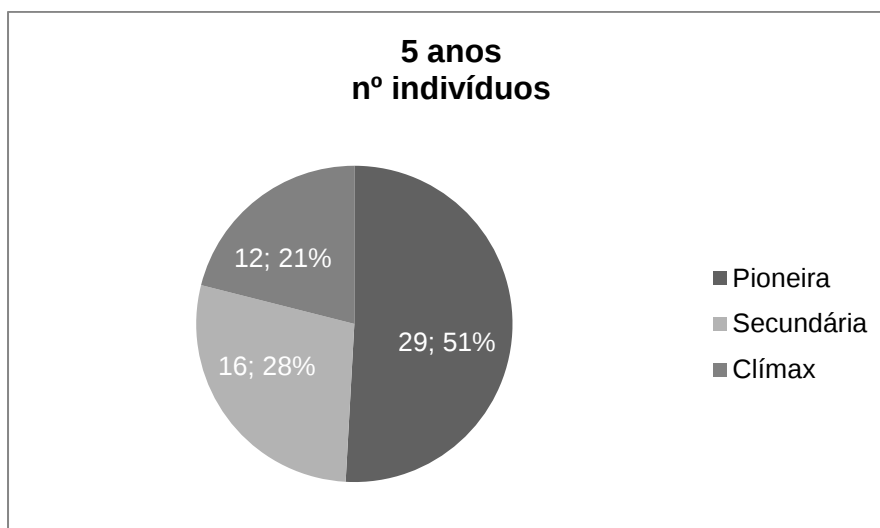


Figura 23 - Distribuição do número de indivíduos de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em área 5 anos após plantio de restauração, Batatais, SP. (nind GE; %GE)

Devido ao levantamento florístico ter sido realizado em uma área restrita do plantio de restauração, não sendo representativo da área total, não é possível discutir os resultados para fins de qualidade do plantio e adequação à legislação vigente. Entretanto, pode-se inferir que apesar da diversidade de espécies de dossel nesta área não estar dentro dos padrões ideais se comparada a um ecossistema de referência, nestes aproximados 1.000 m² a distribuição de espécies entre os grupos ecológicos está dentro do recomendado para áreas em processo de restauração.

No dossel sobre os blocos experimentais da área de 10 anos, foram encontradas 12 espécies nativas no dossel sobre os blocos de estudo, pertencentes a 10 famílias. Destas, 6 espécies pioneiras (50%), 2 secundárias (17%) e 4 clímax (33%) (Figura 24).

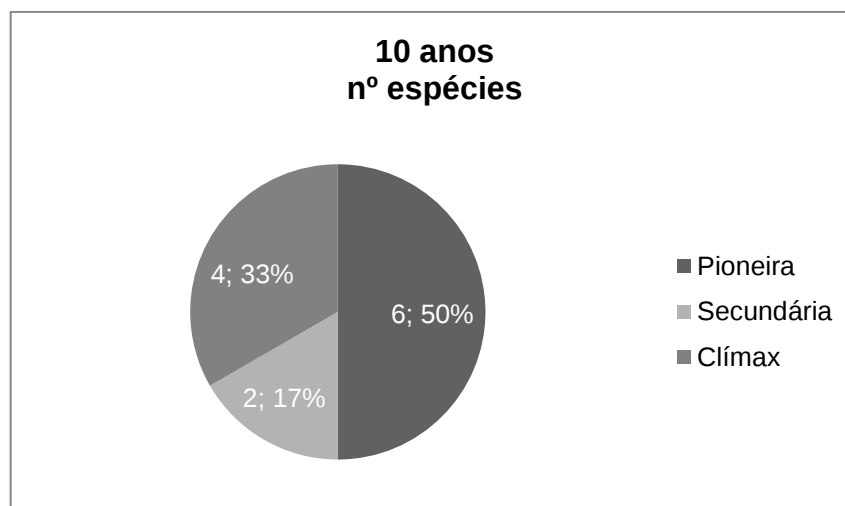


Figura 24 - Distribuição do número de espécies de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em área 10 anos após plantio de restauração, Batatais, SP. (nesp GE; %GE)

Nesta área foram encontrados 36 indivíduos no total, sendo 19 indivíduos de espécies pioneiras (53%), 8 de secundárias (22%) e 9 clímax (25%) (Figura 25).

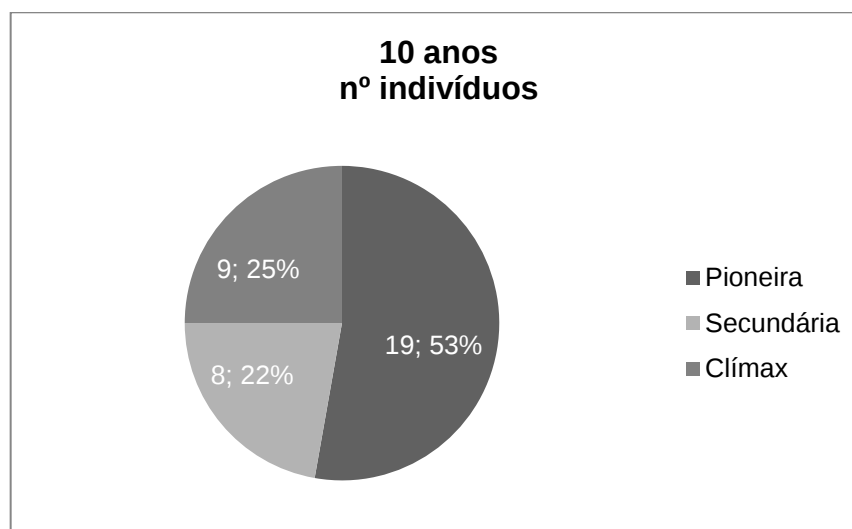


Figura 25 - Distribuição do número de indivíduos de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em área 10 anos após plantio de restauração, Batatais, SP. (nind GE; %GE)

Apesar da proporção de grupos ecológicos também estar equilibrada nesta área, não há indícios de regeneração destas espécies no sub-bosque. Além disso, a diversidade de espécies, mesmo para uma pequena área amostrada, está muito baixa.

No fragmento remanescente foram encontradas no dossel sobre as parcelas experimentais 28 espécies pertencentes a 19 famílias. Destas, 14 espécies pioneiras (50%), 6 secundárias (21%) e 8 clímax (29%) (Figura 26).

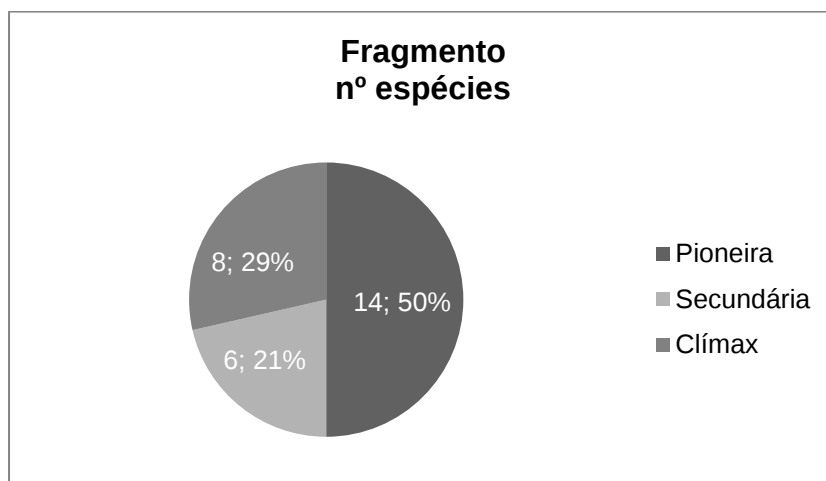


Figura 26 - Distribuição do número de espécies de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em fragmento remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, Restinga, SP. (n_{esp} GE; %GE)

Nesta área foram encontrados 75 indivíduos no total, sendo 49 indivíduos de espécies pioneiras (65%), 10 de secundárias (14%) e 16 clímax (21%) (Figura 27).

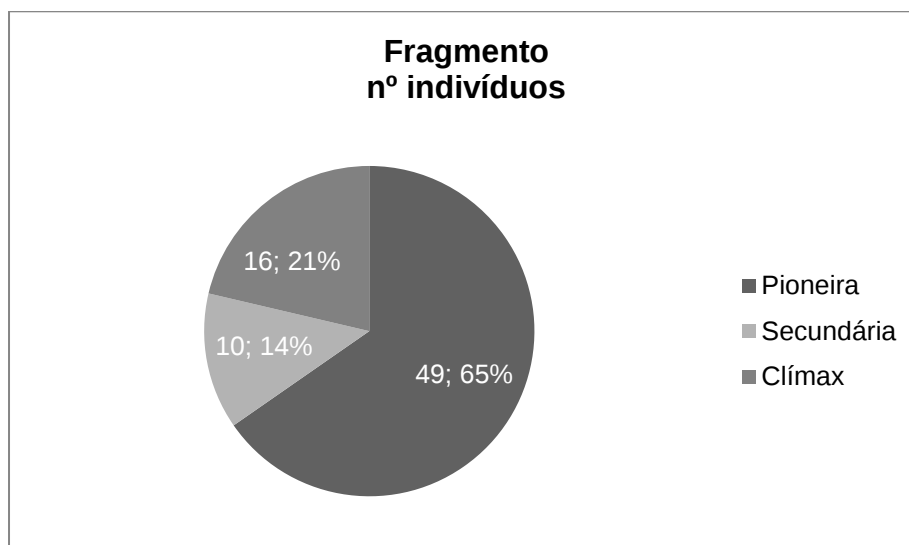


Figura 27 - Distribuição do número de indivíduos de dossel sobre as parcelas experimentais, por grupo ecológico, em fragmento remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, Restinga, SP. (n_{ind} GE; %GE)

Os três plantios de enriquecimento ocupam praticamente a mesma área, porém, nota-se que o fragmento ainda possui maior densidade de indivíduos no dossel sobre as parcelas que as outras áreas, porém tem menos espécies que o plantio de 5 anos, e maior proporção de espécies pioneiras que dos outros grupos ecológicos, o que confirma seu estado de degradação.

4.1.7.2 Fenologia foliar

Na área de cinco anos o número de indivíduos de espécies semidecíduas e decíduas somou cerca de 63%, evidência de que nesta área o sub-bosque recebe grande quantidade de luz na estação seca. Nas outras duas áreas, esta proporção entre decíduas e perenes foi mais equilibrada, com 47% de semidecíduas e decíduas na área de 10 anos e 40% no fragmento remanescente (Figura 28).

As espécies do fragmento remanescente que ficaram sem classificação quanto à deciduidade somaram 17% do total de indivíduos, o que dificulta saber o quanto os valores de decíduas ou perenes podem ser maiores do que o estimado. Apesar disso, como é pouco provável que todos os indivíduos pertençam a um ou outro grupo, ainda podemos concluir que o fragmento e a área de 10 anos possuem uma proporção mais equilibrada entre semidecíduas e decíduas *versus* perenifólias.

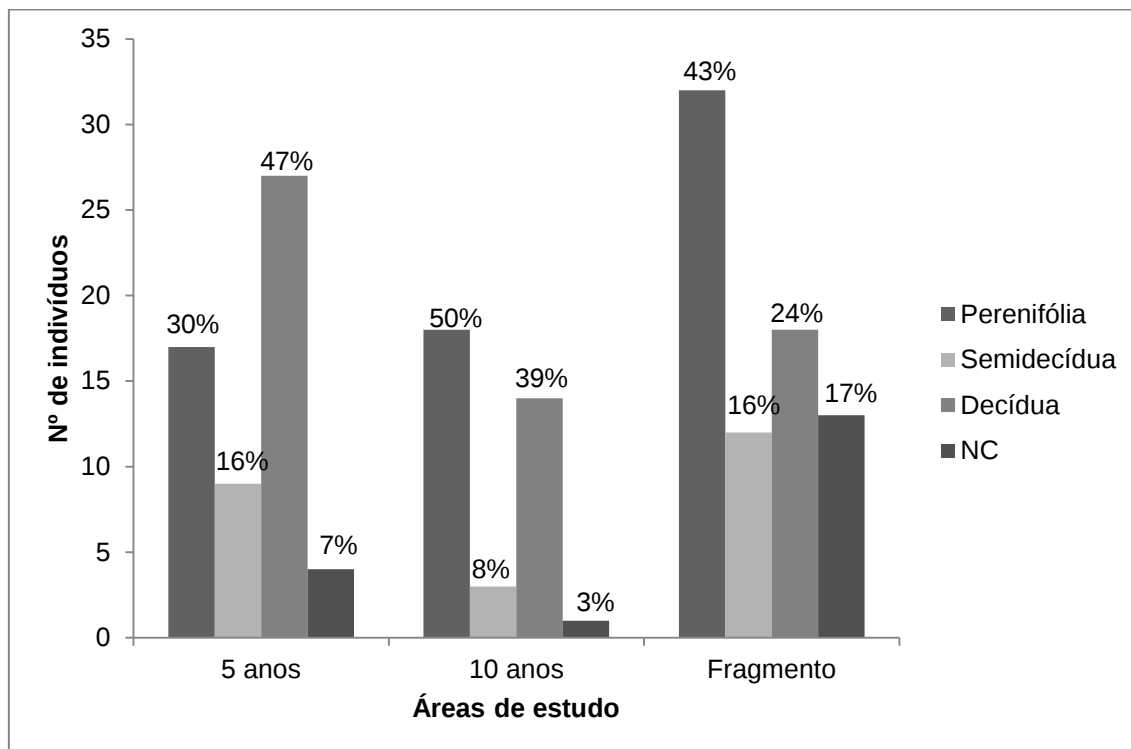


Figura 28 - Número de indivíduos no dossel de cada área de estudo de acordo com a fenologia foliar

4.1.7.3 Síndrome de dispersão

A distribuição de indivíduos de acordo com a síndrome de dispersão em função da área de estudo está ilustrada na Figura 29.

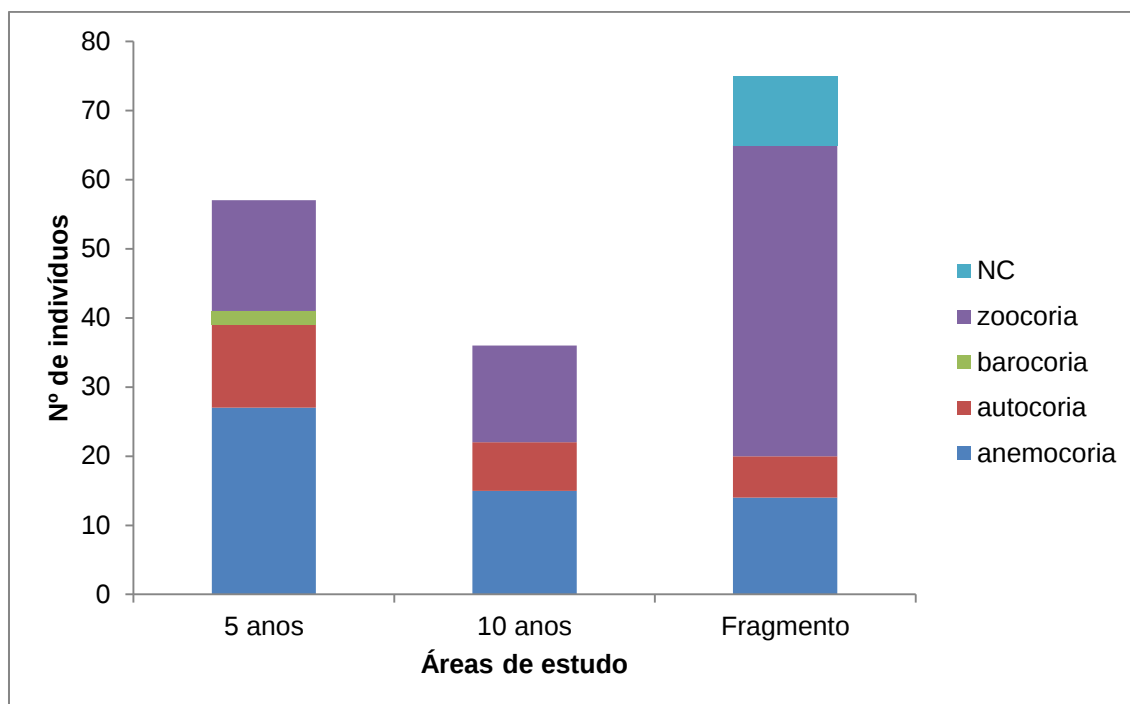


Figura 29 - Número de indivíduos no dossel de cada área de estudo de acordo com a síndrome de dispersão

É possível observar na figura que as espécies autocóricas são minoria em todas as áreas. Além disso, a área de 5 anos possui maior quantidade de espécies anemocóricas que dos outros grupos, enquanto o fragmento remanescente possui mais zoocóricas que as outras áreas. À parte estas diferenças, todas as síndromes de dispersão estão bem representadas nas três áreas, especialmente o grupo das zoocóricas, que são importante grupo funcional por serem atrativas de fauna. Portanto, não se pode considerar que é a falta de recursos que está dificultando o enriquecimento natural destas áreas, mas provavelmente o isolamento de áreas bem conservadas na paisagem.

4.1.7.4 Espécies exóticas

Na área de 5 anos de restauração foram encontradas 3 espécies exóticas, *Bixa orellana* L., *Calliandra brevipes* Benth. e *Schinus molle* L., que somaram 5 indivíduos, em um total de 62 amostrados nesta área (8%). Esta é uma área de restauração relativamente recente, implantada após a entrega do relatório de adequação ambiental da usina, onde se encontram listas de espécies da flora regional. A presença de espécies exóticas neste plantio então aponta para uma necessidade de alerta aos administradores do viveiro.

Na área de 10 anos, as espécies exóticas foram duas, *Cordia abyssinica* R. Br. e *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth., totalizando 12 indivíduos dos 48 amostrados na área (25%). Esta foi a área que teve maior proporção de indivíduos de espécies exóticas no total de indivíduos amostrados. As duas espécies são exóticas agressivas, podendo causar invasão biológica da área. É recomendado o manejo destas espécies e gradual substituição por nativas.

No fragmento remanescente, foram encontradas 4 espécies exóticas, *Astronium fraxinifolium* Schott., *Psidium guajava* L., *Senegalia tenuifolia* (L.) Britton & Rose e *Styrax ferrugineus* Nees & Mart., somando 7 indivíduos de 82 amostrados (8%). A primeira espécie é exótica da Floresta Estacional Semidecidual, sendo que é típica do Cerrado e não é potencialmente invasora, a segunda é exótica do Brasil mas tem baixo potencial de invasão, a terceira é típica da Floresta Estacional Decidual e tem alto potencial de invasão (ASSIS, 2012).

4.2 Desempenho das Espécies entre Áreas de Estudo

Nesta seção estão apresentadas as espécies individualmente, em uma análise das variáveis crescimento e sobrevivência em função das áreas de estudo. No item 4.3.5 esta interação entre crescimento e sobrevivência será discutida em termos de eficiência no uso destas espécies, para cada área de estudo.

