

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JUNIO DA SILVA LUIZ

**CARACTERIZAÇÃO DE APPs EM TRÊS PROPRIEDADES RURAIS
ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO TRÊS BOCAS, LONDRINA, PARANÁ,
QUE PASSARAM POR RESTAURAÇÃO HÁ 04 ANOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Londrina
Fevereiro de 2015

JUNIO DA SILVA LUIZ

**CARACTERIZAÇÃO DE APPs EM TRÊS PROPRIEDADES RURAIS ÀS MARGENS
DO RIBEIRÃO TRÊS BOCAS, LONDRINA, PARANÁ, QUE PASSARAM POR
RESTAURAÇÃO HÁ 04 ANOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Patrícia Carneiro Lobo Faria

**Londrina
Fevereiro de 2015**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DE APPs EM TRÊS PROPRIEDADES RURAIS ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO TRÊS BOCAS, LONDRINA, PARANÁ, QUE PASSARAM POR RESTAURAÇÃO HÁ 04 ANOS

por

Junio da Silva Luiz

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 3 de Fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____

(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Marcelo Hidemassa Anami
(UTFPR - Campus Londrina)

Prof^a Dr^a Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
(UTFPR - Campus Londrina)

Prof^a Dr^a Patrícia Carneiro Lobo Faria
(UTFPR - Campus Londrina)
Orientadora

Prof^a Dr^a Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

"A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso"

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente o total apoio e paciência de minha orientadora (Prof^a Dr^a Patrícia C. L. Faria) durante este trabalho e durante o curso. Agradeço sinceramente a todos os professores que fizeram parte da minha formação, em especial a Prof^a Dr^a Kátia Prates e ao professor Dr. Marcelo Anami, por se dedicarem e fazerem parte desta banca examinadora.

Durante este trabalho também tive uma ajuda em campo do amigo Bruno Gambarotto, que foi de grande valia, e agradeço também a todos os amigos que também ajudaram de forma direta e indireta.

Finalmente agradeço a minha família pelo apoio imensurável durante esta graduação.

RESUMO

LUIZ, Junio da Silva. **Caracterização de APPs em três propriedades rurais às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, Paraná, que passaram por restauração há 04 anos.** 2015. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Bacharelado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

Após extenso debate, o Novo Código Florestal ainda exige a recuperação ambiental de áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal. No ano de 2010, pequenas propriedades rurais tiveram sua faixa de 30m de APP às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, recompostas através do plantio total, em programa municipal subsidiado pela promotoria do meio ambiente. Foi objetivo do presente trabalho caracterizar o desenvolvimento de 3 dessas áreas em restauração utilizando indicadores ecológicos de estrutura da vegetação e de qualidade do solo. Para aspectos edáficos, o Parque Ecológico Dr. Daisaku Ikeda foi usado como área referência. Na APP de cada propriedade foram instaladas 4 parcelas de 9x18m, nas quais todas as mudas plantadas foram acompanhadas para determinação: da espécie, sua altura, categoria sucessional e consequente determinação da riqueza, mortalidade e distribuição de altura das plantas. Também foi calculada a porcentagem de cobertura do dossel, pelo método da intersecção em linha. Em cada propriedade também foi realizada a coleta de amostras de solo, em 12 pontos, para caracterização química do solo. O restante do solo foi destinado ao cultivo de *Cajanus cajan* (feijão-guandu) para determinação indireta da presença de esporos de rizóbios através da nodulação. O número de espécies em cada propriedade variou de 20 a 44, a menor taxa de mortalidade foi de 1,9% (APP L) enquanto a maior foi de 25,9% (APP B) que determinaram densidades atuais de 1.805,6 a 4.012,3 ind./ha, resultantes de espaçamentos pequenos entre as plantas. O predomínio de pioneiras foi percebido em 2 propriedades (APP L e APP B), embora a dificuldade de identificação de algumas espécies mascare algumas análises. A propriedade com melhor distribuição de altura das plantas (APP L) apresentou também a maior porcentagem de cobertura de copas (201,9%), assim como a maior quantidade de K e P no solo. Por outro lado, as duas propriedades com menor cobertura do solo (75,8 e 115,3%) apresentaram teores semelhantes para os elementos químicos, exceto para o Fe que foi muito maior em apenas uma delas (APP B). A propriedade de maior cobertura de copas (APP L) forneceu o solo que contribuiu para a menor formação de nódulos em plantas de *Cajanus cajan* que, por outro lado, cresceram mais do que as cultivadas em solos oriundos das outras duas propriedades (APP G e APP B). Os resultados da estrutura da vegetação indicaram que duas (APP G e APP B) das três propriedades necessitam de ações complementares visando à restauração, como: plantio de adensamento (preenchimento dos espaços vazios com espécies de rápido crescimento) e controle de superabundantes (capim).

Palavras chave: Mata ciliar. Monitoramento. Nodulação. Cobertura de copas. Caracterização química do solo.

ABSTRACT

LUIZ, Junio da Silva. **Characterization of APPs in three farms located on the banks of Ribeirão Três Bocas, in Londrina, Paraná, which were restored by planting 04 years ago.** 2015. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Bacharelado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

After lengthy debate, the Brazilian Forest Code still requires the environmental recovery of permanent preservation areas (APP) and legal reserve. In 2010, small farms recomposed their APP throughout the total planting at 30m range on the banks of Ribeirão Três Bocas, Londrina, assisted by a city program subsidized by the prosecution of the environment. The objectives of this study were to characterize the development of three APPs in restoration using ecological indicators of vegetation structure and soil quality. The Ecological Park Dr. Daisaku Ikeda was chosen as a reference area to characterize edaphic aspects. In each property were installed 4 plots of 9x18m, where all the planted trees were followed to determine: the species, their height, their successional category and consequent determination of richness, rate mortality and distribution of plants height. It was also determined the percentage of crown cover, by the line intersect method. In each farm were also collected soil samples in 12 points for chemical characterization of soil. The remaining soil was used for the *Cajanus cajan* cultivation (pigeon pea) aiming to determinate the presence of spores rhizobia through nodulation. The richness in each property ranged from 20 to 44, the lowest mortality rate was 1.9% (APP L) while the highest was 25.9% (APP B) that determined current densities from 1,805.6 to 4,012.3 ind./ha, resulting of a small spacing between the plants. The pioneers trees were predominant in two properties (APP L e APP B), although the difficulty for identifying some species masked the analysis. The property with better distribution of plant height (APP L) also had the highest percentage of crown cover (201.9%) and the highest values of K and P in the soil. Moreover, the two properties with lower value of soil coverage (75.8 and 115.3%) showed similar levels to the chemical elements except for Fe, which was much larger in one of them (APP B). The property that showed of greater crown cover (APP L) also provided the soil in which *Cajanus cajan* roots had the smaller nodules formation. The other hand, these plants grew more than those grown in soils derived from the other two properties (APP G e APP B). The results of the vegetation structure indicated that the restoration of two out of three properties (APP G e APP B) require complementary actions, such as aggregation with seedlings from initial succession species density and control of competitors (grasses).

Key words: Riparian forest. Monitoring. Nodules formation. Crown cover. Chemical characterization of soil.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores universais e os mais frequentes utilizados para o monitoramento após plantio total.	16
Quadro 2 - Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo.	18

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista das áreas de estudo, em imagem de satélite, 4 anos após o plantio de restauração das APPs em propriedades rurais às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	21
Figura 2 - Exemplo de aplicação do método de estimativa da cobertura de copas pela interseção em linha, em reflorestamento com espécies nativas.	24
Figura 3 - Percurso em zig-zag para retirada de amostra	25
Figura 4 - Distribuição de frequência em classes de altura para as plantas amostradas em áreas de preservação permanente após 4 anos em restauração, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.....	31
Figura 5 - Distribuição de altura das plantas agrupadas em classes sucessionais em 3 propriedades às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	33
Figura 6 - Representação da altura das plantas de algumas espécies amostradas em APPs às margens do Ribeirão Três Bocas, com 4 anos de restauração. (a,b) Letras diferentes indicam diferenças significativas (Teste t de Student e Mann Whitney para variâncias desiguais. (*))	34
Figura 7 - Vista do interior das APPs 4 anos após o plantio total, às margens	35
Figura 8 - Altura, massa seca de raiz e formação de nódulos em plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivada por 82 dias em solos oriundos de APPs em restauração há 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR. a) MSNV: massa seca de nódulo por vaso, b) MSR: massa seca de raiz, c) MSRV: Massa seca de raiz por vaso, d) altura.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características gerais das APPs em restauração há 4 anos, em três propriedades às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.....	27
Tabela 2 - Lista das espécies encontradas e suas respectivas abundâncias e categorias sucessionais nas APPs em restauração há quatro anos, em três propriedades rurais, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.....	28
Tabela 3 - Representação percentual da abundância de plantas em categorias sucessionais encontradas nas APPs em restauração, ao final de 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	30
Tabela 4 – Número de plantas e cobertura de copas observados em 3 propriedades com APP em restauração há 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	32
Tabela 5 - Resultados das análises químicas do solo em 3 APPs em restauração há quatro anos e no Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	36
Tabela 6 - Alguns atributos químicos do solo coletado junto às APPs de 3 propriedades em restauração há quatro anos e no Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.	37
Tabela 7- Classificação das concentrações dos elementos químicos analisados em relação aos dados da literatura, nas categorias baixa, média e alta.....	37
Tabela 8 – Comparação das concentrações de alguns elementos químicos determinados nas amostras de solo oriundos das APPs em restauração e do Parque Daisaku Ikeda, às margens do Ribeirão Três Bocas, com dados da literatura para outras localidades em Londrina, PR.	38
Tabela 9 - Estatística descritiva dos parâmetros analisados em relação à formação de nódulos de rizóbios em plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solo oriundo de 3 APPs em restauração há 4 anos e no solo do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.....	40
Tabela 10 - Matriz para valores de p para as comparações entre massa seca de nódulos por vaso (MSNV) com plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo teste de Teste de Mann-Whitney ($p=0.05$).	40
Tabela 11 - Matriz para valores de p para as comparações entre massa seca de raiz (MSR) de plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo Teste de Mann-Whitney ($p=0.05$).	41
Tabela 12 - Matriz para valores de p para comparações entre a altura (h) de plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo Teste de Mann-Whitney ($p=0.05$).	41
Tabela 13: Correlação de Pearson entre a massa seca de raiz por vaso (MSRV) e a massa seca de nódulos por vaso (MSRV x MSNV) em plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) (Pearson $p=0.05$).	41
Tabela 14: Correlação de Pearson entre a massa seca de raiz (MSR) e a altura de plantas de <i>Cajanus cajan</i> cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência).	42

.....

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.1 Objetivos específicos	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Aspectos edáficos	13
3.2 Bases para a restauração florestal	14
3.3 Monitoramento da restauração florestal	16
3.4 Uso de indicadores da qualidade do solo	17
4 METODOLOGIA	21
4.1 Caracterização da área de estudo	21
4.2 Coleta de dados	22
4.2.1 Caracterização da estrutura das matas ciliares restauradas	22
4.2.1.1 Cobertura de copas como indicador de estrutura	24
4.2.2 Caracterização de atributos do solo	25
4.2.2.1 Caracterização química do solo	25
4.2.3 Formação de nódulos para fixação de nitrogênio	26
4.3 Análises Estatísticas	26
5 RESULTADOS	27
5.1 Estrutura das matas ciliares em restauração	27
5.1.2 Cobertura de copas como indicador de estrutura	34
5.3 Caracterização de atributos do solo	36
5.3.1 Caracterização química	36
5.4 Formação de nódulos de rizóbios fixadores de nitrogênio a partir do teste com <i>Cajanus cajan</i>	38
6 DISCUSSÃO	43
6.1 Estrutura das matas ciliares em restauração	43
6.2 Nodulação	44
7 CONCLUSÕES	46
8. REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Segundo Kageyama e Gandara (2009, p. 250) duas leis determinaram grandes mudanças no cenário da restauração florestal no Brasil: o Código Florestal, Lei nº 4771 de 15/09/65, que estabeleceu a zona ciliar com sua vegetação original como uma área de preservação permanente e a Lei da Política Agrícola, Lei nº 8171 de 17/01/91, que determinou a recuperação gradual das Áreas de Preservação Permanentes (APP), em um período de até 30 anos.