4.2.1 *Helietta apiculata* Benth. - amarelinho - RUTACEAE

O amarelinho foi uma espécie que apresentou crescimento significativamente maior na área de plantio inicial, conforme descrito na Tabela 6. A Figura 30 reforça esta diferença, mostrando que esta espécie teve excelente crescimento a pleno sol. Sua sobrevivência não variou muito entre áreas (Figura 31), sendo que teve ótimo aproveitamento da abundância do recurso luz no plantio inicial. Segundo Pirani (1998) o gênero *Helietta* é composto em geral por arvoretas e arbustos perenes e bastante ramificados, sendo que a espécie, *Helietta apiculata*, pode chegar até médio ou grande porte. Dentro do que foi observado no experimento, podemos notar que o amarelinho não é uma espécie tipicamente própria do sub-bosque, mas tolera bem esta condição, podendo ser utilizada no plantio inicial de restauração, sendo esta a recomendação principal de uso, mas podendo também ser plantada em áreas com dossel formado para enriquecimento.

Tabela 6 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Helietta apiculata* nas quatro áreas de estudo 15 meses após o plantio, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	9	180,0 a	22,45	3	p<0,05
5 anos	10	25,40 b			
10 anos	9	16,88 bc			
Fragmento	8	4,750 c			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

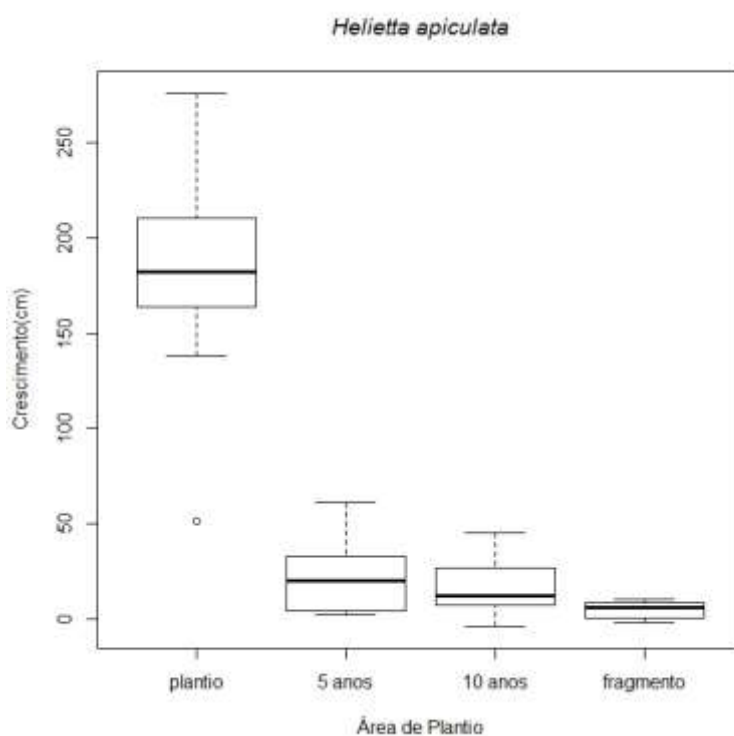


Figura 30 - Boxplot do crescimento de *Helietta apiculata* Benth. 15 meses após o plantio em três plantios de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

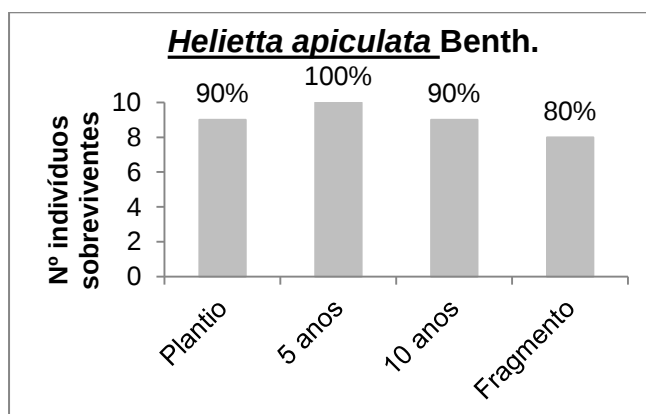


Figura 31 - Sobrevivência de *Helietta apiculata* Benth. 15 meses após o plantio em três plantios de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

4.2.2 *Eugenia involucrata* DC. - cereja-do-rio-grande - MYRTACEAE

A cereja-do-rio-grande é uma espécie arbustiva típica de sub-bosque com potencial ornamental e também de aproveitamento econômico não madeireiro como produção de mel, geleias e licores (BARBEDO et al., 1998). Esta espécie apresentou crescimento significativamente maior na área de plantio inicial (Tabela 7), local onde a sobrevivência foi de 50% (Figura 32), mostrando uma média tolerância ao plantio a pleno sol, porém quando estabelecidas tem um bom crescimento nesta condição. Nas outras áreas de estudo o crescimento não teve diferença significativa estatisticamente, mas observando a Figura 33 podemos ver que a amplitude de crescimento foi maior na área de 10 anos que na de 5 ou no fragmento remanescente. Porém, nestas duas últimas áreas, esta espécie teve um “descrécimo” de tamanho quase igual ao crescimento e na área de 10 anos também apresentou redução no tamanho de algumas mudas. As mudas podem ter “diminuição” de tamanho por várias razões, como perda de gema apical, herbivoria, quebra por dano mecânico, entre outras, mas como para estas três últimas áreas de estudo a sobrevivência foi de 90 a 100% (Figura 32), podemos concluir que foram tolerantes ao plantio em área sombreada, conforme esperado, com a ressalva de que são necessárias mais observações para concluir quais cuidados devem ser tomados para evitar esta perda de biomassa.

Tabela 7 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Eugenia involucrata* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	5	34,6 a	11,48	3	p<0,05
5 anos	9	- 0,66 b			
10 anos	9	4,11 b			
Fragmento	10	- 2,09 b			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

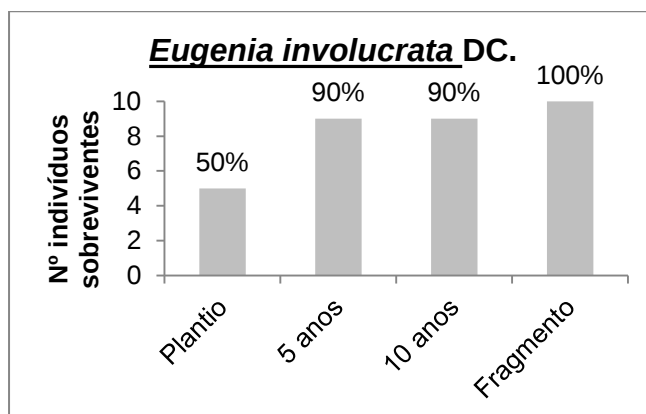


Figura 32 - Sobrevivência de *Eugenia involucrata* DC. 15 meses após o plantio em três plantios de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

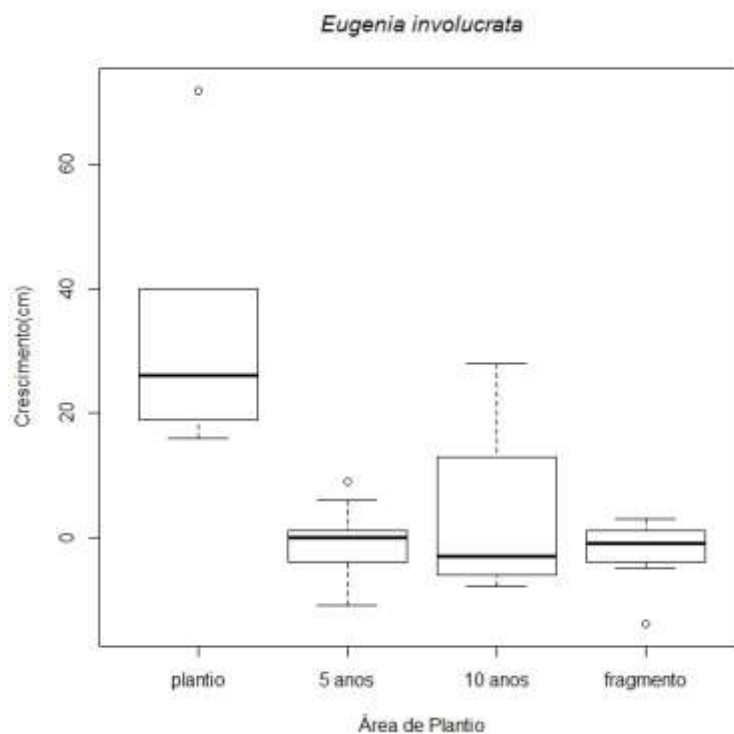


Figura 33 - Boxplot do crescimento de *Eugenia involucrata* DC. 15 meses após o plantio em três plantios de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

4.2.3 *Maytenus truncata* Reissek - espinheira-santa - CELASTRACEAE

A espinheira-santa é uma espécie conhecida popularmente por suas propriedades medicinais, como alívio de dores estomacais, náuseas, tratamento de úlceras e gastrites e vem sendo amplamente estudada como antioxidante (CAMPAROTO et al., 2002).

O teste de Kruskal-Wallis foi realizado para o crescimento desta espécie considerando apenas as áreas com 5 e 10 anos e o fragmento remanescente, pois na área de plantio inicial sobreviveram apenas 4 indivíduos e este teste prevê um mínimo de 5 repetições por tratamento. O resultado do teste foi que não houve diferença significativa entre as três áreas (Tabela 8). Entretanto, a Figura 34 mostra uma amplitude de crescimento maior na área de plantio inicial. Porém, nesta área a sobrevivência foi de 40% (Figura 35) enquanto que nas outras áreas de estudo variou entre 90 e 100%, o que mostra certa intolerância ao plantio a pleno sol. Apesar disso, com crescimento médio de aproximadamente 48cm nesta área, pode-se concluir que após estabelecida apresenta um incremento em altura bem maior que nas outras áreas, que são sombreadas. Um manejo interessante para esta espécie no plantio inicial poderia ser o plantio próximo a uma espécie de rápido recobrimento ou plantio das espécies de dossel mais adensado para reduzir o efeito da mortalidade, e para áreas sombreadas, o plantio de mudas maiores e mais desenvolvidas para favorecer um maior crescimento.

Tabela 8 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Maytenus truncata* 15 meses após o plantio em três das quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
5 anos	10	2,00 a	0,25	2	p>0,05
10 anos	9	3,44 a			
Fragmento	9	0,22 a			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

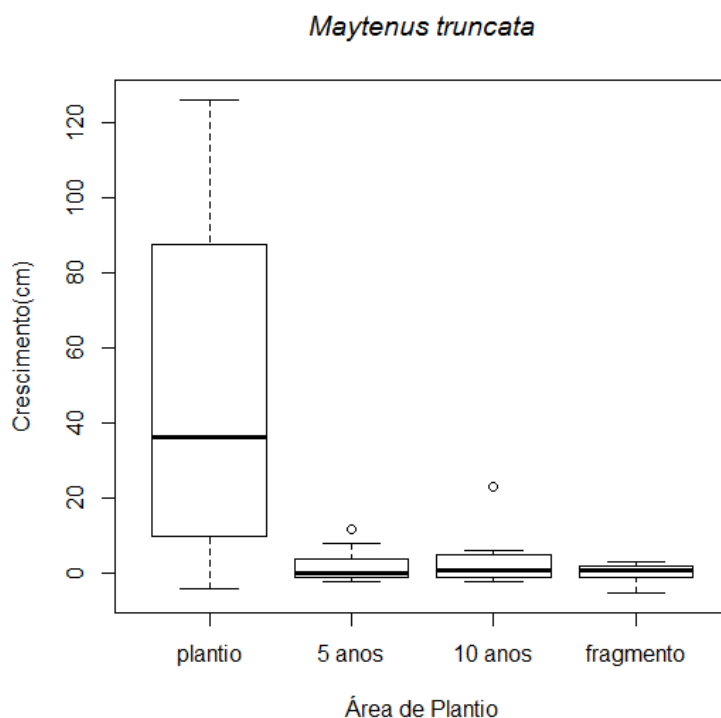


Figura 34 - Boxplot do crescimento de *Maytenus truncata* Reissek 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

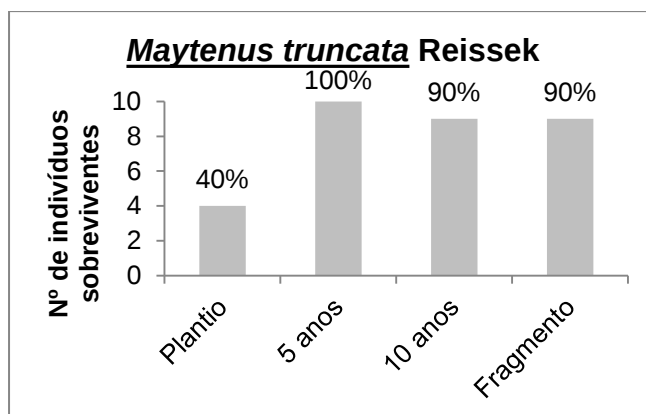


Figura 35 - Sobrevivência de *Maytenus truncata* Reissek 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

4.2.4 *Eugenia brasiliensis* Lam. - grumixama - MYRTACEAE

Esta também é uma espécie com propriedades medicinais, potencialmente antirreumática, sendo uma arvoreta de pequeno porte e copa estreita, com frutos carnosos e saborosos, atrativos de fauna e com potencial para utilização alimentícia (LORENZI, 1992; FRIGUETTO et al., 2005; KOHAMA et al., 2006).

Esta espécie também não teve um mínimo de 5 indivíduos sobreviventes na área de plantio inicial, portanto o teste estatístico foi realizado considerando os dados das outras três áreas, que não diferiram significativamente (Tabela 9). Apesar

disso, nota-se pela Figura 36 que a grumixama teve melhor crescimento na área de plantio inicial, porém, nesta área a sobrevivência foi baixa (Figura 37), reforçando a ideia de que um manejo diferenciado para evitar a mortalidade pode contribuir efetivamente para o sucesso desta espécie no plantio inicial. Nas outras áreas de estudo houve decréscimo de altura em algumas mudas, porém a mortalidade foi baixa. Na área de 5 anos, a quantidade de indivíduos que cresceu foi a mesma que decresceu, com os mesmos valores positivos e negativos, por isso a média do crescimento foi zero. Apesar da sobrevivência de 70%, nesta condição as mudas não tiveram bom desenvolvimento. Na área de 10 anos apenas dois indivíduos diminuíram de tamanho. Os que cresceram tiveram bons resultados, podendo ser um indicio que o controle da herbivoria seja o mais importante nesta condição. Já no fragmento remanescente, três indivíduos diminuíram de tamanho e os outros cresceram bem menos que nas outras áreas, provavelmente devido ao dossel mais fechado.

Tabela 9 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Eugenia brasiliensis* 15 meses após o plantio em três das quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
5 anos	7	0,00 a	0,77	2	p>0,05
10 anos	7	6,14 a			
Fragmento	9	1,22 a			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

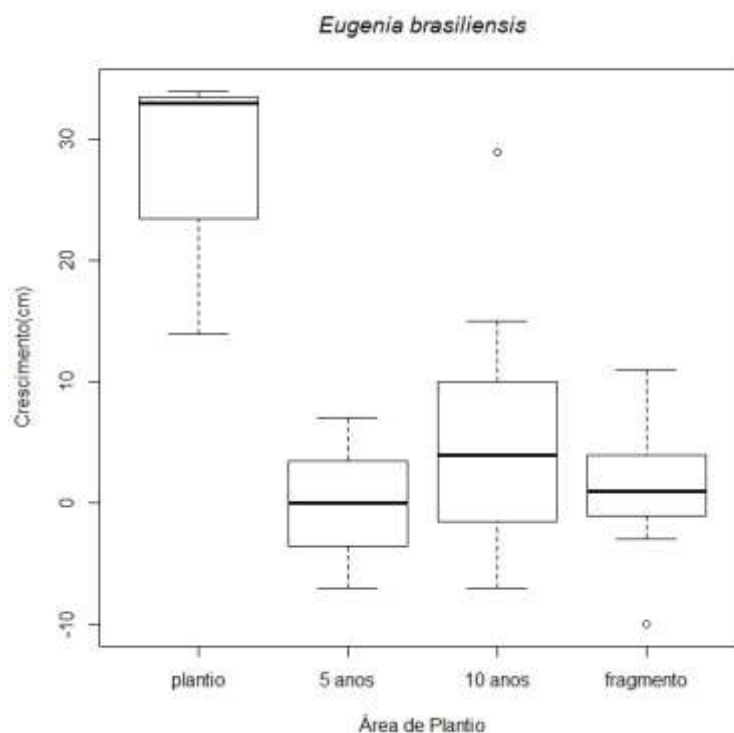


Figura 36 - Boxplot do crescimento de *Eugenia brasiliensis* Lam. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

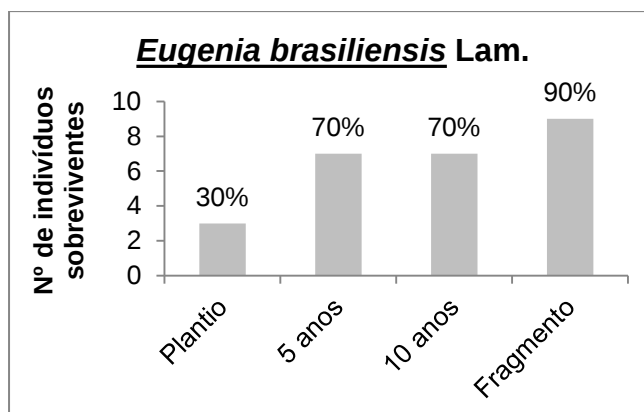


Figura 37- Sobrevivência de *Eugenia brasiliensis* Lam. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

4.2.5 *Eugenia florida* DC. - guamirim - MYRTACEAE

A *Eugenia florida* também é uma espécie com reconhecido valor farmacológico, sendo que os óleos essenciais produzidos nas glândulas de suas folhas são capazes de realizar amplo espectro de atividades biológicas, inclusive antiviral (JUNGES et al., 1999 *apud* DONATO; MORRETES, 2009). É uma pequena árvore, com aproximadamente 3,5m de altura, floresce em outubro e frutifica de novembro a dezembro, possuindo frutos carnosos e muito saborosos (DONATO; MORRETES, 2009), sendo portanto atrativa de fauna.

Não foi realizada análise estatística dos dados de crescimento para esta espécie porque a sobrevivência foi muito baixa (Figura 38), não havendo dados suficientes para a análise. Apesar de nenhum indivíduo desta espécie ter sobrevivido na área de plantio inicial, a sobrevivência nas outras áreas mostra que isso não caracteriza uma situação de intolerância ao pleno sol, pois foi também baixa na área de 10 anos e média no fragmento remanescente. Além disso, as medidas de altura das mudas revelaram grandes perdas de tamanho ao longo do período do estudo (Figura 39) Donato e Morretes (2009), estudando a anatomia foliar de *E. florida*, constataram que folhas mais expostas ao sol apresentaram maior densidade de vascularização que as sombreadas, e segundo revisado por eles, os órgãos foliares, quando melhor vascularizados, tornam-se mais aptos a enfrentarem deficiências hídricas. Esta alta mortalidade então pode ser explicada por um lote de mudas insuficientemente rustificadas no viveiro (processo que confere maior resistência às mudas através da redução da adubação e exposição ao sol).