Com a recente aprovação da LEI Nº 12.651, de 25/05/2012 (modificada pela Lei nº 12.727), conhecida como o novo código florestal, foi instituído o Cadastro Ambiental Rural – CAR, que tem como finalidade “integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento”. Para a regularização do CAR, os proprietários terão que informar “a localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, ..., e também da localização da Reserva Legal”. Assim, o não cadastramento e a não adequação à Lei nº 12.651 farão com que o proprietário sofra as penas legais, entre as quais está a incapacidade de obtenção de crédito agrícola. Dentre as adequações propostas pelo novo código florestal, merece destaque a exigência da recuperação ambiental de áreas de preservação permanente e de reserva legal.

Rodrigues e Gandolfi (2009, p. 235) afirmaram que a recuperação ambiental de áreas degradadas é uma consequência do uso incorreto da paisagem. Porém, ao ser feita a adequação ambiental não é provável que a área em questão esteja devidamente recuperada pelo viés da ecologia. O que é feito, geralmente, é o plantio de mudas sem a real preocupação com o aspecto funcional da restauração.

As ações de restauração florestal evoluíram muito nos últimos 30 anos. Começou com o plantio de árvores sem critérios ecológicos para a escolha e combinação das espécies e avançou tendo como base os conhecimentos da sucessão florestal. A partir da compreensão de que as comunidades naturais são sistemas abertos, admitindo-se a possibilidade de diferentes comunidades finais num mesmo ambiente, a evolução do pensamento da restauração florestal resultou no uso de vários métodos de restauração. Além do plantio total de mudas, técnicas como a condução da regeneração natural e a semeadura direta, o transplante de plântulas e de serapilheira, uso de poleiros artificiais e da chuva de sementes, entre outras, passaram a ser consideradas (BELLOTTO et al., 2009a).

Ainda pouco utilizados, porém de extrema importância, são os indicadores ecológicos do funcionamento da restauração, pois a partir deles pode-se monitorar uma área em restauração e avaliar a sua condição. O estado de São Paulo apresenta uma legislação diferenciada, tanto no tocante às exigências para o processo de restauração (Resolução SMA 08 de 03/2007) quanto para o seu monitoramento (CONSEMA 32/2011). Recentemente, em um encontro de pesquisadores e da sociedade, alguns indicadores foram elencados como universais e mais pertinentes para um monitoramento simples e objetivo de ecossistemas florestais em recuperação (DURIGAN, 2011, p. 16), são eles: (1) a cobertura de solo, (2) a estratificação, (3) a fitofisionomia – três indicadores estruturais, e (4) a presença de espécies lenhosas invasoras, um indicador de função ecológica.

O monitoramento é, então, uma ferramenta de análise da fase transitória, entre a degradação e a conclusão da restauração, que serve para avaliar tanto o desenvolvimento da restauração voluntária de áreas florestais, quanto para fornecer um resultado que possa aferir o grau de sucesso de uma medida compensatória, por exemplo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Considerando a carência de informações acerca das áreas restauradas no município de Londrina, este trabalho se propôs a caracterizar o desenvolvimento de áreas de APP em restauração há quatro anos, em pequenas propriedades rurais no município de Londrina a partir de vários indicadores.

2.1 Objetivos específicos

Foram objetivos específicos do presente trabalho:

- Descrever a estrutura da mata ciliar em regeneração, em cada propriedade.
- Determinar a composição química do solo das APPs.
- Avaliar a aplicabilidade e viabilidade do uso dos indicadores propostos na literatura.
- Avaliar a capacidade de formação de nódulos de rizóbios fixadores de nitrogênio no solo das APPs.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Área degradada, em ecossistemas terrestres, se traduz como o local que sofreu a destruição da cobertura vegetal e da fauna, perda da camada fértil do solo e alteração na qualidade e vazão do sistema hídrico (Minter/IBAMA 1990 apud ENGEL; PARROTA, 2008, p.5).

Apesar da preocupação com a degradação ambiental mobilizar a sociedade e dos mecanismos de regulamentação e fiscalização terem sido aperfeiçoados, a degradação da Mata Atlântica, por exemplo, ainda ocorre em taxas elevadas, em torno de 6% ao ano (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE 1998 apud ENGEL; PARROTTA, 2008, p.10).

Segundo David e Botelho (1999), as matas ciliares são os ecossistemas mais intensamente utilizados e degradados pelo homem. Por possuírem algumas qualidades como solos úmidos e férteis, historicamente têm sido utilizadas para a agricultura e pecuária, para exploração de areia e cascalho, produção de madeira, recreação, construção de condomínios, construção de estradas em regiões montanhosas e, algumas vezes, até com incentivo do governo, como o programa Pró-Várzeas 1970-80.

Concomitante à perda de floresta ocorre a degradação do solo, processos intimamente ligados ao desenvolvimento econômico e urbano, que deixam para trás o legado de sua recuperação (GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI, 2008).

3.1 Aspectos edáficos

Seybold et al. (1998 apud ARAÚJO; MONTEIRO, 2007, p.67) definiram a qualidade do solo como a “capacidade do solo de sustentar diversidade biológica, regular o fluxo de água e solutos, degradar, imobilizar e detoxificar compostos orgânicos e inorgânicos e atuar na ciclagem de nutrientes e outros elementos”.

De acordo com Gonçalves, Nogueira JR. e Ducatti (2008) o solo degradado é aquele que perdeu parcialmente ou mesmo totalmente a sua capacidade de sustentar o crescimento de plantas e outros organismos e, assim, recuperar um solo degradado é o mesmo que repor essa sua capacidade. Ainda segundo esses autores, os macro e microrganismos podem ter suas

comunidades drasticamente alteradas com a degradação química do solo, sendo a diversidade e a densidade desses organismos geralmente reduzidas.

Engel e Parrotta (2008) apontam, inclusive, que a ausência de simbioses (micorrizas, rizobactérias), limitando interações essenciais, influencia o estabelecimento da regeneração natural

Em qualquer estratégia para recuperação de áreas degradadas, o interesse primordial é interferir em um ou mais fatores de formação do solo e acelerar sua gênese; quanto maior for a associação entre vegetais, animais e microrganismos, mais rápida será a formação do horizonte A (MELLO; ABRAHÃO, 1998). Sautter (1998) salientou que o desenvolvimento de um solo é um processo temporal e interligado a processos físicos, químicos e biológicos.

O Governo do Paraná lançou o programa Paraná Biodiversidade (SCHAITZA, 2009, p. 49), através do qual 6.915 proprietários receberam recursos para fazer conservação de solos e recomposição das matas ciliares ao longo de 3.200 quilômetros de margens de rios, porém, muitas vezes os programas se mostram frágeis:

Algumas vezes o projeto dispunha de recursos para financiar as mudanças. Outras, não. O importante, de todo modo, é que técnicos e agricultores construíssem uma visão do problema e de caminhos a serem seguidos, definindo responsabilidades, direitos e deveres. (SCHAITZA, 2009, p. 55)

3.2 Bases para a restauração florestal

No Estado do Paraná, a restauração dos ecossistemas florestais degradados tem sido efetivada a partir do plantio direto de mudas. Através do Programa Mata Ciliar, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Governo do Paraná, no período de 2003 a 2007, foram distribuídos para plantio cerca de 80 milhões de mudas de espécies nativas para a recuperação das matas que protegem as margens dos rios e mananciais (RENNER et al., 2010).

Kageyama, Gandara e Oliveira (2008) chamaram atenção para o fato que numa restauração tem-se dado muita importância ao uso apenas de espécies arbóreas, embora apenas cerca de 30% das espécies de florestas tropicais pertençam a essa forma de vida (REIS, 1996, apud KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2008).

O processo de sucessão tem sido usado para desenvolver os modelos de plantio (KAGEYAMA et al., 1992; GOOSEM; TUCKER, 1995; REIS, 1999; todos apud ENGEL; PARROTTA, 2008, p.15), e fornecido a base conceitual da restauração ecológica, (YOUNG, 2000 apud ENGEL; PARROTTA, 2008, p.15). Segundo Gomes-Pompa et al. (1972, apud KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2008, p. 30) a sucessão secundária é o caminho que a natureza encontrou para auto-regenerar a alta diversidade das comunidades. Reis e Kageyama (2008, p. 95) destacaram que “considerando que a restauração é aplicada sobre áreas degradadas e, portanto, pobres em nutrientes para os seres vivos (plantas, fungos, animais), a sucessão é o processo básico para refazer os níveis tróficos” e que o nível de sucessão alcançado deve atender ao conceito de estabilidade de comunidades proposto por outros autores.

A Sociedade Ecológica de Restauração recomenda a utilização de um ecossistema de referência, tanto para o planejamento da restauração, quanto para sua avaliação (SER, 2004, p.9). No entanto, Engel e Parrota (2008, p.14) relataram a dificuldade de se obter e considerar as informações de um ecossistema de referência, devido à natureza variável de atributos, tanto no espaço quanto no tempo, sugerindo a utilização de múltiplas fontes de informação.

Quanto à efetividade e/ou o sucesso da restauração, Engel e Parrota (2008, p. 22) destacaram, ainda:

Um dos grandes desafios tem sido como avaliar a efetividade e sucesso da restauração, uma vez que, a curto e médio prazo, possam dar uma perspectiva mais clara de que o ecossistema restaurado será viável a longo prazo; isso contribuirá para que as pessoas “percam o medo” de ter como objetivo maior a restauração ecológica, independente da abordagem técnica ou metodologia adotada.

No Brasil, devido ao pouco tempo de prática de reflorestamentos visando à restauração (a partir de 1980), pode-se dizer que essas áreas ainda estão em fase de avaliação, sendo consideradas áreas teste (MELO; DURIGAN, 2007). Reis e Kageyama (2008, p.108) ressaltaram que a importância da avaliação e monitoramento dos projetos de restauração está no fato de fornecer informações capazes de implementar melhoras contínuas no processo de restauração. Embora sejam fundamentais para a avaliação, iniciativas de monitoramento periódico de áreas restauradas com espécies nativas ainda são escassas e recentes (PARROTTA et al., 1997, SILVEIRA; DURIGAN, 2004, PULITANO; DURIGAN, 2004, SOUZA; BATISTA, 2004, todos apud BELLOTTO et al., 2009b, p. 128, MELO; DURIGAN, 2007).

3.3 Monitoramento da restauração florestal

Indicadores de monitoramento são parâmetros que podem ser aferidos e que indicam o funcionamento real das interações ecológicas que, por sua vez, se traduz em sucesso/insucesso da restauração aplicada em uma determinada área, sendo que esses parâmetros podem ser ecológicos, porém, podem ser também econômicos (BELLOTTO et al., 2009b).

No final do século XX, Rodrigues e Gandolfi (1998, p. 212) sugeriram para avaliação e monitoramento de áreas restauradas os seguintes indicadores:

Desenvolvimento de mudas: utilizando como parâmetros o diâmetro da base do caule, altura do fuste, estado fitossanitário da muda e outros.

Cobertura do solo: esse parâmetro pode ser avaliado com base na forma e dimensão da copa, sombreamento do solo, área sombreada versus área ensolarada e em fases posteriores a produção de serapilheira.