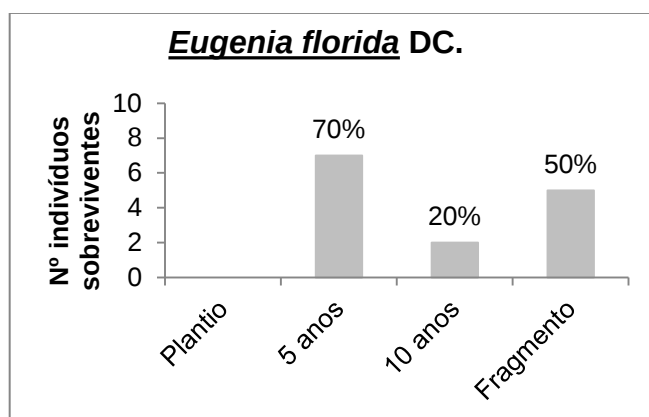


Figura 38 - Sobrevivência de *Eugenia florida* DC. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

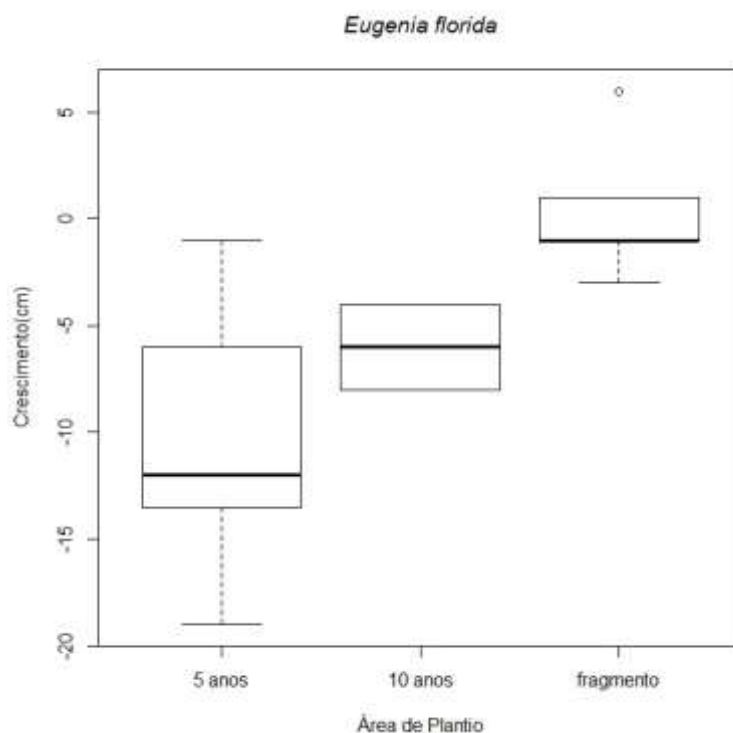


Figura 39 - Boxplot do crescimento de *Eugenia florida* DC. 15 meses após o plantio em duas áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

Das 14 mudas sobreviventes, 12 tiveram redução de tamanho. O crescimento das outras duas mudas foi de 1 e 6cm. Na Figura 39 podemos observar ainda que todas as “caixas” estão praticamente abaixo da linha do zero, o que ilustra esta situação. O trabalho de Donato e Morretes (2009) ressaltava ainda que é característico de Myrtaceae possuir cavidades secretoras de compostos oleaginosos nas duas faces da lâmina foliar, porém, em folhas sombreadas de *E. florida* estas estruturas secretoras apresentaram desenvolvimento incompleto, ficando deficientes de um importante arsenal químico atrativo de polinizadores mas também repelente de herbívoros, o que pode explicar esta diminuição no tamanho das mudas.

4.2.6 *Myrciaria trunciflora* O.Berg. - jabuticaba-de-cabinho - MYRTACEAE

Esta é uma espécie de interesse alimentício, podendo ser consumida *in natura*, em forma de geleias e licores. É uma árvore semidecídua, de 4 a 8m de altura (LORENZI et al., 2006). Possui como sinônimo *Plinia peruviana* (Poir.) Govaerts (SOBRAL et al., 2013).

Seu crescimento foi significativamente maior na área de plantio inicial, conforme apresentado na Tabela 10. Esta espécie apresentou a melhor

sobrevivência do experimento, com mortalidade de apenas um indivíduo somando as 4 áreas de estudo (Figura 40). Na área de 5 anos apenas um indivíduo cresceu, 6cm, todos os outros diminuíram de tamanho. Apresentou bom desempenho na área de 10 anos, como mostra a Figura 41, porém, no fragmento remanescente, teve praticamente a mesma quantidade de indivíduos que cresceram e que diminuíram, e um indivíduo que cresceu 13cm.

Denner e colaboradores (2006) falam sobre o desinteresse de fruticultores em cultivar a jaboticaba devido ao seu lento crescimento e morosidade para início da produção, que varia de oito a quinze anos após o plantio da muda oriunda de sementes. Esta observação é bastante pertinente quando se discute o uso desta espécie no enriquecimento de uma área em processo de restauração ou floresta remanescente, pois o enriquecimento funcional, como atração de fauna e fornecimento de recursos para polinizadores e dispersores, irá demorar muito tempo para começar a acontecer nestas áreas. Entretanto, por ser uma espécie longeva e ser capaz de fornecer estes recursos em longo prazo, é uma boa opção para o plantio inicial de restauração, uma vez que teve ótimo desempenho a pleno sol, com a ressalva de que são necessários ajustes no delineamento de plantio para que não fique uma falha no dossel da área.

Tabela 10 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Myrciaria trunciflora* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	9	29,0 a	17,05	3	p<0,05
5 anos	10	- 4,79 a			
10 anos	10	6,30 a			
Fragmento	10	1,10 b			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

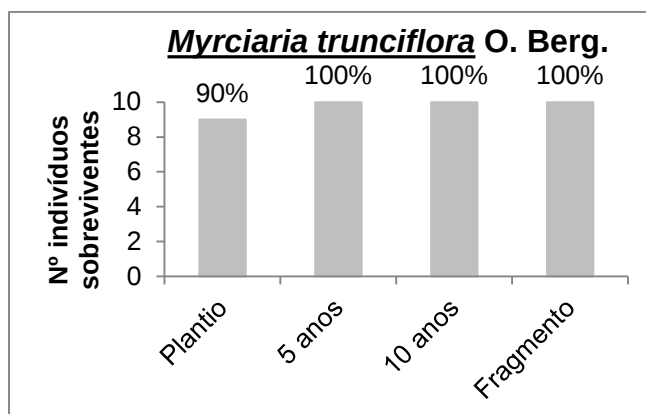


Figura 40 - Sobrevivência de *Myrciaria trunciflora* O. Berg. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

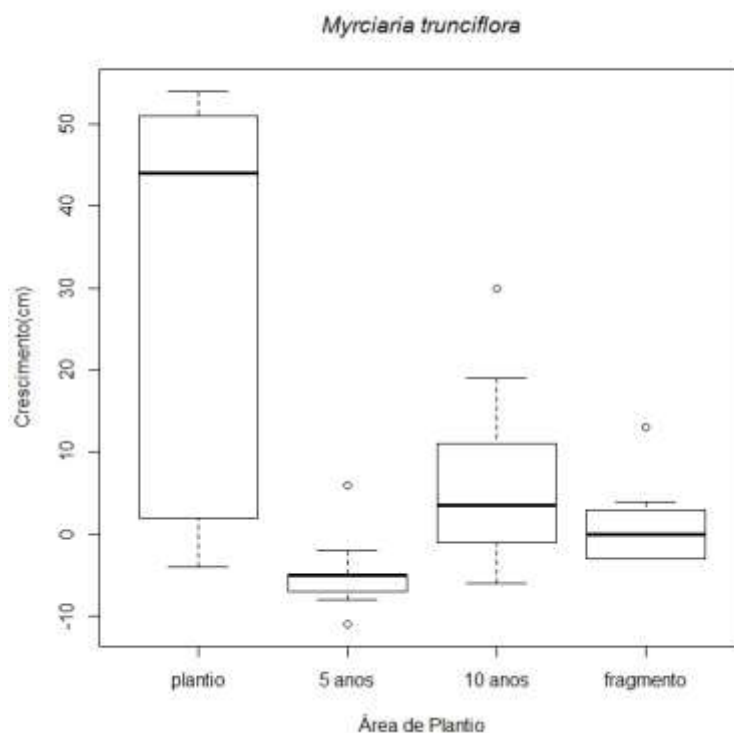


Figura 41 - Boxplot do crescimento de *Myrciaria trunciflora* O. Berg. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

4.2.7 *Piper aduncum* L. - pimentinha-de-macaco - PIPERACEAE

O *Piper aduncum* é uma espécie excelente produtora de óleo essencial com ação eficaz no controle de fitopatógenos como os agentes causais da vassoura-de-bruxa no cacaueiro e no cupuaçu e antracnose em frutos de banana (rev. em BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004). É considerada uma planta invasora de áreas desmatadas na Amazônia, de alta rusticidade e elevada resistência a mudanças climáticas. Seu óleo essencial também é usado por humanos como fitoterápico para

diversas doenças, devido às suas propriedades fungicida, bactericida, larvicida e moluscicida (SOUSA et al., 2008).

A sobrevivência de *Piper aduncum* diminuiu conforme a idade e consequentemente o sombreamento da área, assim como o crescimento (Figuras 42 e 43), evidenciando o comportamento de uma espécie que não é típica de sub-bosque. Na área de plantio inicial, ao final do experimento as mudas encontraram-se frutificando, o que mostra um rápido desenvolvimento e amadurecimento das mudas, comportamento do grupo das pioneiras. Fica então evidente que esta espécie foi erroneamente escolhida como típica de sub-bosque para este experimento.

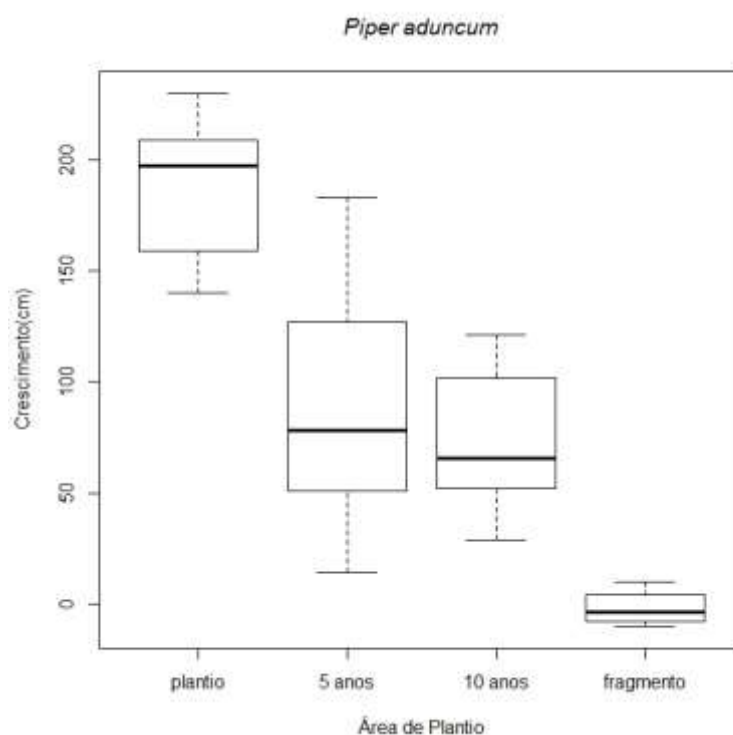


Figura 42 - Boxplot do crescimento de *Piper aduncum* L. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

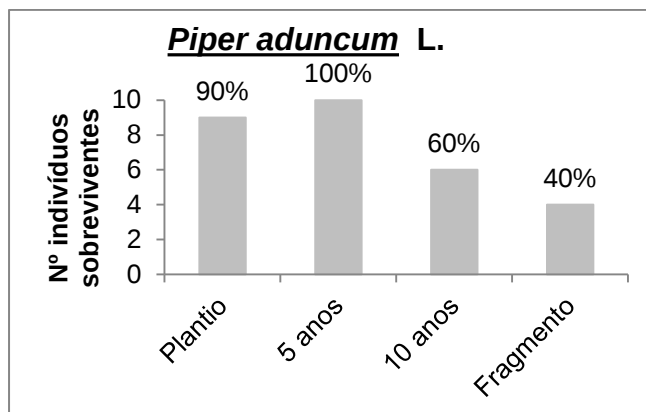


Figura 43 - Sobrevivência de *Piper aduncum* L. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

O crescimento de *Piper aduncum* não foi significativamente diferente entre as áreas de restauração com 5 e 10 anos, mas foi diferente entre a área de plantio inicial e o fragmento, que também foram diferentes entre si (Tabela 11).

Tabela 11 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Piper aduncum* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	9	187,11 a	20,63	3	p<0,05
5 anos	10	91,4 b			
10 anos	10	72,5 b			
Fragmento	10	- 1,74 c			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2.8 *Eugenia uniflora* L. - pitanga - MYRTACEAE

A pitangueira é uma espécie largamente distribuída na Mata Atlântica e Cerrado, é uma árvore de 6-12m de altura e, como é característico da família, possui nas folhas glândulas produtoras de óleos essenciais, que para esta espécie já são amplamente estudados quanto às diversas aplicações medicinais como antidiarreica, diurética, antirreumática, antitérmica, digestiva, auxiliar no controle da pressão sanguínea, dos níveis de ácido úrico, do colesterol e na perda de peso (rev. em SCHAPOVAL et al., 1994). Os benefícios do óleo essencial de pitanga não param por aí, atuando também como antioxidante, antimicrobiana, antifúngica, antiviral e até anticarcinogênica (BAKKALI et al., 2008). Em virtude destas propriedades e por possuir odor muito agradável, é ainda utilizado na indústria cosmética, para produção de shampoos, condicionadores, sabonetes, óleos corporais e perfumes (AMORIM et al., 2009; VICTORIA et al., 2012). Seus frutos também são muito apreciados, fornecem geleias, doces, refrescos, sorvetes, licores

e vinhos, além de proporcionar alimento para a avifauna, característica muito desejável na restauração de áreas degradadas (SCALON et al., 2001).

Não houve diferença significativa no crescimento desta espécie entre áreas de estudo (Tabela 12). Seu crescimento foi bom em todas as áreas, com poucos indivíduos que diminuíram de tamanho (Figura 44). Scalon et al. (2001) estudaram o crescimento de *Eugenia uniflora* sob sombrite e a pleno sol em condições similares às áreas em restauração deste estudo quanto ao sombreamento (pleno sol - plantio, 50% - 5 anos, 70% - 10 anos), e encontraram diferença significativa entre tratamentos, sendo que a pleno sol a altura média final foi maior. Comparando as alturas finais do experimento citado e este, podemos inferir que as mudas de pitanga toleram bem o plantio a pleno sol e apresentam ainda bom desenvolvimento sob sombreamento até 70%, acima disso é capaz de se desenvolver, mas o uso de mudas maiores pode ser uma boa recomendação.

Tabela 12 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	9	12,66 a	4,62	3	p>0,05
5 anos	9	6,22 a			
10 anos	8	16,87 a			
Fragmento	10	4,70 a			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

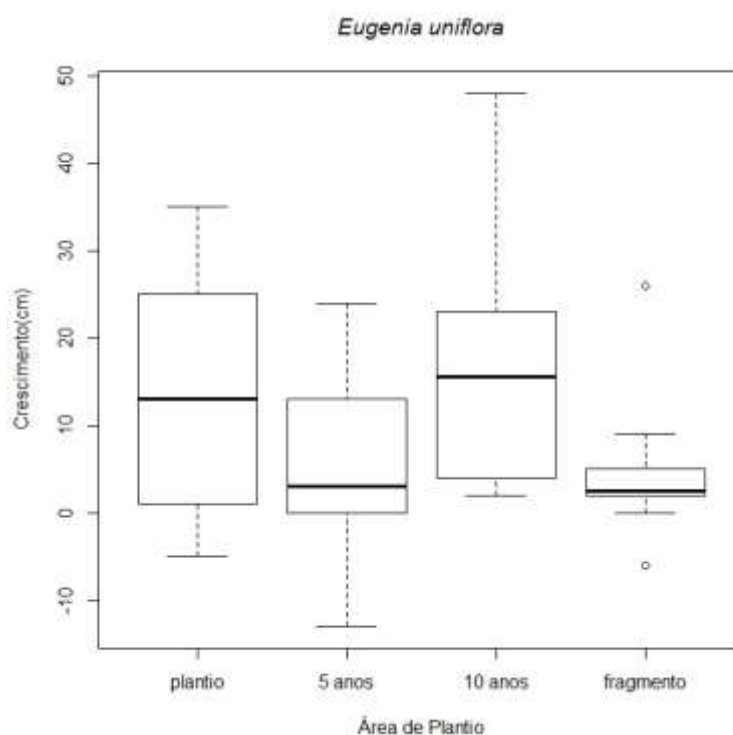


Figura 44 - Boxplot do crescimento de *Eugenia uniflora* L. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

Quanto à sobrevivência esta espécie apresentou ótimos resultados em todas as áreas de estudo, conforme ilustrado na Figura 45, mostrando seu potencial tanto para o plantio inicial como enriquecimento.

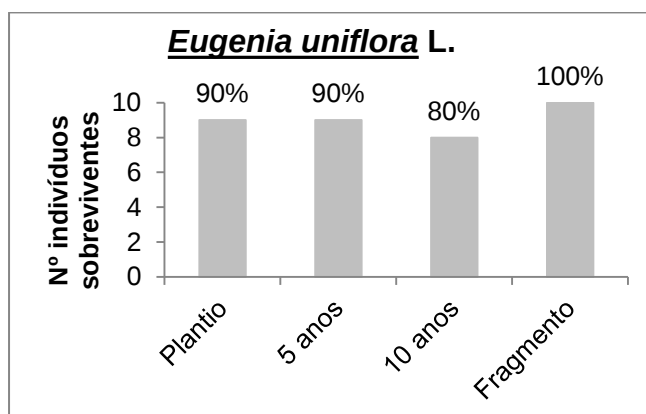


Figura 45 - Sobrevivência de *Eugenia uniflora* L. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

4.2.9 *Sebastiania brasiliensis* Spreng. - tajuvinha - EUPHORBIACEAE

A tajuvinha ou branquilho é uma espécie cuja infusão das folhas pode ser utilizada em feridas como antisséptico (PENNA et al., 2001). Esta espécie

apresentou diferença significativa no crescimento para a área de plantio inicial. (Tabela 13). Nesta tabela e na Figura 46 é possível observar que além de significativo, seu crescimento no plantio inicial foi substancialmente maior. Entretanto, a sobrevivência apresentada na Figura 47 mostra que esta espécie é uma boa opção para o enriquecimento de florestas, uma vez que sobreviveu e se desenvolveu bem em todas as áreas, teve muito poucos descréscimos em altura e teve a melhor média de crescimento de todas as espécies no fragmento remanescente.