Regeneração natural: uso de coletores ou avaliação da produção de serapilheira, desenvolvimento de plântulas ou indivíduos jovens e outros.

Fisionomia: são vários parâmetros, como estruturação dos estratos (presença de dossel contínuo ou irregular, de sub-bosque, de indivíduos emergentes, etc.), formas de vida (formas de vida ocorrentes, dominantes, em desequilíbrio, etc.), ocorrência de clareiras (tamanho e origem), alinhamento dos indivíduos (alinhamento de plantio já mascarado ou não) e outros.

Diversidade: Está diretamente correlacionada com a regeneração natural e se constitui no mais importante instrumento de avaliação e monitoramento de projetos de restauração.

Durigan (2011), após sintetizou o uso de indicadores definidos como os mais frequentes para o monitoramento de áreas em recuperação, apresentados na Quadro 1.

Indicadores	Universais	Para Plantio Total
Cobertura da área	X	X
Espécies problema	X	X
Estratificação vertical	X	
Ocorrência de fatores de degradação		X
Fisionomia	X	X
Fitofisionomia (geral)	X	
Densidade		X
Riqueza (vegetal)		X
Formas de vida		X
Regeneração natural		X

Quadro 1 - Indicadores universais e os mais frequentes utilizados para o monitoramento após plantio total.

Fonte: DURIGAN, 2011 (modificado).

Melo, Miranda e Durigan (2007) recomendaram a utilização da cobertura de copas obtida pelo método da interseção na linha como um bom indicador da evolução estrutural dos reflorestamentos de restauração para plantios com idade de até 36 meses, sendo que o resultado foi significativo quando comparadas amostragens realizadas em fragmentos com 1 ano e fragmentos de 3 anos.

Outros parâmetros foram sugeridos como indicadores: presença de formigas (ANDERSEN, 1997; RUIZ-JAÉN; AIDE, 2005 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), estrutura da comunidade de borboletas (BROWN, 2009), estrutura da comunidade de outros invertebrados (JANSEN, 1997 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), mudança na densidade de minhocas em áreas de regeneração (ZOU; GONZALEZ, 1997 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), características físico-químicas do solo bem como os microrganismos associados (BENTHAM et. al., 1992 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), meso e macrofauna edáfica (SAUTTER, 1998 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), parâmetros vegetacionais (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998, RUIZ-JAÉN; AIDE, 2005 e GANDOLFI, 2006 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), amostragem de grupos de pequenos mamíferos (TURKER; MURPHY, 1997 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130), herpetofauna (TURKER; MURPHY, 1997 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130; RUIZ-JAÉN; AIDE, 2005), morcegos e aves (VAN AARDE et al. 1996 e PARROTTA et al., 1997 apud BELLOTTO et al. 2009b, p.130).

3.4 Uso de indicadores da qualidade do solo

O uso de indicadores de solo é de extrema importância já que a recuperação do solo está intimamente ligada à recuperação da área degradada e restabelecer as funções biogeoquímicas também é uma das metas da Ecologia da Restauração (MCKEE; FAULKNER, 2000, apud RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN 2009, p. 80).

Doran e Parkin (1994 apud ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), propuseram vários parâmetros de qualidade do solo relacionados a indicadores, conforme o Quadro 2.

A qualidade do solo está relacionada também com sua estrutura, que, por sua vez, é estreitamente relacionada com sua porosidade (macro e microporos) e, conseqüentemente, com sua capacidade de drenagem, aeração e capilaridade, características que regulam as trocas gasosas e a transferência de nutrientes e água às raízes (GONÇALVES; NOGUEIRA

INDICADORES	RELAÇÃO COM A QUALIDADE DO SOLO
Matéria orgânica do solo (MOS)	Fertilidade, estrutura e estabilidade do solo
Físicos	
Estrutura do Solo	Retenção e transporte de água e nutrientes
Infiltração e densidade de solo	Movimento de água e porosidade do solo
Capacidade de retenção de umidade	Armazenamento e disponibilidade de água
Químicos	
ph	Atividade biológica e disponibilidade de nutrientes
Condutividade elétrica	Crescimento vegetacional e atividade microbiana
Conteúdo de N, P e K	Disponibilidade de nutrientes para as plantas
Biológicos	
Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes
Mineralização de nutrientes (N, P, S)	Produtividade do solo e potencia de suprimento de nutrientes
Respiração do solo	Atividade microbiana
Fixação biológica de N ₂ (FBN)	Potencial de suprimento de N para as plantas
Atividade enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica no solo

Quadro 2 - Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo.
Fonte: Araújo; Monteiro, 2007.

Jr., DUCATTI, 2008). Gonçalves, Nogueira JR. e Ducatti (2008) ressaltaram que a compactação está relacionada com a degradação da estrutura e isso, segundo Reinert (1998 apud GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI, 2008), tem consequência direta com o aumento da resistência à penetração de raízes e redução de aeração, ocasionando efeitos diretos no crescimento radicular, afetando o restabelecimento de uma futura revegetação.

Outra propriedade do solo, que se configura em outro ponto a ser analisado e monitorado são suas características físico-químicas. Nogueira Jr. et al. (2001 apud GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI, 2008) verificaram teores médios de matéria orgânica, P disponível, K e Ca, tanto em glebas com solo degradado quanto em cobertas com mata nativa e encontraram grande diferença de valores nutricionais, sendo que esta diferença pode se caracterizar como um possível indicador de monitoramento. Dias (1998, p. 35), definiu o pH do solo ideal para o crescimento de plantas variando entre 5,6 e 6,2, intervalo este em que os nutrientes se encontram solúveis.

Serrat et al. (2002) comentaram brevemente as principais razões para o empobrecimento do solo, destacando:

- a retirada de nutrientes através da colheita de grãos, pastos, madeira;
- a destruição da matéria orgânica do solo principalmente pela queimada;

- a penetração das águas da chuva no solo, principalmente em solos com muita areia, que levam os nutrientes para as camadas mais profundas, onde as raízes não chegam
- a erosão, provocada pelo escoamento na superfície através da água da chuva (enxurrada), pode levar as camadas superficiais do solo e, em alguns casos, até o horizonte B.