Tabela 13 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Sebastiania brasiliensis* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	10	208,2 a	22,4	3	p<0,05
5 anos	9	18,00 b			
10 anos	10	28,8 b			
Fragmento	8	9,37 b			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

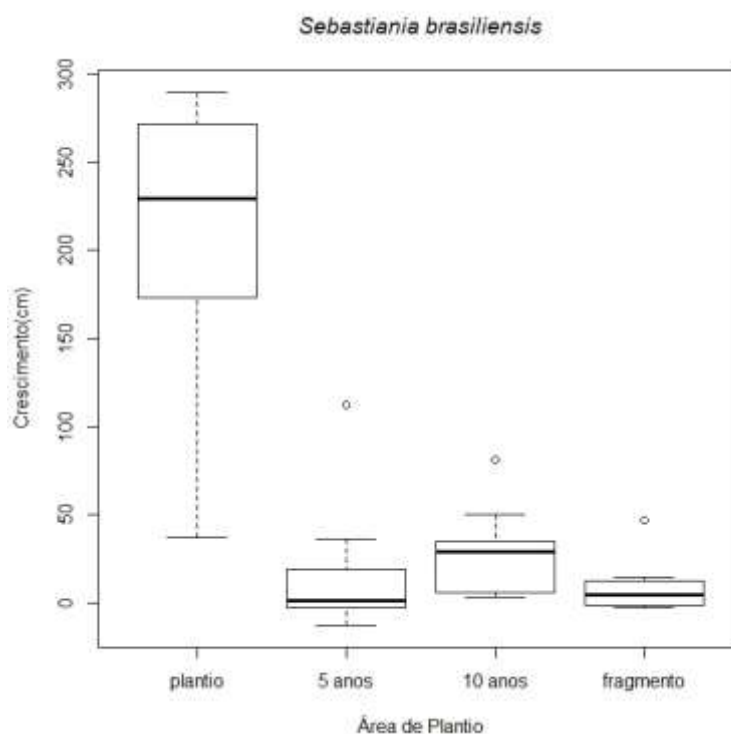


Figura 46 - Boxplot do crescimento de *Sebastiania brasiliensis* Spreng. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

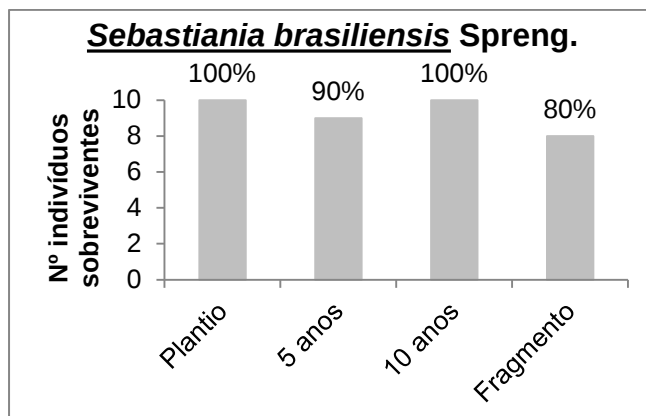


Figura 47 - Sobrevivência de *Sebastiania brasiliensis* Spreng. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

4.2.10 *Eugenia pyriformis* Cambess. - uvaia - MYRTACEAE

A uvaia é uma árvore frutífera amplamente cultivada, semidecídua, com porte de 5 a 15m, produz frutos muito apreciados para consumo *in natura*, na forma de sucos, geleias ou sorvetes (LORENZI et al., 2006) e portanto é fonte de recursos para a fauna na floresta. Conforme revisado por Silva et al. (2003) os compostos secundários produzidos em suas folhas podem ser utilizados no tratamento da gota humana.

A diferença no crescimento desta espécie foi significativa entre o plantio inicial e as outras áreas (Tabela 14). Apesar de ter tido boa sobrevivência durante o período avaliado (Figura 48), nas três áreas sombreadas esta espécie teve muitos decréscimos no tamanho, quase todos indivíduos diminuíram, mostrando que houve intolerância ao sombreamento ou o controle de formigas na área não foi suficiente para evitar a herbivoria nesta espécie (Figura 49).

Tabela 14 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o crescimento de mudas de *Eugenia pyriformis* 15 meses após o plantio nas quatro áreas de estudo, Batatais, SP

Área de estudo	n	Média do crescimento (cm)	H	g.l.	P
Plantio	7	37,00 a	16,69	3	p<0,05
5 anos	7	- 1,42 b			
10 anos	9	- 2,33 b			
Fragmento	9	- 7,99 b			

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade de erro.

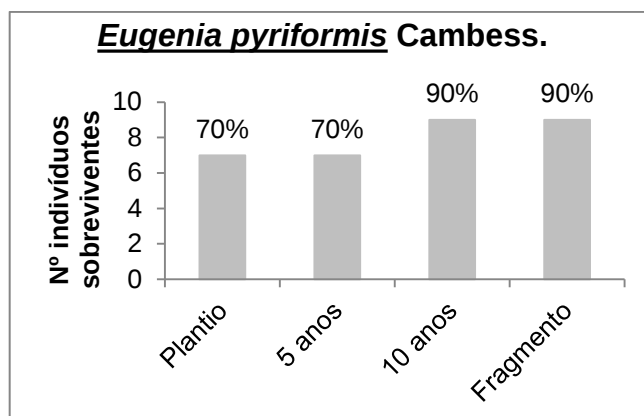


Figura 48 - Sobrevivência de *Eugenia pyriformis* Cambess. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP

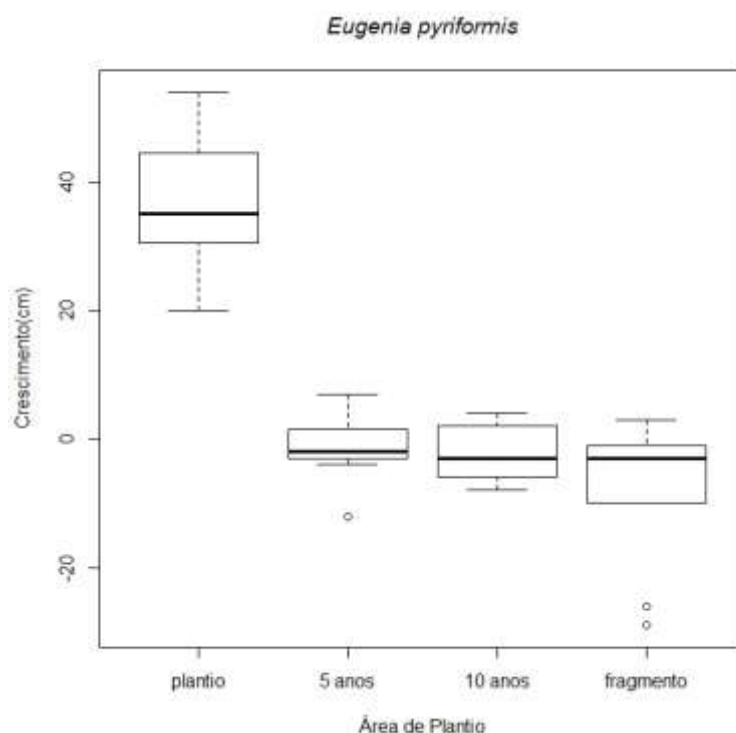


Figura 49 - Boxplot do crescimento de *Eugenia pyriformis* Cambess. 15 meses após o plantio em três áreas de restauração de diferentes idades e um fragmento remanescente, Batatais, SP. A linha no box representa a mediana

4.3 Desempenho entre espécies, em cada área de estudo

4.3.1 Plantio Inicial

No plantio inicial de restauração, as mudas que tiveram maior crescimento foram *Sebastiania brasiliensis*, *Piper aduncum* e *Helietta apiculata* (Figura 50). O verão de 2012 foi pouco chuvoso, porém, para a maioria destas espécies, o crescimento foi maior nas duas primeiras avaliações que na última, com a ressalva que a última medição foi apenas 3 meses depois da anterior. Apesar disso, as

espécies *Maytenus truncata* e *Myrciaria trunciflora* se diferenciaram deste padrão, sendo que a primeira cresceu em média 18cm de 12 a 15 meses, mais do que nas outras avaliações, assim como a segunda, que cresceu 12cm em média.

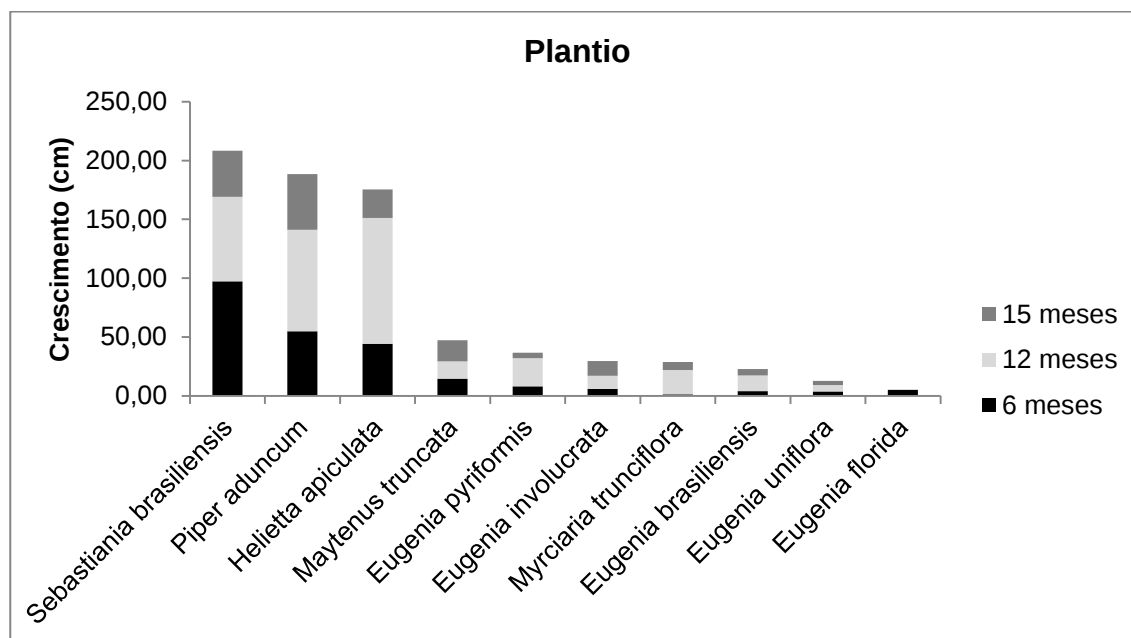


Figura 50 - Média do crescimento das mudas de espécies típicas de sub-bosque introduzidas junto ao plantio inicial de restauração em três avaliações, Batatais, SP

As espécies que tiveram maior mortalidade no plantio inicial foram *Eugenia florida*, *Eugenia brasiliensis* e *Maytenus truncata*, sendo que da primeira nenhum indivíduo sobreviveu (Figura 51).

Considerando estas duas variáveis, crescimento e sobrevivência, então, podemos concluir que as espécies que tiveram melhor desempenho foram *Sebastiania brasiliensis*, *Piper aduncum* e *Helietta apiculata*. Entretanto, as Myrtaceae *Eugenia pyriformis*, *Eugenia uniflora* e *Myrciaria trunciflora*, espécies de crescimento lento, também podem ser consideradas boas espécies para o plantio inicial de restauração, pois cresceram bem e tiveram boa sobrevivência nesta condição. Assim, ressaltamos que mais estudos são necessários para testar qual seria o melhor delineamento de plantio para que seu lento crescimento não prejudique a formação do dossel da floresta.

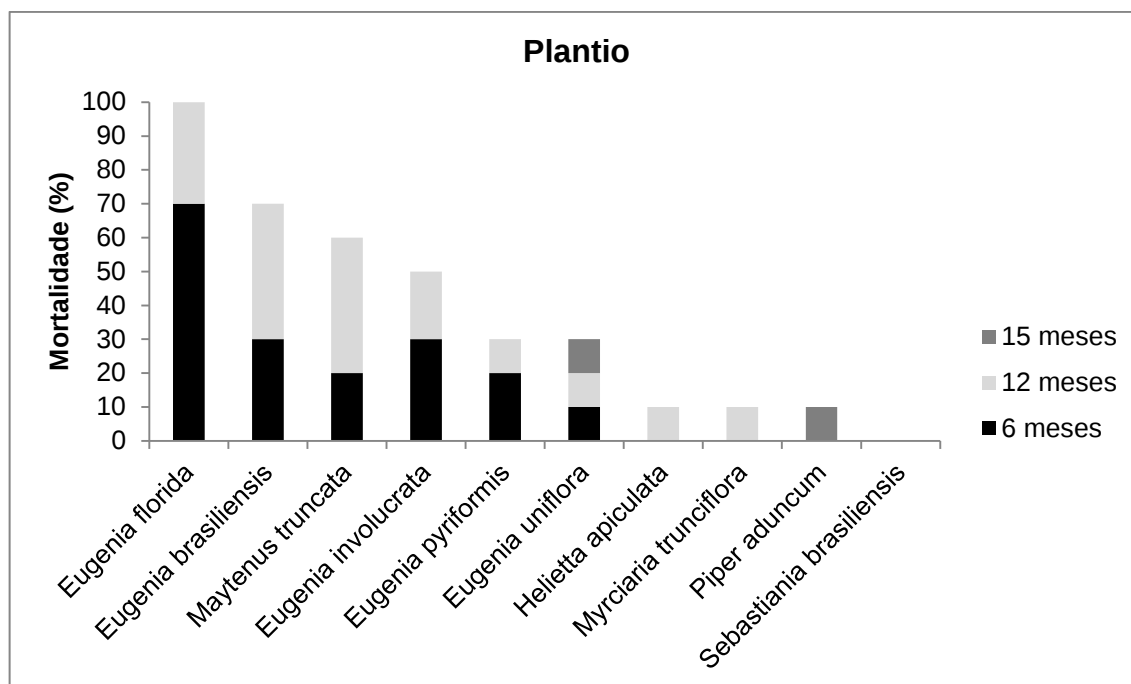


Figura 51 - Mortalidade das mudas de espécies típicas de sub-bosque introduzidas junto ao plantio inicial de restauração em três avaliações, Batatais, SP

4.3.2 Restauração com 5 anos

Nesta área, a espécie que teve melhor crescimento foi *Piper aduncum*. *Helietta apiculata*, *Sebastiania brasiliensis* e *Eugenia uniflora* foram as espécies que também cresceram bem nesta condição, com bons resultados considerando ser uma área sombreada (Figura 52). A espécie *Maytenus truncata* cresceu em média 9cm nos primeiros meses, mas nas avaliações seguintes decresceu, sendo que para o período total avaliado não teve bom desempenho nesta condição.

Todas as espécies tiveram mortalidade de 30% ou menos nesta área, ou seja, em geral a sobrevivência foi boa no plantio de 5 anos (Figura 53). Entretanto, como várias espécies apresentaram diminuição de tamanho, acreditamos que o controle de formigas realizado não foi efetivo contra a herbivoria.

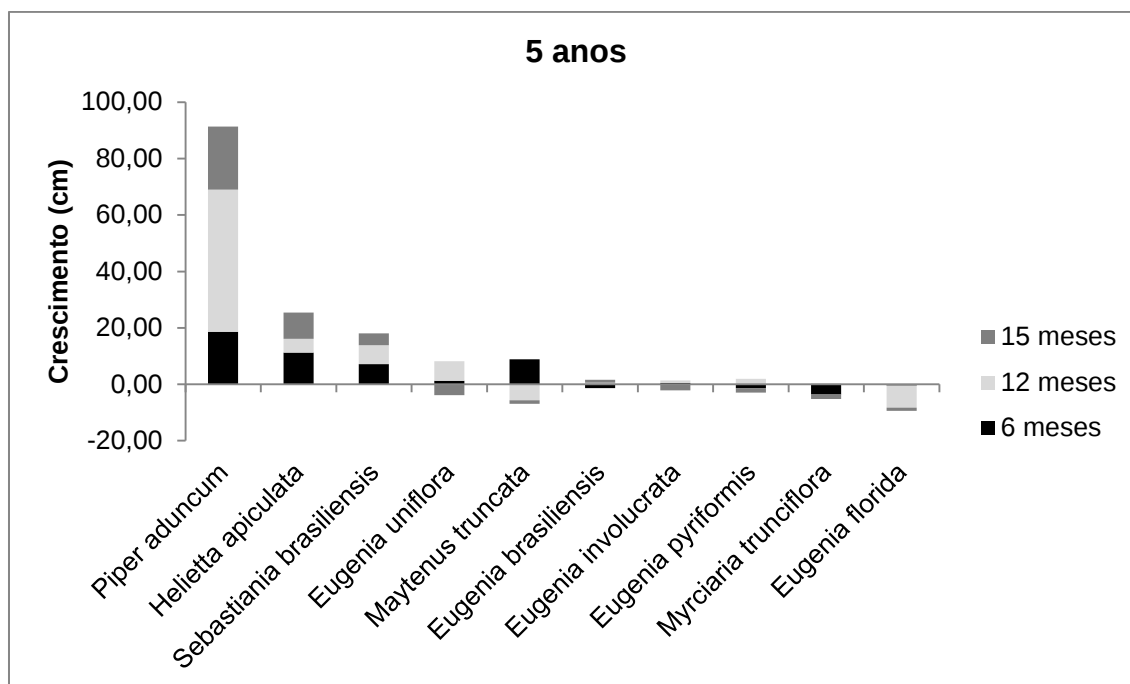


Figura 52 - Média do crescimento das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em uma área em processo de restauração com 5 anos, em três avaliações, Batatais, SP

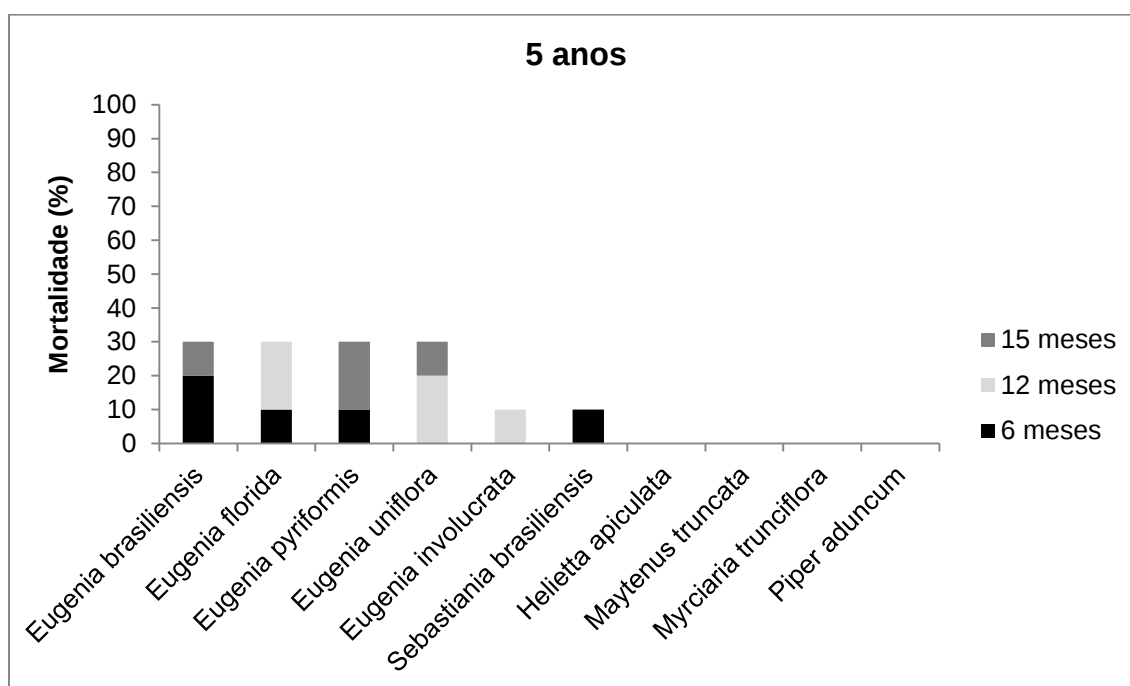


Figura 53 - Mortalidade das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em uma área em processo de restauração com 5 anos, em três avaliações, Batatais, SP

4.3.3 Restauração com 10 anos

Piper aduncum também foi a espécie que mais cresceu na área de 10 anos (Figura 54), porém com mortalidade de 40% (Figura 55). *Sebastiania brasiliensis*, *Helietta apiculata*, *Eugenia uniflora* e *Myrciaria trunciflora* foram as espécies que tiveram melhor desempenho considerando o crescimento e a sobrevivência. *Eugenia*

involucrata e *Eugenia brasiliensis* cresceram pouco, porém como são espécies de crescimento lento, poderia ser considerado um bom desempenho não fosse a alta mortalidade.

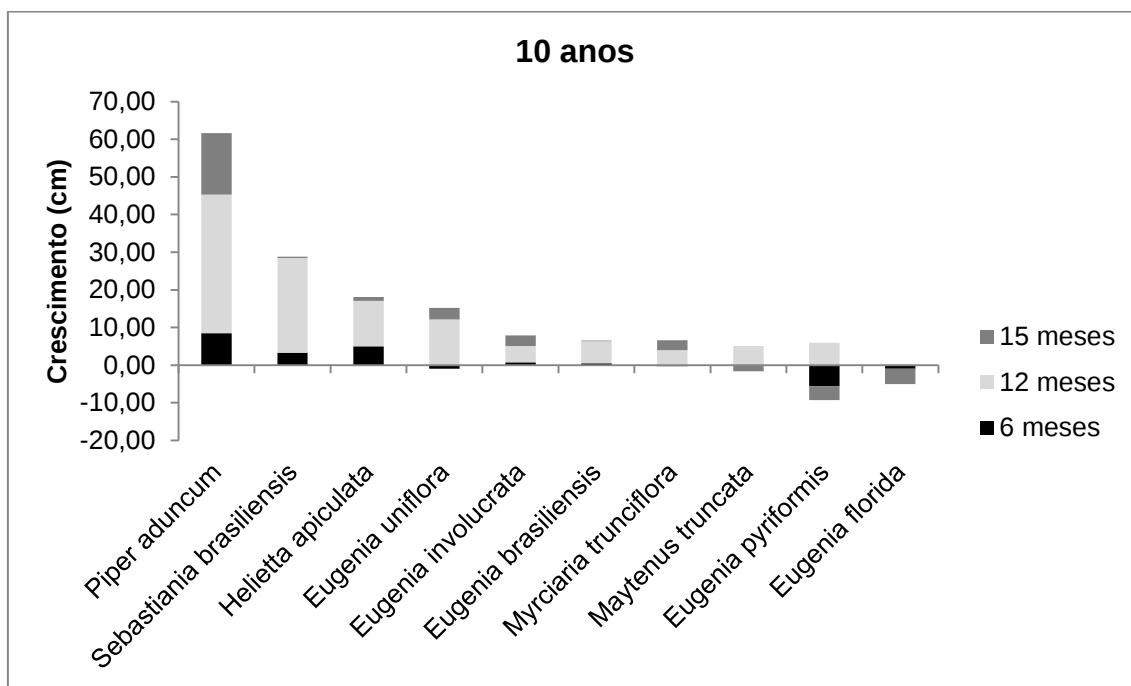


Figura 54 - Média do crescimento das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em uma área em processo de restauração com 10 anos, em três avaliações, Batatais, SP

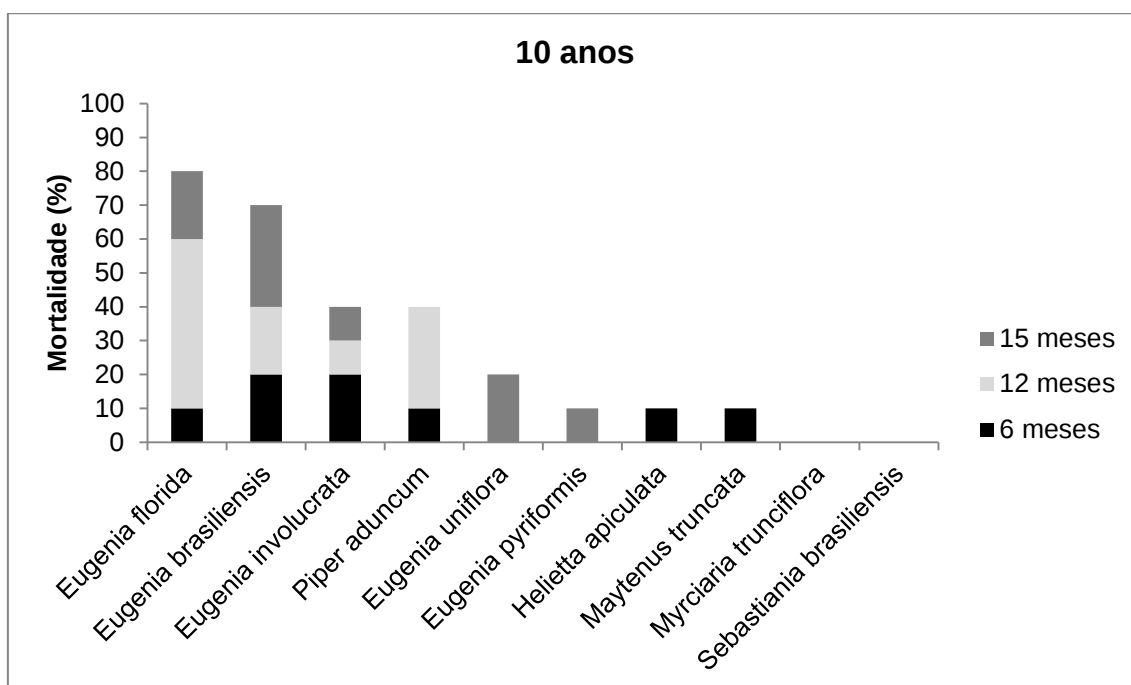


Figura 55 - Mortalidade das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em uma área em processo de restauração com 10 anos, em três avaliações, Batatais, SP

4.3.4 Fragmento remanescente

Conforme é possível observar na Figura 56, nesta área o crescimento das mudas foi mínimo, abaixo de 10cm para todas as espécies e houve diminuição de tamanho em muitas delas. Quanto à sobrevivência (Figura 57), apenas *Piper aduncum* e *Eugenia florida* não apresentaram resultados satisfatórios, com mortalidade acima de 50%. Para as outras espécies, um plantio de enriquecimento em fragmento remanescente poderia ser realizado, porém com mais estudos sobre maneiras de melhorar o crescimento, seja pelo plantio de mudas maiores e mais resistentes, ou desbaste das árvores do dossel para aumentar a luminosidade incidente no sub-bosque. Além disso, o controle da herbivoria também é muito importante, principalmente em fragmentos em matriz de cultivo de cana-de-açúcar, pois é aplicado formicida na cultura levando as formigas a se refugiarem nas áreas vizinhas, especialmente fragmentos de floresta.

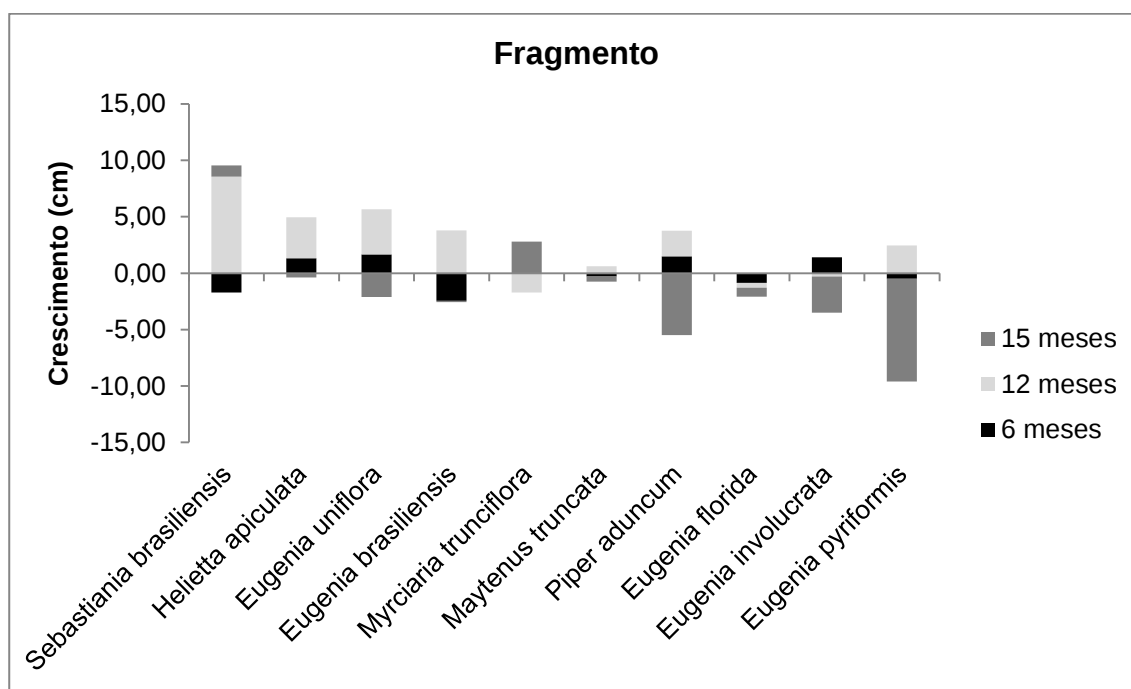


Figura 56 - Média do crescimento das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em um fragmento remanescente, em três avaliações, Batatais, SP

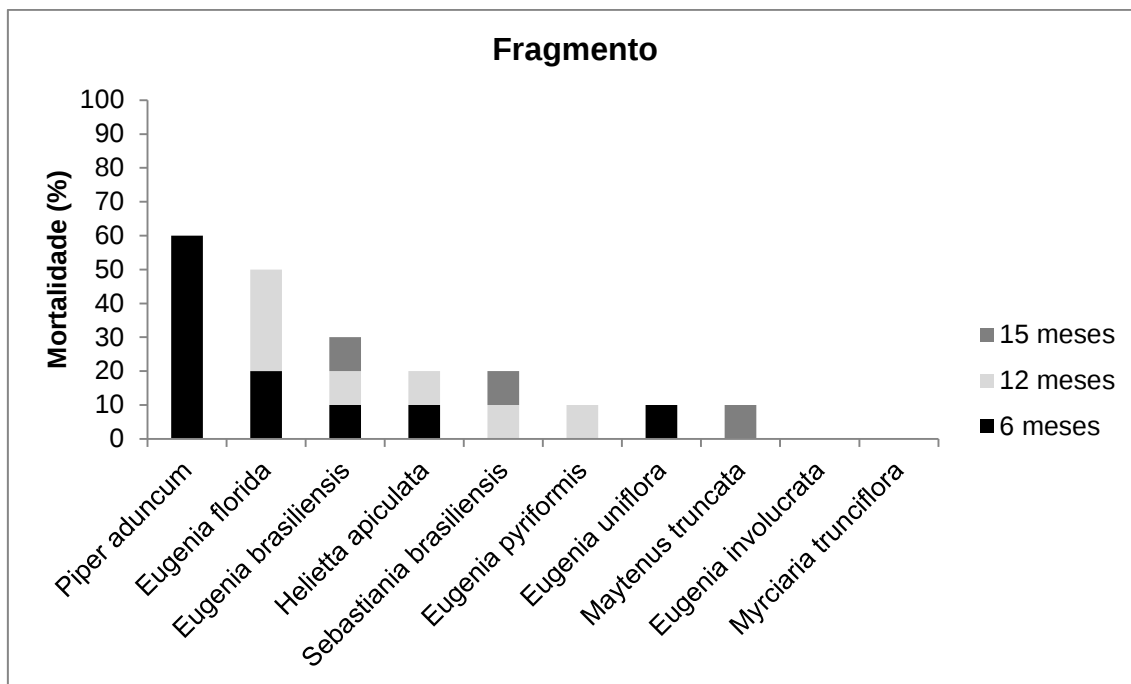


Figura 57 - Mortalidade das mudas de espécies típicas de sub-bosque plantadas em um fragmento remanescente, em três avaliações, Batatais, SP

4.3.5 Eficiência na introdução das espécies estudadas

Conforme o objetivo deste trabalho, que foi verificar a viabilidade de se introduzir espécies típicas de sub-bosque em diversas condições típicas da realidade de florestas em processo de restauração ou remanescentes, buscamos criar um critério de eficiência da introdução destas espécies, seja no plantio de restauração, seja em fragmentos remanescentes degradados. Este critério baseou-se em dois fatores, a sobrevivência e o crescimento.

A sobrevivência, não apenas pela razão intuitiva de que se as mudas plantadas não sobreviverem não pode haver sucesso no enriquecimento, mas também porque deve haver um número mínimo de indivíduos para que haja chance de reprodução das espécies introduzidas, especialmente no caso das finais de sucessão e típicas de sub-bosque, que são em sua maioria espécies alógamas. Assim, é necessário que haja sobrevivência de no mínimo dois indivíduos, sendo que quanto mais aumenta este número, maiores são as possibilidades de haver reprodução cruzada entre indivíduos. No caso deste experimento, foram plantadas 10 mudas de cada espécie por área. Considerando apenas uma área, que cada genótipo corresponde a um indivíduo com um genótipo distinto, e 100% de sobrevivência das mudas, haveria então 45 cruzamentos possíveis. Estipulamos então que uma introdução eficiente contemplaria 50% deste número. Como não

podemos ter 22,5 cruzamentos, estimamos que 50% ou mais de cruzamentos possíveis seria pela sobrevivência de 8 dos 10 indivíduos, totalizando 28 cruzamentos possíveis.

A Figura 58 ilustra o critério estabelecido para sobrevivência das mudas vs número de cruzamentos possíveis, apontando as faixas em que foram estabelecidas para considerar a introdução das espécies como “ineficiente” (em vermelho), “eficiente” (amarelo) e “muito eficiente” (verde).

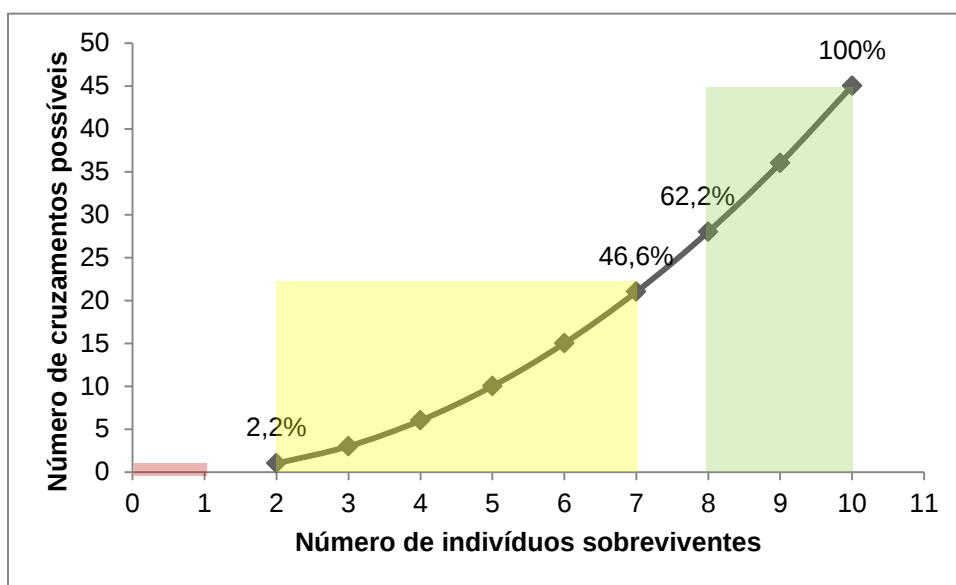


Figura 58 - Representação gráfica do critério de eficiência estabelecido para introdução de mudas de espécies típicas de sub-bosque na restauração/enriquecimento de áreas degradadas quanto à sobrevivência. Zona destacada em vermelho - ineficiente; em amarelo - eficiente; em verde - muito eficiente

Em relação ao crescimento, este critério é uma resposta da planta muito importante de ser observada, pois uma muda sobrevivente que não apresenta incremento de biomassa pode ser uma evidência de que está apenas resistindo àquela condição, e não efetivamente a tolerando e nela se desenvolvendo. O crescimento da muda, além de ser importante para seu amadurecimento reprodutivo, também confere a ela maiores chances de sobrevivência, uma vez que potencialmente aumenta sua i) competitividade por recursos com relação a outras plântulas ou gramíneas e ii) sua resistência à herbivoria, predação, infecção por patógenos e à quebra mecânica devido à queda de partes de outras árvores ou danos durante a manutenção do plantio (ex. pisoteio). Outras vantagens do crescimento da muda que podem ser citadas são o maior desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior aquisição de água e nutrientes, e um maior

desenvolvimento da parte aérea, que possibilita maior aquisição e aproveitamento da radiação solar.

Como referência para o crescimento foi escolhido o crescimento médio das espécies finais de sucessão em viveiro, que representa uma situação extremamente favorável ao desenvolvimento da muda, com irrigação, adubação e nível de luz controlados. Este valor é de aproximadamente 30cm em torno de 8 meses (RODRIGUES², informação verbal), o que resulta em uma média de 3,75cm/mês. Consideramos então que as mudas plantadas, ao apresentar 10% do crescimento mensal de referência, seriam consideradas como “resistentes” (vermelho), de 10% a 50% seriam “tolerantes” à condição de plantio (amarelo), e acima de 50% as “muito tolerantes” (verde), conforme representado na Figura 59.

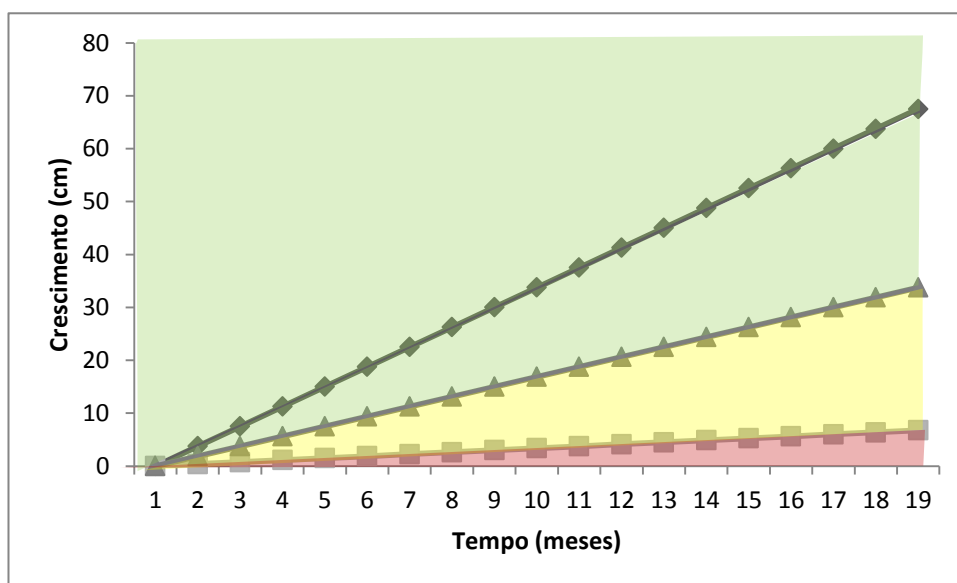


Figura 59 - Representação gráfica do critério de eficiência estabelecido para introdução de mudas de espécies típicas de sub-bosque na restauração/enriquecimento de áreas degradadas quanto ao crescimento. Zona destacada em vermelho - resistente; em amarelo - tolerante; em verde - muito tolerante

A Figura 60 ilustra, então, a união destes dois critérios e as faixas de eficiência na introdução das espécies nas áreas de estudo.