De acordo com Furtini Neto et al. (1999) espécies florestais nativas de diferentes grupos ecológicos tendem a ser comportar distintamente em relação aos requerimentos nutricionais, sendo que as espécies dos estágios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes do solo. Gonçalves, Nogueira JR. e Ducatti (2008) salientaram que não é somente capacidade, mas, sobretudo, necessidade, já que as espécies dos estágios sucessionais iniciais têm maiores demandas devido às suas maiores taxas de crescimento. Gonçalves, Nogueira JR. e Ducatti (1992b apud GONÇALVEZ, NOGUEIRA JR, e DUCATTI, 2008) detectaram taxas médias de absorção de N.(árvore.mês)⁻¹ equivalentes a 19.630 e 600 mg de N para espécies pioneiras e clímax respectivamente, na fase pós-plantio no campo, após 17 meses.

Furtini Neto et al. (1999) e Gonçalves et al. (2008) destacaram que o fósforo (P) é um nutriente extremamente limitante ao crescimento inicial e também salientaram que “o uso de microrganismos benéficos pode contribuir muito para aliviar deficiências minerais e facilitar o reflorestamento, destacando-se entre eles as bactérias conhecidas como rizóbios e os fungos micorrízicos”.

As micorrizas arbusculares (MAs) são de extrema importância para uma maior absorção de N e P favorecendo, ainda, na relação água-planta, a produção de substâncias reguladoras de crescimento, a redução nos danos causados por patógenos, maior tolerância a estresses ambientais e a fatores fitotóxicos no solo, além de melhoria na agregação do solo (SIQUEIRA, 1994, SIQUEIRA et al., 1999, ambos apud FURTINI NETO et al 1999). Ainda segundo Furtini Neto et al. (1999), as plantas são classificadas conforme sua dependência das MAs em micotróficas obrigatórias, facultativas e não micotróficas.

Um estudo com as espécies florestais do sudeste brasileiro apontou que a colonização por MAs nas raízes foi encontrada em 97% de um total de 101 espécies estudadas sendo, portanto, rara a situação não micorrízica (CARNEIRO et al. 1998 apud FURTINI NETO et al., 1999).

Pouyú Rojas e Siqueira (1999 apud FURTINI NETO et al., 1999) citaram que quando mudas de plantas micotróficas não inoculadas por MAs são transplantadas para solos

isentos de propágulos e fungos MAs, estas têm o crescimento reduzido e raramente sobrevivem nesta condição.

Zangaro e Andrade (2002) citaram que as MAs não sobrevivem como decompositores nem em competição com saprófitas do solo, sendo nutricionalmente dependentes das plantas hospedeiras. Raízes colonizadas por fungos micorrízicos proporcionam um aumento de dez vezes na superfície de absorção e de mil vezes no comprimento das raízes (JANOS, 1983, HARLEY; SMITH, 1984, ALLEN; ALLEN, 1990, SANDERS et al., 1996, todos apud ZANGARO; ANDRADE, 2002).

Cuenca e Louvera (1992 apud ZANGARO; ANDRADE, 2002) concluíram que a falta de esporos de MAs em solos perturbados e pobres em nutrientes na Venezuela dificultou o restabelecimento de plantas.

Zangaro e Andrade (2002) para verificar a influência de MAs no crescimento inicial de árvores, cultivaram 80 espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi e verificaram que nas plantas inoculadas com MAs, a massa da parte aérea, assim como os teores de nutrientes (P, K e Ca) foram maiores em espécies pioneiras e secundárias iniciais. Esses autores citaram, ainda, diferenças nutricionais entre solos de floresta madura e de início de sucessão, assim como a necessidade de MAs para absorção deficitária em solos em início de sucessão.

Brookes (1995 apud ARAÚJO; MONTEIRO, 2007) apontou critérios que devem ser utilizados para a escolha dos indicadores biológicos no monitoramento da qualidade do solo:

- a) Os atributos microbiológicos devem ser exatos e precisamente avaliados para se obter respostas em uma ampla escala de tipos e condições de solo;
- b) Devido ao alto número de amostras analisadas normalmente, os atributos microbiológicos devem ser fáceis e econômicos de serem avaliados;
- c) Os atributos microbiológicos devem ser sensíveis a estresses, mas suficientemente robustos para não fornecer alarmes falsos;
- d) Devem ter validação científica, com base na realidade e conhecimento atual;
- e) Dois ou mais atributos, independentes, devem ser utilizados.

Araújo e Monteiro (2007) fizeram referência aos indicadores utilizados nos programas de monitoramento da qualidade do solo da comunidade europeia: respiração de solo; biomassa microbiana; quociente respiratório; enzimas do solo; fixação biológica de Nitrogênio (FBN) por *Rhizobium*; nitrificação e decomposição da matéria orgânica.

Reis e Kageyama (2008) ressaltaram a necessidade de pesquisas envolvendo as interações entre microrganismos e as plantas, acreditando que com isso, muitas plantas que não têm sido introduzidas nos processos de restauração venham a ter mais êxito.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A caracterização do sucesso da restauração de áreas de preservação permanente foi realizada em 3 propriedades (Figura 1) que implantaram o reflorestamento de APPs, em faixa de 30m, segundo o Programa de Recuperação de Vegetação Ciliar e Reserva Legal do Município de Londrina – PR, durante o ano de 2010, selecionadas dentro do perímetro da Bacia Hidrográfica do Ribeirão três Bocas (JODAS, 2010).



Figura 1 - Vista das áreas de estudo, em imagem de satélite, 4 anos após o plantio de restauração das APPs em propriedades rurais às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Fonte: Google Earth, imagem de 2014.