² RODRIGUES, R.R. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”.

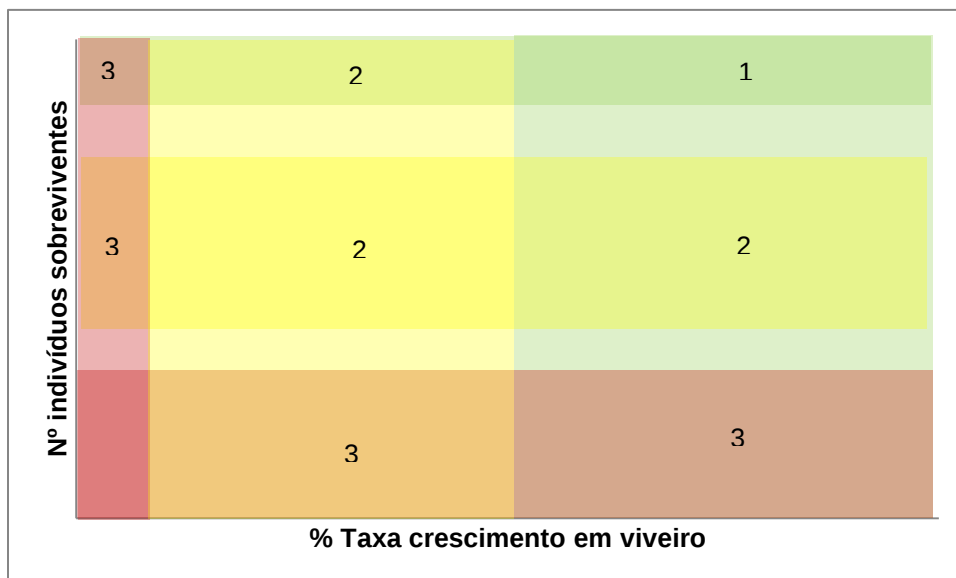


Figura 60 - Representação gráfica do critério de eficiência estabelecido para introdução de mudas de espécies típicas de sub-bosque na restauração/enriquecimento de áreas degradadas reunindo crescimento e sobrevivência. 1 - muito eficiente, 2 - eficiente, 3 - ineficiente

Foram então elaboradas quatro Figuras (61, 62, 63 e 64), uma para cada área de estudo, onde foram plotados o número de indivíduos sobreviventes e a porcentagem que o crescimento observado no período deste estudo (15 meses) representa do crescimento médio esperado em viveiro.

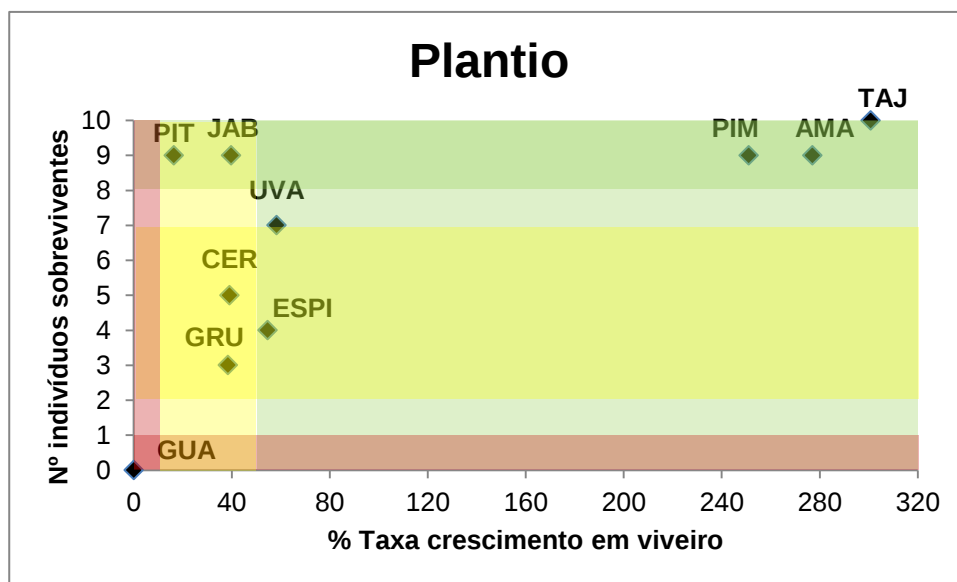


Figura 61 - Eficiência na introdução de 10 espécies típicas de sub-bosque no plantio inicial de restauração em Batatais, SP. AMA = *Helietta apiculata*, CER = *Eugenia involucrata*, ESPI = *Maytenus truncata*; GRU = *Eugenia brasiliensis*; GUA = *Eugenia florida*; JAB = *Myrciaria trunciflora*; PIM = *Piper aduncum*; PIT = *Eugenia uniflora*; TAJ = *Sebastiania brasiliensis*; UVA = *Eugenia pyriformis*

Na área de plantio inicial as espécies muito eficientes foram *Helietta apiculata*, *Piper aduncum* e *Sebastiania brasiliensis*. Porém, muitas espécies podem

ser consideradas eficientes, sendo elas *Eugenia uniflora*, *Myrciaria trunciflora*, *Eugenia pyriformis*, *Eugenia involucrata*, *Maytenus truncata* e *Eugenia brasiliensis*. Somente *Eugenia florida* não foi eficiente, afinal, todos indivíduos desta espécie morreram na área de plantio inicial.

Este resultado é extremamente importante, com aplicações práticas muito interessantes na restauração. É sabido que estas espécies não chegarão a formar o dossel da floresta, porém é de grande valia saber que podem ser utilizadas no plantio inicial, em um delineamento ainda a ser estudado. Atualmente diversos trabalhos (ARAKI, 2005; FERREIRA et al., 2007; ISERNHAGEN, 2010; VÁSQUEZ-CASTRO, 2013) vem testando a semeadura direta em restauração, sendo os mais recentes com o uso de espécies de recobrimento, com o objetivo de diminuir os custos do plantio, porém sem perder a vantagem da redução da manutenção destas áreas com o sombreamento feito por estas espécies.

A recomendação atual é o enriquecimento dessas áreas 2 anos após a semeadura das espécies de recobrimento. Assim, os resultados obtidos na área de plantio inicial podem representar uma nova visão sobre esta recomendação, pois o enriquecimento em área já desenvolvida também gera custos, podendo ser interessante o plantio de mudas de diversidade, incluindo típicas de sub-bosque, junto com a semeadura das espécies de recobrimento.

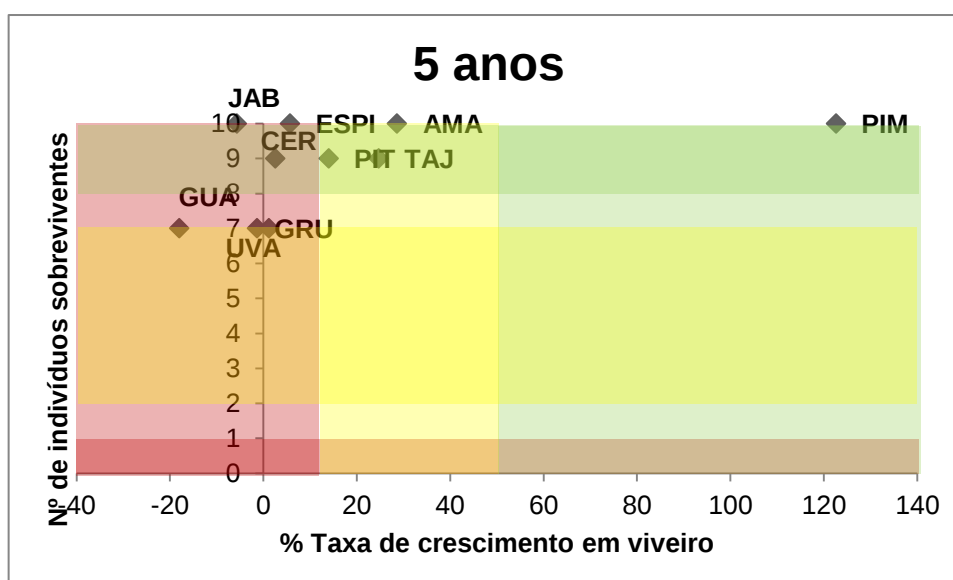


Figura 62 - Eficiência no enriquecimento de uma área em processo de restauração de 5 anos com 10 espécies típicas de sub-bosque em Batatais, SP. AMA = *Helietta apiculata*, CER = *Eugenia involucrata*, ESPI = *Maytenus truncata*, GRU = *Eugenia brasiliensis*, GUA = *Eugenia florida*, JAB = *Myrciaria trunciflora*, PIM = *Piper aduncum*, PIT = *Eugenia uniflora*, TAJ = *Sebastiania brasiliensis*, UVA = *Eugenia pyriformis*

Na área com 5 anos apenas *Piper aduncum* foi muito eficiente. *Maytenus truncata*, *Helietta apiculata*, *Eugenia uniflora* e *Sebastiania brasiliensis* foram eficientes. Nota-se, porém, que a amplitude de crescimento foi maior na área de plantio inicial, bem como o número de espécies eficientes. Assim, reforçamos a importância da inclusão precoce destas espécies, na forma de mudas, para restauração do sub-bosque.

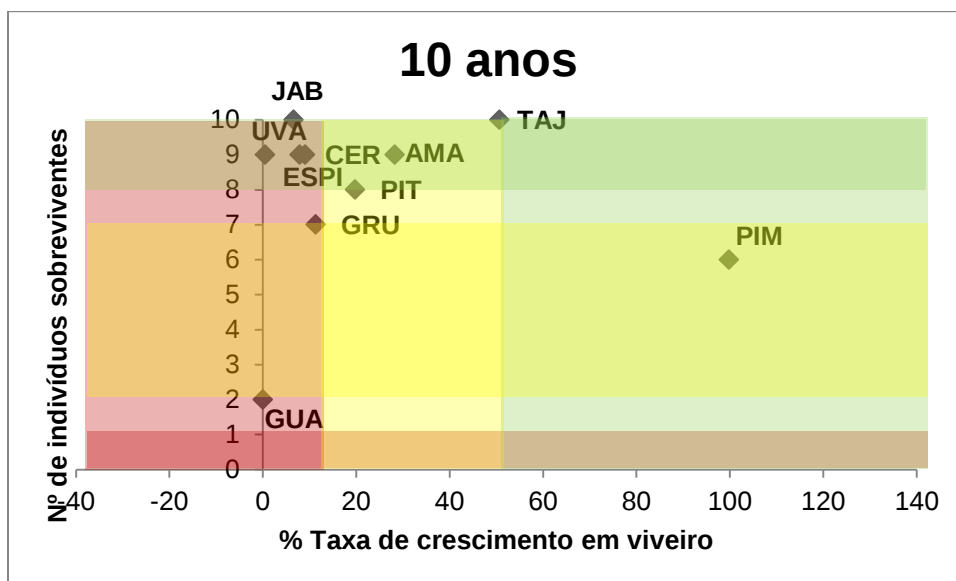


Figura 63 - Eficiência no enriquecimento de uma área em processo de restauração de 10 anos com 10 espécies típicas de sub-bosque em Batatais, SP. AMA = *Helietta apiculata*, CER = *Eugenia involucrata*, ESPI = *Maytenus truncata*; GRU = *Eugenia brasiliensis*; GUA = *Eugenia florida*; JAB = *Myrciaria trunciflora*; PIM = *Piper aduncum*; PIT = *Eugenia uniflora*; TAJ = *Sebastiania brasiliensis*; UVA = *Eugenia pyriformis*

Nenhuma espécie na área de 10 anos foi considerada muito eficiente dentro dos critérios estabelecidos. Apenas *Sebastiania brasiliensis*, *Helietta apiculata* e *Piper aduncum* foram eficientes. Pela sobrevivência observada, pode-se concluir que estes critérios não foram adequados para esta condição, ou seja, foi inadequado esperar que as mudas tivessem um crescimento que se equipare à taxa de crescimento em viveiro, quando submetidas ao sombreamento intenso, principalmente porque estas mudas foram rustificadas. Estas mudas foram observadas por 15 meses e após apenas uma estação chuvosa, então, sua sobrevivência e permanência na área de estudo já podem ser consideradas como indicio de sucesso no enriquecimento, porém este resultado mostra a dificuldade de enriquecer em curto prazo uma área altamente sombreada. Isso aponta para a importância da escolha criteriosa de espécies no momento do plantio, validando ainda mais a recomendação de uso de alta diversidade de espécies, de grupos

sucessionais e funcionais, possibilitando a reconstrução do hábitat e de uma comunidade capaz de se perpetuar no tempo. Áreas restauradas em processo de degradação com 10 anos ou mais são bastante comuns no domínio da Mata Atlântica e, portanto, é premente o desenvolvimento de técnicas de enriquecimento que possibilitem a continuidade e reestruturação destas áreas. Mais estudos neste tema de enriquecimento, incluindo o teste de outras espécies, são necessários.

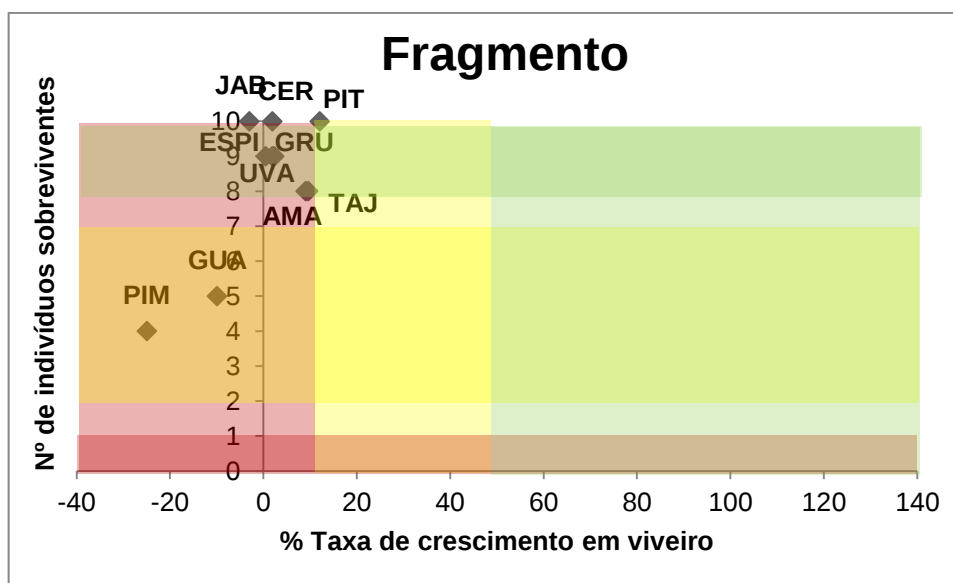


Figura 64 - Eficiência no enriquecimento de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual degradado com 10 espécies típicas de sub-bosque em Batatais, SP. AMA = *Helietta apiculata*, CER = *Eugenia involucrata*, ESPI = *Maytenus truncata*; GRU = *Eugenia brasiliensis*; GUA = *Eugenia florida*; JAB = *Myrciaria trunciflora*; PIM = *Piper aduncum*; PIT = *Eugenia uniflora*; TAJ = *Sebastiania brasiliensis*; UVA = *Eugenia pyriformis*

Dentro dos critérios estabelecidos para esta discussão sobre eficiência na introdução de espécies, nenhuma espécie teve resultados satisfatórios no enriquecimento deste fragmento remanescente. *Eugenia brasiliensis* e *Sebastiania brasiliensis* foram as espécies com melhores resultados. O crescimento abaixo do padrão obtido em viveiro pode ser um resultado esperado, já que nesta área o sombreamento é bem maior e a competição por recursos também. Mais uma vez se pode dizer que esta taxa ideal de crescimento é inadequada para comparar com o crescimento das mudas plantadas em condição de muito sombreamento, pois apesar de crescerem pouco e algumas até diminuírem de tamanho, quase todas as espécies apresentaram ótima sobrevivência, tornando-se fundamental a continuidade da observação destas plântulas em longo prazo para permitir conclusões mais precisas sobre a eficiência deste plantio de enriquecimento. É importante ressaltar o fato deste estudo não ter sido realizado com repetições

verdadeiras, o que enfraquece o poder de generalizações, fazendo-se necessários mais estudos sobre o enriquecimento de fragmentos remanescentes.

4.3.6 As Comunidades Finais

Foram calculados parâmetros fitossociológicos para cada área, baseado em Rodrigues (1988), considerando como comunidade final de espécies introduzidas, as espécies típicas de sub-bosque sobreviventes. Para o cálculo da dominância relativa foi utilizada a média de duas medidas perpendiculares da copa das mudas na última avaliação, utilizada como valor do diâmetro para cálculo da cobertura. O resultado está descrito nas Tabelas 15, 16, 17 e 18.

Assim, diferente das análises de eficiência que consideraram o crescimento em altura e a sobrevivência, esta análise fitossociológica considerou a taxa de ocupação do ambiente pelas copas dos indivíduos de cada espécie e a sobrevivência.

Piper aduncum foi a espécie com maior valor de importância entre as espécies do plantio inicial. Sua maior importância na comunidade pode ser atribuída à elevada média das medidas perpendiculares da copa das mudas conferindo maior DoR para a espécie. Isso reforça mais uma vez que a espécie foi erroneamente selecionada como típica de sub-bosque para este experimento. Em áreas de vegetação nativa é comum encontrarmos espécies do gênero *Piper* em locais com maior incidência luminosa, pois o gênero é composto principalmente por espécies de início de sucessão, porém, há também espécies de sub-bosque, como *Piper amalago*. *Sebastiania brasiliensis* aparece com o segundo maior valor de importância que, semelhante a *P. aduncum*, apresentou elevada dominância relativa. Esta espécie também foi uma das que teve maior incremento em altura na área de plantio inicial.

Tabela 15 - Parâmetros fitossociológicos calculados para a comunidade final de espécies típicas de sub-bosque 15 meses após introdução em um plantio inicial de restauração, Batatais, SP. N - número de indivíduos sobreviventes, FR - frequência relativa, DR - densidade relativa, DoR - dominância relativa, IVC - índice de valor de cobertura, IVI - índice de valor de importância

Espécie	Plantio					
	N	FR	DR	DoR	IVC	IVI
<i>Piper aduncum</i> L.	9	14,52%	13,85%	42,82%	56,67	71,18
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	10	16,13%	15,38%	32,60%	47,98	64,11
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	9	14,52%	13,85%	16,75%	30,60	45,11
<i>Myrciaria trunciflora</i> O. Berg.	9	14,52%	13,85%	1,97%	15,82	30,33
<i>Eugenia uniflora</i> L.	9	14,52%	13,85%	1,48%	15,33	29,84
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	7	11,29%	10,77%	2,51%	13,28	24,57
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	5	8,06%	7,69%	0,98%	8,67	16,74
<i>Maytenus truncata</i> Reissek	4	6,45%	6,15%	0,74%	6,89	13,35
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	3	0,00%	4,62%	0,15%	4,77	4,77
<i>Eugenia florida</i> DC.	0	-	-	-	-	-
	65	100,00%	100,00%	100,00%	200,00	300,00

Na área de 5 anos, semelhantemente ao plantio inicial, *P. aduncum* teve maior valor de importância na comunidade de plântulas. Essa importância é atribuída à maior área de copa dos indivíduos amostrados. *Helietta apiculata*, entretanto, como segunda espécie mais importante na comunidade, teve sua posição atribuída pela frequência e densidade relativas, ou seja, pela alta sobrevivência das mudas.

Tabela 16 - Parâmetros fitossociológicos calculados para a comunidade final de espécies típicas de sub-bosque 15 meses após plantio de enriquecimento em uma área em processo de restauração com 5 anos, Batatais, SP. N - número de indivíduos sobreviventes, FR - frequência relativa, DR - densidade relativa, DoR - dominância relativa, IVC - índice de valor de cobertura, IVI - índice de valor de importância

Espécie	5 anos					
	N	FR	DR	DoR	IVC	IVI
<i>Piper aduncum</i> L.	10	11,36%	11,36%	78,08%	89,44	100,81
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	10	11,36%	11,36%	6,48%	17,84	29,21
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	9	10,23%	10,23%	3,06%	13,29	23,52
<i>Eugenia uniflora</i> L.	9	10,23%	10,23%	2,71%	12,94	23,16
<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. Ex Reiss.	10	11,36%	11,36%	1,33%	12,69	24,05
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	9	10,23%	10,23%	2,30%	12,53	22,76
<i>Myrciaria trunciflora</i> O. Berg.	10	11,36%	11,36%	1,15%	12,51	23,88
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	7	7,95%	7,95%	3,26%	11,22	19,17
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	7	7,95%	7,95%	0,96%	8,91	16,87
<i>Eugenia florida</i> DC.	7	7,95%	7,95%	0,67%	8,62	16,58
	88	100,00%	100,00%	100,00%	200,00	300,00

Resultado semelhante foi encontrado para a comunidade de plântulas da área de plantio inicial. *P. aduncum* foi a espécie mais importante seguida por *S. brasiliensis*. Além disso, o alto valor de importância da primeira deveu-se à dominância relativa, porém, da segunda, à frequência e densidade relativas.

Tabela 17 - Parâmetros fitossociológicos calculados para a comunidade final de espécies típicas de sub-bosque 15 meses após plantio de enriquecimento em uma área em processo de restauração com 10 anos, Batatais, SP. N - número de indivíduos sobreviventes, FR - frequência relativa, DR - densidade relativa, DoR - dominância relativa, IVC - índice de valor de cobertura, IVI - índice de valor de importância

Espécie	10 anos					
	N	FR	DR	DoR	IVC	IVI
<i>Piper aduncum</i> L.	6	7,59%	7,59%	59,35%	66,94	74,54
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	10	12,66%	12,66%	7,36%	20,02	32,67
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	9	11,39%	11,39%	6,89%	18,28	29,68
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	9	11,39%	11,39%	6,40%	17,79	29,18
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	9	11,39%	11,39%	5,83%	17,22	28,61
<i>Myrciaria trunciflora</i> O. Berg.	10	12,66%	12,66%	4,36%	17,02	29,67
<i>Eugenia uniflora</i> L.	8	10,13%	10,13%	5,38%	15,51	25,63
<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. Ex Reiss.	9	11,39%	11,39%	1,86%	13,25	24,64
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	7	8,86%	8,86%	2,59%	11,45	20,31
<i>Eugenia florida</i> DC.	2	2,53%	2,53%	0,00%	2,53	5,06
	79	100%	100,00%	100,00%	200,00	300,00

A comunidade do fragmento remanescente teve *Eugenia brasiliensis* como espécie mais importante. Essa espécie de Myrtaceae tem grande importância ecológica para o enriquecimento de florestas degradadas, pois conforme comentado anteriormente, seus frutos, amarelos ou pretos, são atrativos à avifauna (Lorenzi, 1992). Apesar de ser uma espécie pioneira, *P. aduncum* ainda manteve-se entre as espécies com maior valor de importância no fragmento remanescente, isso pode ser devido ao lento crescimento das típicas de sub-bosque e dificuldades na formação de copa devido à herbivoria.

Tabela 18 - Parâmetros fitossociológicos calculados para a comunidade final de espécies típicas de sub-bosque 15 meses após plantio de enriquecimento em um fragmento remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, Batatais, SP. N - número de indivíduos sobreviventes, FR - frequência relativa, DR - densidade relativa, DoR - dominância relativa, IVC - índice de valor de cobertura, IVI - índice de valor de importância

Espécie	Fragmento					
	N	FR	DR	DoR	IVC	IVI
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	9	10,98%	10,98%	34,72%	45,70	56,68
<i>Piper aduncum</i> L.	4	4,88%	4,88%	23,35%	28,23	33,11
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	9	10,98%	10,98%	9,53%	20,51	31,48
<i>Eugenia uniflora</i> L.	10	12,20%	12,20%	5,54%	17,73	29,93
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	10	12,20%	12,20%	5,16%	17,36	29,55
<i>Myrciaria trunciflora</i> O. Berg.	10	12,20%	12,20%	4,42%	16,61	28,81
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	8	9,76%	9,76%	5,33%	15,09	24,85
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	8	9,76%	9,76%	4,73%	14,49	24,25
<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. Ex Reiss.	9	10,98%	10,98%	2,20%	13,18	24,15
<i>Eugenia florida</i> DC.	5	6,10%	6,10%	5,00%	11,10	17,20
	82	100%	100,00%	100,00%	200,00	300,00

As comunidades formadas pelas mudas introduzidas nas quatro áreas de estudo apresentaram curva dominância-diversidade do modelo logsérie, ou seja, algumas espécies apresentaram grande abundância e a maioria apresentou abundância pequena. A equidade, de acordo com o formato dessas curvas, é semelhante para as áreas de estudo, pois as quatro apresentaram um mesmo modelo de distribuição de abundância (Figura 65).

Entretanto as espécies mais abundantes não foram as mesmas nessas quatro áreas. A composição de espécies variou de uma área para outra, embora os padrões de abundância sejam semelhantes. Características fisiológicas das espécies como requerimentos nutricionais e ambientais, principalmente de radiação solar, possivelmente determinaram a sobrevivência das mudas e a composição distinta da comunidade de cada área. Além disso, algumas espécies foram mais susceptíveis à herbivoria que outras, como foi o caso da Uvaia (*Eugenia pyriformis*).

Ainda em relação ao modelo logsérie, segundo Fisher et al. (1943) esse tipo de distribuição seria esperado para comunidades relativamente simples, em ambientes relativamente restritivos, onde espécies bastante competitivas chegariam em intervalos aleatórios de tempo e ocupariam o hiperespaço dos nichos de um ambiente ainda não saturado. Como o arcabouço de dados utilizado para confecção da curva contemplou no máximo 10 indivíduos de 10 espécies em cada área, esta distribuição é coerente.

O modelo logsérie é chamado de modelo de pré-esvaziamento de nichos (May 1975) isto é, uma mesma porção k do hiperespaço dos nichos é preenchida pela espécie que já se estabeleceu, de forma que, quando a próxima espécie chegar, encontrará o hiperespaço restante do nicho já esvaziado de uma porção k.

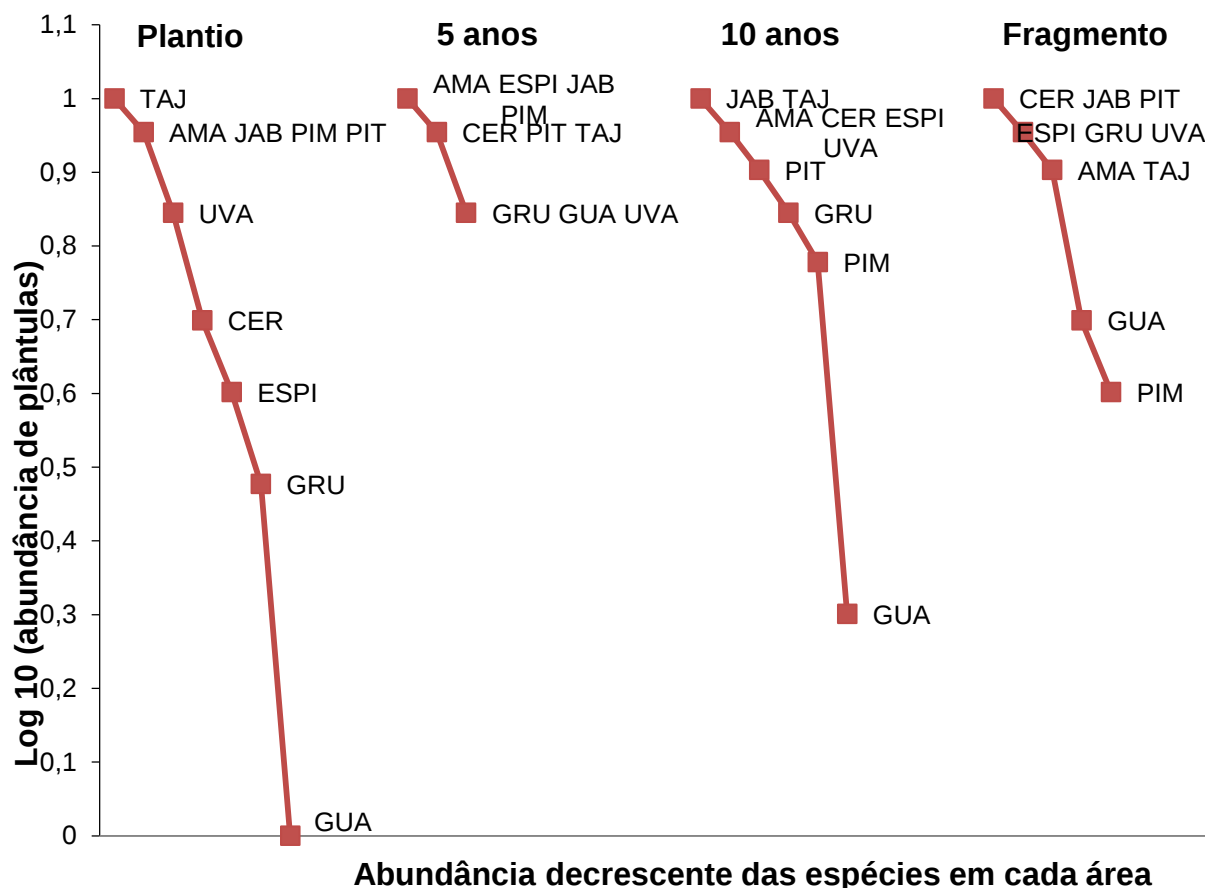


Figura 65 - Curva dominância-diversidade da comunidade de plântulas registradas nas quatro áreas de estudo: Plantio, 5 anos, 10 anos e Fragmento, Usina Batatais, SP. . A abundância relativa de cada espécie de muda foi ranqueada e plotada em escala logarítmica na base 10 ordenada de forma decrescente (Magurran 1988). AMA = *Helietta apiculata*, CER = *Eugenia involucrata*, ESPI = *Maytenus truncata*; GRU = *Eugenia brasiliensis*; GUA = *Eugenia florida*; JAB = *Myrciaria trunciflora*; PIM = *Piper aduncum*; PIT = *Eugenia uniflora*; TAJ = *Sebastiania brasiliensis*; UVA = *Eugenia pyriformis*

4.4 Interação entre o crescimento das mudas e as variáveis observadas

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada considerando o crescimento relativo das espécies em geral e as demais variáveis ambientais coletadas. Pode-se observar na Tabela 19 que a variância acumulada até o terceiro componente é de 0,9746, ou seja, 97% da variância do crescimento relativo é explicada por apenas 3 componentes.

Tabela 19 - Componentes principais - variâncias acumuladas por componente

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.27	Comp.28
Sd	35,3785	28,6691	9,9417	5,5809	3,6127	2,6519	0	0

Variância explicada	0,5615	0,3687	0,0443	0,0140	0,0059	0,0032	...	0	0
Variância cumulativa	0,5615	0,9302	0,9746	0,9886	0,9944	0,9976		1	1

Na Tabela 20 são representados os carregamentos por variável até o quinto componente principal, as variáveis ambientais que não estão na tabela e também as células em branco da tabela representam carregamentos próximos de 0, não sendo assim representativos para o componente principal.

Tabela 20 – Componentes principais – carregamentos por variável

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
CD	0,9606	-0,222	-0,1192		
MO	0,1896	0,3602		0,3697	-0,7403
Ca	0,1072	0,1911	0,3803		0,2531
Mg		0,1771	0,1084	0,2632	-0,1689
Al			-0,1099	0,2984	0,156
H_Al		0,4156	-0,5408	-0,2862	
SB		0,2848	0,4479	0,1231	0,2293
CTC	0,1167	0,7004		-0,1631	0,2597
V			0,3954		0,1715
m			-0,3919	0,7529	0,3659
um_solo					0,2068

CD - cobertura do dossel, MO - matéria orgânica do solo, Ca - teor de cálcio do solo, Mg - teor de magnésio do solo, Al - teor de alumínio do solo, H_Al - acidez potencial do solo, SB - soma de bases no solo, CTC - capacidade de troca catiônica do solo, V - V% (solo), m - m% (solo), um_solo - umidade do solo.

Assim, baseando-se nos dados da Tabela 20, podemos verificar que a variável com maior carregamento no componente 1 é a cobertura do dossel.

Esta correlação entre cobertura do dossel e crescimento das mudas já era esperada, porém, por se tratar de espécies típicas de sub-bosque, havia a dúvida se a cobertura do dossel influenciaria o crescimento positiva ou negativamente. O que os dados apresentados nas seções anteriores mostram é que quando o plantio a pleno sol não causou a morte da muda, que aconteceu relativamente pouco, esta condição de plantio sempre beneficiou o crescimento. O sombreamento reduziu também o crescimento, que tornou-se mais lento, causando pouca influência sobre a mortalidade.

4.5 Implicações práticas

É importante citar aqui que a metodologia utilizada neste estudo não permite extrapolações teóricas, porém, os resultados deste trabalho podem ser vistos como evidências práticas sobre o desenvolvimento de espécies típicas de sub-bosque em diversas condições de plantio. Além disso, estes resultados podem direcionar a

formulação de novas hipóteses para vários estudos a respeito do enriquecimento de áreas em processo de restauração com espécies típicas de sub-bosque.

Os resultados deste trabalho apontam para uma tendência de que, seguindo um modelo de plantio que não prejudique o fechamento da área pelas espécies de recobrimento e outras espécies de dossel, as espécies típicas de sub-bosque podem ser incluídas no plantio inicial, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento mais rápido a pleno sol. O rápido recobrimento da área e sombreamento lateral que acontece no primeiro ano de plantio pode ser suficiente para garantir a sobrevivência destas mudas. Podem ser testados manejos diferenciados que garantam a sobrevivência destas mudas, como irrigação ou uso de hidrogel.

Para o enriquecimento de áreas em processo de restauração, podemos considerar que 5 anos após o plantio ou até 60% de fechamento do dossel representam o limite para o sucesso da intervenção, sendo que o teste de enriquecimento em plantios mais jovens poderá trazer mais respostas sobre este tema.

Para o enriquecimento de áreas mais antigas e com dossel mais fechado é necessário testar outros grupos de espécies ou manejos diferenciados da área, como desbaste do dossel ou plantio de mudas maiores.

Sobre o enriquecimento em fragmentos remanescentes degradados não é recomendado o plantio de mudas maiores devido à dificuldade de se abrir covas profundas em áreas naturais, conforme foi verificado no plantio experimental deste estudo. Porém, estudar novos grupos de espécies típicas de sub-bosque é válido. Devido à alta correlação negativa das espécies aqui estudadas com o sombreamento da área, podemos também recomendar a tentativa de inserir estas espécies em clareiras naturais, atuando a intervenção como uma nucleação com espécies atrativas de fauna.

5 CONCLUSÕES

Não houve relação entre os atributos químicos, físicos e granulométricos do solo e o uso atual das áreas. As áreas apresentaram diferenças em alguns atributos, porém não foi possível verificar evolução ou melhora destes atributos conforme a idade do plantio, nem das áreas de plantio para o fragmento remanescente. Alguns atributos tiveram relação com o manejo anterior ao plantio de restauração das áreas.

A cobertura do dossel variou de maneira crescente conforme a idade do plantio de restauração e foi maior no fragmento remanescente. O crescimento das mudas foi altamente correlacionado com este gradiente de fechamento do dossel, sendo que em geral as mudas cresceram menos nas áreas mais sombreadas.

Piper aduncum não é uma espécie típica de sub-bosque. Há indícios de que *Helietta apiculata* também não.

Eugenia uniflora, *Myrciaria trunciflora* e *Sebastiania brasiliensis* são espécies que se desenvolveram bem em todos os ambientes.

Em outro extremo, o plantio de *Eugenia florida* falhou em todas as áreas.

Maytenus truncata, *Eugenia involucrata*, *Eugenia brasiliensis* e *Eugenia pyriformis* tiveram desempenho intermediário, sofreram bastante herbivoria nas áreas mais sombreadas porém tiveram bom incremento em altura, dado seu característico crescimento lento.

Estudos testando diferentes delineamentos de plantio inicial com espécies típicas de sub-bosque devem ser conduzidos visando viabilizar sua introdução neste momento da restauração sem prejudicar a formação do dossel da floresta.

Para o plantio inicial, recomendam-se as espécies *Eugenia uniflora*, *Eugenia pyriformis*, *Myrciaria trunciflora*, *Eugenia involucrata*, *Maytenus truncata*, *Eugenia brasiliensis*, *Sebastiania brasiliensis*, *Helietta apiculata* e *Piper aduncum*.

Para áreas com sombreamento até 60% recomendam-se *Piper aduncum*, *Helietta apiculata*, *Sebastiania brasiliensis* e *Eugenia uniflora*.

Para plantio em áreas com sombreamento até 75% recomendam-se *Sebastiania brasiliensis*, *Helietta apiculata*, *Piper aduncum* e *Eugenia uniflora*, porém com a ressalva de que são necessários mais estudos a respeito de qual o melhor manejo para favorecer seu desenvolvimento.

Para o enriquecimento de fragmentos remanescentes são necessários mais estudos sobre métodos de manejo da área ou das espécies plantadas para garantir maior eficiência.

REFERÊNCIAS

ALLEN, E.B.; COVINGTON, W.W.; FALK, D.A. Developing the Concept Basis to Restoration Ecology. **Restoration Ecology**, Malden, v. 5, n. 4, p. 275-276, 1997.

AMORIM, A.C.L.; LIMA, C.K.F.; HOVELL, A.M.C.; MIRANDA, A.L.P.; REZENDE, C.M. Antinociceptive and hypothermic evaluation of the leaf essential oil and isolated terpenoids from *Eugenia uniflora* L. (Brazilian pitanga). **Phytomedicine**, Jena, v. 16, p. 923–928, 2009.