Daisaku Ikeda: área referência para aspectos edáficos; APP G, APP L, APP B: áreas em restauração em destaque.

As mudas foram produzidas pelo Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE/UEL) e fornecidas de forma gratuita aos proprietários, porém essas informações básicas não foram resgatadas. Estes foram responsáveis pelo plantio e, influenciados pela rotina do preparo de linhas para o cultivo, aproveitaram as linhas anteriormente utilizadas, o que resultou num espaçamento pequeno entre as mudas.

As três áreas se configuram como pequenas propriedades rurais variando de 2 a 7 ha, ou seja, menos que 1 módulo fiscal para o município de Londrina. São predominantemente de

cultivo agrícola (couve, beterraba, brócolis, nabo, cebolinha, salsinha, abóbora paulista, batata doce, milho, inhame) sendo denominadas Sitio Grassi (APP G), Chácara Boratin (APP B) e Chácara Água Viva (APP L).

O Parque Ecológico Municipal Doutor Daisaku Ikeda (Daisaku Ikeda) (Figura 1), uma unidade de conservação junto às margens do Ribeirão Três Bocas, foi escolhida como área de referência, como recomendado pela SER (2004, p.9) para as características edáficas.

De acordo com Machado (2005), a bacia hidrográfica do Ribeirão Três Bocas é um afluente do Rio Tibagi, com área de 516,85 Km², tendo o rio principal uma extensão de 76.268 metros. Seu perímetro abrange os municípios de Londrina, Rolândia e Cambé, todos no Estado do Paraná, com 4,47% do total da área da bacia ocupada com mata ciliar (mata ciliar, capoeirão ou mata secundária), sendo o Nitossolo o solo de maior predominância (45,4% potencial erosivo médio, 2,7% potencial erosivo alto), com classificação climática de Köppen-Geige como Cfa. A autora ainda fez comentários em relação à vegetação da bacia hidrográfica do Ribeirão Três Bocas:

Com relação às matas ciliares estas se mostram recuperadas e conservadas próximo à jusante. Na área da cabeceira existe apenas uma vegetação de gramíneas forrageiras bem desenvolvidas conhecidas por “capim colônia” que serve de anteparo à deposição de sedimentos no curso d’água. A explicação que se tem em relação às poucas espécies arbustivas e arbóreas é que houve o plantio de espécies vegetais na área da cabeceira, porém os proprietários não tiveram os cuidados necessários e poucas árvores se desenvolveram (MACHADO, 2005).

Outro problema que ocorre em praticamente todas propriedades de pequeno e médio porte, é o uso excessivo de mecanização, por meio de tratores, plantadeiras e colheitadeiras, consorciadas, que acabaram causando a compactação das camadas superficiais do solo (MACHADO, 2005).

4.2 Coleta de dados

4.2.1 Caracterização da estrutura das matas ciliares restauradas

O estado de desenvolvimento da restauração das matas ciliares de cada propriedade (AAP L, APP G e APP B) foi caracterizado de acordo com Bellotto et al. (2009b, p. 138) utilizando os seguintes parâmetros:

- Identificação taxonômica das espécies de acordo com a literatura (LORENZI (2008, 2009a, b));
- Determinação da taxa de mortalidade, avaliada pelos vazios deixados nas linhas de plantio;
- Riqueza (número de espécies);
- Classificação das espécies em grupos sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas) de acordo com Gandolfi et al. (1995), Dias et al. (1998), Hardt et al. (2006), Silva et al. (2003); Cavalleiro et al. (2002), Zangaro e Andrade (2002), Higuchi et al. (2006) e Ruschel et al. (2008);
- Classificação quanto à origem (espécies nativas, nativas regionais ou exóticas), determinadas de acordo com Lorenzi (2008, 2009a, b);
- Altura da planta e diâmetro à altura do peito (DAP, a 1,3m);

Para isso, em cada propriedade, foram instaladas 4 parcelas de 9 x 18m, dentro das quais todas as plantas oriundas do plantio foram amostradas, tendo sua altura determinada com uso de uma vara de bambu (8m) “graduada” e um cano de PVC, também de altura conhecida (2,5m).

A partir dessas amostras foram calculados o índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou (J'), por propriedade, de acordo com DURIGAN (2004), conforme abaixo:

$$H' = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i \quad (1)$$

Onde:

$P_i = n_i/N$

N = número total de indivíduos

n_i = número de indivíduos da i-ésima espécie

ln = logaritmo natural, base e.

$$J' = \frac{H'}{H \max} \quad (2)$$

Onde:

S = número total de espécies amostradas

H' = índice de diversidade de Shannon

H max = ln S

4.2.1.1 Cobertura de copas como indicador de estrutura

A cobertura de copas foi estimada pelo método de intersecção em linha (Figura 2), segundo Canfield (1941, apud DURIGAN, 2011). Para isso, na área em restauração de cada propriedade foram estabelecidas 5 linhas de 15m (com o uso de uma trena), inclinadas de forma perpendicular ao plantio, com orientação da borda em direção à margem do Ribeirão Três Bocas.

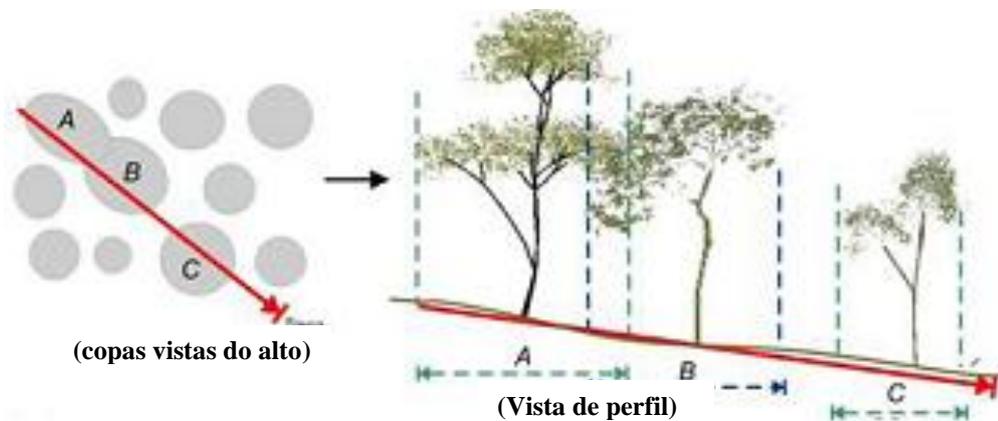


Figura 2 - Exemplo de aplicação do método de estimativa da cobertura de copas pela intersecção em linha, em reflorestamento com espécies nativas.