ARAKI, D.F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas**. 2005. 172p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ARONSON, J.; VAN ANDEL, J. Challenges for ecological theory. In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. **Restoration Ecology**: the new frontier. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. p. 223-233.

ASSIS, G.B. de. **Avaliação do potencial invasivo de espécies não-nativas utilizadas em plantios de restauração de matas ciliares**. 2012. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of 287 essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, Inglaterra, v. 46, p. 446–475, 2008.

BARBEDO, C.J.; KOHAMA, S.; MALUF, A.M.; BILIA, D.A.C. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* D.C. - MYRTACEAE) em função do teor de água. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n.1, p. 184-188, 1998.

BARBOSA, L.M.; BARBOSA, J.M.; BARBOSA, K.C.; POTOMATI, A.; MARTINS, S.E.; ASPERTI, L.M.; MELO, A.C.G.; CARRASCO, P.G.; CASTANHEIRA, S.A.; PILIACKAS, J.M.; CONTIERI, W.A.; MATTIOLI, D.S.; GUEDES, D.C.; SANTOS-JÚNIOR, N.A.; SILVA, P.M.S.; PLAZA, A.P. Recuperação florestal com espécies nativas no Estado de São Paulo: pesquisas apontam mudanças necessárias. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 6, n. 14, p. 28–34. Jan. 2003.

BARBOSA, L.M.; BARBOSA, K.C.; BARBOSA, J.M.; FIDALGO, A.; RONDON, J.; NEVES JUNIOR, N.; MARTINS, S.; CASAGRANDE, J. C.; CARLONE, N. P. Estabelecimento de Políticas Públicas para Recuperação de Áreas Degradadas no Estado de São Paulo: o Papel das Instituições de Pesquisa e Ensino. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 162-164. Jul. 2007.

BARBOSA, T.C. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. 2011. 110p. Dissertação. (Mestrado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BASTOS, C.N.; ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 555-557, 2004.

BATATAIS. **Prefeitura Municipal da Cidade de Batatais, SP**: Dados Gerais. Disponível em: <<http://www.batatais.sp.gov.br/dados.asp>>. Acesso em 25 jul.2013.

BATTLE-AGUILAR, J.; BRIVELLI, A.; PORPORATO, A.; BARRY, D.A. Modelling soil carbon and nitrogen cycles during land use change. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 31, n. 2, p. 251-274, 2011.

BELLOTTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Restauração fundamentada no plantio de árvores, sem critérios ecológicos para a escolha e combinação das espécies. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da mata atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. cap. 1.1, p. 11-13.

BERTACCHI, M.I.F. **Micro-sítio como filtro para o estabelecimento de regenerantes arbóreos em áreas restauradas**. 2012. 117p. Dissertação. (Mestrado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERTACCHI, M.I.F.; BRANCALION, P.H.S.; BRONDANI, G.E.; MEDEIROS, J.C.; RODRIGUES, R.R. Caracterização das condições de micro-sítio de áreas em processo de restauração com diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 895-905, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.

CAMPAROTO, M.L.; TEIXEIRA, R.O.; MANTOVANI, M.S.; VICENTINI, V.E.P. Effects of *Maytenus ilicifolia* Mart. and *Bauhinia candicans* Benth infusions on onion root-tip and rat bone-marrow cells. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 1, p. 85-89, 2002.

CASAGRANDE, J.C.; SOARES, M.R. Recuperação de solos degradados: interação solo-planta. In: BARBOSA, L.M.; SANTOS JUNIOR, N.A. dos (Org.). **A Botânica no Brasil**: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais. São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 2007. p. 53-57.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. ; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. (IAC. Boletim Técnico, 106).

CARRASCO, P.L.; OLIVEIRA, C.C.C.; CAVALHEIRO, A.L.; TOREZAN, J.M.D. Semeadura direta de espécies nativas para o enriquecimento de áreas em restauração. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SNA, 2007. p. 1-2.

CEPAGRI - **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura**. Capinas: UNICAMP, 2013. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_067.html>. Acesso em 15 jul.2013.

COOPERSUCAR, Centro de Tecnologia. **Carta de solos - Usina Batatais**. Batatais, 2000. Escalas variam.

DENNER, M.A.; CITADIN, I.; FERNANDES JR, A.A.; ASSMANN, A.P.; MAZARO, S.M.; DONAZZOLO, J.; SASSO, S.A.Z. Enraizamento de jaboticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DONATO, A.M.; MORRETES, B.L. Anatomia foliar de *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 19, n. 3p. 759-770, 2009.

DUARTE, M.M. **Transplante de epífitas entre Florestas Estacionais Semidecíduais para enriquecimento de florestas em processo de restauração**. 2013. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do abastecimento, 1979. n.p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - CNPS. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do abastecimento, 1997. 212p.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. O desenvolvimento do conceito de restauração ecológica. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Org.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.1-26.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina, Editora Planta, 2006. 403p.

FENNER, M. Seedlings. **The New Phytologist**, Cambridge, v. 106, n.1, p. 35-47, 1987.

FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M.S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, Lavras, v.13, n.3, p.271-279, 2007.

FISHER, R.A.; CORBERT, A.S.; WILLIAMS, C.B. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, Inglaterra, v. 12, n. 1, p. 42-58, 1943.

FONSECA, R.C.B.; RODRIGUES, R.R. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 57, p. 27-43, jun. 2000.

FRIGUETTO, N.; WELENDORF, R.M.; SILVA, A.M.P.; NAKAMURA, M.J.; SIANI, A.C. Aplicação de cromatografia centrífuga de contra-corrente na purificação de ácido ursólico das folhas de *Eugenia brasiliensis* Lam. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 338-343, 2005.

FURLANI, A.M.C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; SILVA, I.V. Liming on growth of native wood species from brazilian savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 829-837, 1999a.

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A. Acidez de solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, p. 1-12, 1999b.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. Nutrição e Fertilização Florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 351-384.

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.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 11, p 309-350.

HARRINGTON, C.A. Forests planted for ecosystem restoration or conservation. **New Forests**, Dordrecht, 17, p. 175-190, 1999.

HULBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 54, n. 2, p. 187-211, 1984.

ISERNHAGEN, I. **Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. 2010. 106p. Tese (Doutorado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P.H.S.B.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G.; GANDOLFI, S. Diagnóstico Ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. cap. 2, p. 87-126.

JACOB, H.D.; CLARCKE, T. **Methods of soil analysis: Physical Methods**. pt 4. Madison: Soil Science Society of America, 2002. 1692p.

JANSEN, S.; SMETS, E.; HARIDASAN, M. Aluminium accumulation in flowering plants. In: BUMEL, D.D.; RAPPAPOORT, A. (Ed.). **Mc-Graw Hill Yearbook of Science and Technology**. New York: Mc-Graw Hill, 2003. p. 11-13.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK, Commonwealth Agricultural Bureau International, 2000. p.125-166.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KOHAMA, S. ;MALUF, A.M.; BILIA, D.A.C.; BARBEDO, C.J. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Grumixameira). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 72-78, 2006.

LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTTA, J.A. Restoration of degraded Tropical Forest landscapes. **Science**, Washington, v.310, p.1628-1632, 2005.

LE BOURLEGAT, J.M.; GANDOLFI, S.; BRANCALION, P.H.S.; DIAS, C.T.S. Enriquecimento de floresta em restauração por meio de semeadura direta de lianas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 465-472, 2013.

LEMMON, P.E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Journal of Forestry**, White Bear Lake, v. 55, n. 3, p. 667–668, 1957.

LERF - Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal. **Programa de Adequação Ambiental da Usina Batatais S/A - Açúcar e Álcool**. Piracicaba: Esalq/USP, 2005. 39p.

LERF - Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal. **Programa de Adequação Ambiental da Usina Batatais S/A - Açúcar e Álcool - 2ª fase**. Piracicaba: Esalq/USP, 2013. 52p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v.1. 368p.

LORENZI, H.; BACHER, L.B.; LACERDA, M.T.C.; SARTORI, S.F. **Frutas Brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurements**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 192p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London : Academic Press, 1995. 889p.

MATOH, T.; KOBAYASHI, M. Boron and Calcium, essential inorganic constituents of pecticpolysaccharides in higherplant cell walls. **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 111, p. 179-190, 1998.

MAY, R.M. Patterns of species abundance and diversity. In: CODY, M.L. & DIAMOND, J.M. (Ed.). **Ecology and evolution of communities**. Cambridge: Belknap Press of the Havard University Press, 1975, p. 81-120.

MEIRA-NETO, J.A.A.; MARTINS, F.R.; SOUZA, A.L. Influência da cobertura e do solo na composição florística do sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 473-486, jul./set., 2005.

MILHOMEM, M.E.V. **Florística, estrutura e aspectos ecológicos do estrato arbóreo e regenerativo de um fragmento de floresta Semidecidual em Itumbiara, GO**. 2010. 46p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

MIRANDA, E.E. de; COUTINHO, A.C. (Coord.). **Brasil Visto do Espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 26 out. 2011.

MÔNICO, A.C. **Transferência de bancos de sementes superficiais como estratégia de enriquecimento de uma floresta em processo de restauração**. 2012. 180p. Dissertação (Mestrado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in old-growth and second-growth tropical rain forests. **Ecology**, Tampa, v. 82, p. 2707-2718, 2001.

NAVE, A.; RODRIGUES, R.R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Ed.). **High diversity Forest Restoration in Degraded Areas**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 103–126.

NICOTRA, A.B.R.L. CHAZDON, ; S. IRIARTE. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, Tampa, n. 80, p.1908-1926, 1999.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H.; ALMEIDA, C.L.F. **Levantamento Pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: Quadrícula Descalvado. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1982. Mapa, escala 1:1000.000.

OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N. de; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. 1999. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos, 1999. v. 1. 64p.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503p.

PENNA, C.; MARINO, S.; VIVOT, B.; CRUAÑES, M.C.; MUÑOZ, J. de D., CRUAÑES, J., FERRARO, G.; GUTKIND, G.; MARTINO, V. Antimicrobial activity of Argentine plants used in the treatment of infectious diseases. Isolation of active compounds from *Sebastiania brasiliensis*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 77, p. 37-40, 2001.

PICKETT, S.T.A., COLLINS, L.S., ARMESTO, J.J. Models, mechanisms and pathways of succession. **Botanical Review**, Bronx, NY, v.53, p. 335–371, 1987.

PICKETT, S.T.A.; PARKER, T.; FIEDLER, P.L. The New Paradigm in Ecology: Implications for Conservation Biology Above the Species Level. In: FIEDLER, P.L.; JAINS, S.K. (Ed.). **Conservation Biology**. New York: Chapman & Hall, 1992. p. 65-88,

PICKETT, S.T.A.; PARKER, V.T. Avoiding the old pitfalls: opportunities in a new discipline. **Restoration Ecology**, Malden, n. 2, p. 75–79, 1994.

PICKETT, S.T.A., CADENASSO, M.L. Vegetation dynamics. In: VAN DER MAAREL, E. (Ed.), **Vegetation Ecology**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. p. 172–198.

PIRANI, J.R. A revision of *Helietta* and *Balfourodendron* (Rutaceae-Pteleinae). **Brittonia**, New York, v.50, n. 3, p. 348-380, 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, 2011. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 jul. 2013.

RAIJ, B.V. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.M.; PONZONI, F.P.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, n.142, p. 1141–1153, 2009.

RODRIGUES, R.R. Métodos fitossociológicos mais usados. Separata de: **Casa da Agricultura**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 20-24, 1988.

RODRIGUES, R.R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa Cinco, Ipeúna, SP**. 1991. 110p. Tese (Doutorado em Ciências - Biologia Vegetal) - Universidade de Campinas, Campinas, 1991.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restoration Actions. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Ed.). **High Diversity Forest Restoration in Degraded Áreas**. New York: Nova Science Publshers, 2007. p. 77-101.

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, p. 1242-1251, Jan. 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, p. 1606-1613, 2011.

SANTOS, M.B. **Enriquecimento de uma floresta em restauração através da transferência de plântulas da regeneração natural e da introdução de plântulas e mudas**. 2011. 115p. Tese (Doutorado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M.R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2001.

SCHAPOVAL, E.E.S.; SILVEIRA, S.M.; MIRANDA, M.L.; ALICE, C.B.; HENRIQUES, A.T. Evaluation of some pharmacological activities of *Eugenia uniflora* L. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 44, p. 137-142, 1994.

SCHUPP, E.W.; FUENTES, M. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. **Ecoscience**, Sainte-Foy, v. 2, p. 267-275, 1995.

SCHURR, F.M.; STEINITZ, O.; NATHAN, R. Plant fecundity and seed dispersal in spatially heterogeneous environments: models, mechanisms and estimation. **The Journal of Ecology**, Oxford, v.96, p. 628-641, 2008.

SER - Society for Ecological Restoration International. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Disponível em: <www.ser.org> Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Acesso em: 15 out.2011.

SIEGEL, S.; CASTELLAN Jr., N.J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. 2.ed. New York: McGraw Hill, 1988. 399p.

SILVA, F. DE A.S E. **The ASSISTAT Software**: statistical assistance. INPI 0004051-2. Disponível em: <http://www.assistat.com>. Acesso em: 13 out. 2013.

SUGANUMA, M.S.; BARBOSA, C.E.A.; CAVALHEIRO, A.L.; TOREZAN, J.M.D. Enriquecimento artificial da diversidade de espécies em reflorestamentos: análise preliminar de dois métodos, transferência de serapilheira e semeadura direta. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 151-158, 2008.

HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs**, Washington, v. 54, n. 2, p. 187-211, Jun. 1984.

SILVA, C.V.; BILIA, D.A.C; MALUF, A.M.; BARBEDO, C.J. Fracionamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess. - Myrtaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 213-221, 2003.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB37142>>. Acesso em: 09 Nov. 2013.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 256p.

SOUSA, P.J.C.; BARROS, C.A.L.; ROCHA, J.C.S.; LIRA, D.S.; MONTEIRO, G.M.; MAIA, J.G.S. Avaliação toxicológica do óleo essencial de *Piper aduncum* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 217-221, 2008.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo - Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 239-250, 1999.

TOPP, G.C.; ZEBCHUCK, W. The determination of soil-water desorption curves for soil cores. **Canadian Journal Of Soil Science**, Ottawa, v. 59, p. 19-26, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
SUGANUMA, M.S.; TOREZAN, J.M.D.; CAVALHEIRO, A.L.; VANZELA, A.L.L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p.377-385, mar./abr. 2008.

VASCONCELLOS, R.L.F.; SEGAT, J.C.; BONFIM, J.A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Soil macrofauna as na indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105-112, 2013.

VÁSQUEZ-CASTRO, D.C. **Semeadura direta de espécies arbustivas e de adubação verde como estratégia de sombreamento para restauração de áreas degradadas**. 2013. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências - Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

VICTORIA, F.N.; LENARDÃO, E.J.; SAVEGNAGO, L.; PERIN, G.; JACOB, R.G.; ALVES, D.; SILVA, W.P.; MOTTA, A.S.; NASCENTE, P.S. Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L.: Antioxidant and antimicrobial properties. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, p. 2668-2674, 2012.

ANEXOS

ANEXO A

Listas de espécies encontradas no dossel das áreas de estudo

Fazenda Coqueiros - 5 anos

ANACARDIACEAE

Astronium graveolens Jacq.
Myracrodruon urundeuva Fr. All.
Schinus molle L.
Schinus terebinthifolius Raddi

BIGNONIACEAE

Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O.Grose
Tabebuia roseo-alba (Ridl.) Sandwith
Zeyheria tuberculosa (Vell.) Bur

BIXACEAE

Bixa orellana L.

BORAGINACEAE

Cordia superba Cham.
Cordia trichotoma (Vell.)

CECROPIACEAE

Cecropia pachystachya Trécul

CLETHRACEAE

Clethra scabra Pers.

EUPHORBIACEAE

Croton floribundus Spreng.

FABACEAE - CAESALPINOIDEAE

Hymenaea courbaril L.
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.
Senna macranthera (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby

FABACEAE - FABOIDEAE

Platypodium elegans Vog.
Poecilanthe parviflora Benth.

FABACEAE - MIMOSOIDEAE

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan
Calliandra brevipes Benth.
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong
Inga marginata Willd.

FABACEAE - PAPILIONOIDEAE

Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart

MELIACEAE

Cedrella fissilis Vell.

MORACEAE

Ficus eximia Schott

PHYTOLACACEAE

Phytolaca dioica L

PRIMULACEAE*Myrsine umbellata* Mart.**RHAMNACEAE***Colubrina glandulosa* Perk.**RUTACEAE***Dictyoloma vandellianum* A. Juss.**TILIACEAE***Luehea divaricata* Mart.**VERBENACEAE***Aloysia virgata* (Ruiz & Pav.) Juss.*Citharexylum myrianthum* Cham.**Fazenda Santa Ernestina - 10 anos****ANACARDIACEAE***Schinus terebinthifolius* Raddi**BIGNONIACEAE***Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandwith**BORAGINACEAE***Cordia abssinica* R. Br.**LAMIACEAE***Aegiphila integrifolia* (Jacq.) Moldenke**MELIACEAE***Guarea guidonea* (L.) Sleumer*Trichilia casaretti* C. DC.**RHAMNACEAE***Colubrina glandulosa* Perk.**SOLANACEAE***Acnistus arborescens* (L.) Schlecht. gallinero*Solanum granuloseprosum* Dunal**Fazenda São José do Belo Horizonte - Fragmento remanescente****ANACARDIACEAE***Astronium fraxinifolium* Schott.*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.**ASTERACEAE***Vernonanthura ferrugineus* (Less.) H. Rob.**CANNABACEAE***Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.**CECROPIACEAE***Cecropia pachystachya* Trécul**ERYTHROXYLACEAE***Erythroxylum deciduum* A. St.-Hil.*Erythroxylum* sp

FABACEAE - CAESALPINOIDEAE*Machaerium villosum* Vog.**FABACEAE - CERCIDEAE***Bauhinia brevipes* Vog.*Bauhinia longifolia* (Bong.) Steud*Bauhinia mollis* (Bong.) D.Dietr.**FABACEAE - FABOIDEAE***Platypodium elegans* Vog.**FABACEAE - MIMOSOIDEAE***Inga striata* Benth.*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan*Senegalia tenuifolia* (L.) Britton & Rose**MELIACEAE***Guarea guidonea* (L.) Sleumer**MYRTACEAE***Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC.*Psidium guajava* L.**PIPERACEAE***Piper gaudichaudianum* Kunth**POACEAE***Chusquea* sp**PRIMULACEAE***Myrsine umbellata* Mart.**PROTEACEAE***Roupala montana* Aubl.**RHAMNACEAE***Rhamnidium elaeocarpum* Reiss.**RUBIACEAE***Guetarda viburnoides* Cham. & Schltdl.**SALICACEAE***Casearia gossypiosperma* Briquet (Mbavy)*Casearia rupestris* Eichler**SAPOTACEAE***Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.**STERCULIACEAE***Helicteres ovata* Lam.**STYRACACEAE***Styrax ferrugineus* Nees & Mart.*Styrax pohlilii* A.DC.**TILIACEAE***Luehea divaricata* Mart.*Luehea grandiflora* Mart. & Zucc.