Fonte: MELO et al. (2011) (adaptada).

Sobre cada linha da trena foi determinada a extensão da projeção vertical da copa de cada indivíduo, independentemente da presença de folhas e sombra sobre a trena. O valor total da cobertura de copas (%) para cada linha foi calculado através da soma das projeções de todos os indivíduos, dividida pela metragem total da linha, multiplicando o valor resultante por 100, conforme referência, a seguir:

$$C(\%) = 100 (\sum P_i) / L \quad (3)$$

Onde:

C(%) = Percentual de cobertura de copas

P_i = projeção da copa do indivíduo i na trena (m).

L = extensão da trena (m)

4.2.2 Caracterização de atributos do solo

4.2.2.1 Caracterização química do solo

A amostragem composta do solo (LANA et al., 2010, MOREIRA; SIQUEIRA, 2006, p. 137) foi realizada com uso de trado holandês em 12 pontos em cada propriedade e no Parque Daisaku Ikeda, pois segundo Raij (1991 apud LANA et al. 2010) esse número fornece 80% de significância para os dados.

Previamente à coleta de cada amostra, foi executada uma limpeza superficial e com o uso do trado foi retirado o volume de solo correspondente à profundidade de 20 cm. As coletas foram realizadas de forma aleatória e em zig-zag (Figura 3), tomando-se o cuidado de retirar as folhas e outros restos de plantas e resíduos orgânicos sem, contudo, raspar a superfície do solo. Também foram evitados pontos em locais erodidos, ou onde o solo tenha sido modificado por formigas ou cupins, bem como locais onde se percebia que havia fezes de animais, assim como locais a menos de 2 metros de cercas e estradas (IAPAR 1996, SERRAT et al. 2002). Todas as amostras foram depositadas em um balde, posteriormente foram homogeneizadas e acondicionadas em um saco plástico preto.

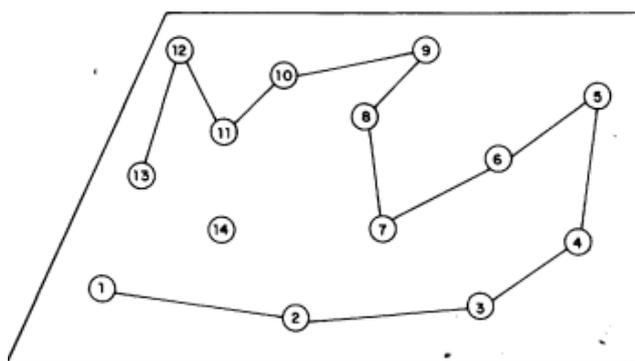


Figura 3 - Percurso em zig-zag para retirada de amostra para amostragem composta do solo.
Fonte: IAPAR, 1996.

A seguir, no Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada do câmpus Londrina da UTFPR, procedeu-se a retirada de uma amostra de cerca de 0,7 Kg de solo para ser enviada para o Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá.

O restante da amostra composta foi destinado para quantificação da presença de esporos de rizóbios fixadores de nitrogênio (item.4.2.3, a seguir).

4.2.3 Formação de nódulos para fixação de nitrogênio

Após retirada da amostra para determinação química do solo de cada propriedade, o restante do material coletado foi disposto em 10 vasos com capacidade de 900 ml, por propriedade, nos quais foi semeada a espécie *Cajanus cajan* (feijão guandu, FG) cujas sementes foram obtidas no mercado agropecuário.

Duas a três sementes foram semeadas em cada vaso, que foram mantidos em estufa agrícola, em exposição direta à luz solar e recebendo rega 2 a 3 vezes ao dia. Todas as plantas germinadas foram mantidas nos vasos e tiveram sua altura final determinada.

Após 82 dias foi realizada a determinação da massa dos nódulos de rizóbios. Para isso, o procedimento do desvase foi realizado com água corrente, as raízes foram cuidadosamente lavadas, cortadas e separadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006, p. 141; SOUZA et al. 2007). Em laboratório, com uso de pinça, foram retirados os nódulos de cada planta, que a seguir, foram secados a 65°C, por 48 horas e pesados em balança analítica. O procedimento de secagem também foi realizado para as raízes, mantidas em sacos de papel.

A partir das amostras foram obtidas quatro classes de informações: Massa Seca de Nódulos por Vaso (MSNV), Massa Seca de Raiz Indivíduo (MSR), Massa Seca de Raiz por Vaso (MSRV), e altura (h) de cada planta.

4.3 Análises Estatísticas

Os resultados gerados foram analisados através da comparação entre médias, seguidas dos testes de Student ou de Mann-Whitney. Foi testada a correlação de Pearson entre os valores de Massa Seca de Raiz (MSR) e altura das plantas e entre Massa Seca de Raiz por Vaso (MSRV) e Massa Seca de nódulos por vaso (MSNV). Para isso foi utilizado o software BioEstat 5.3, licença gratuita, fornecido pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, disponível no site <<http://www.mamiraua.org.br/pt-br>>.

5 RESULTADOS

5.1 Estrutura das matas ciliares em restauração

Ao longo dos 648m² amostrados em cada propriedade, foram encontradas muitas diferenças, por exemplo, quanto ao número de espécies, que variou entre 20 a 44 por propriedade e densidade das árvores, que variou entre 1.805 a 4.012 indivíduos por hectare (Tabela 1).

Tabela 1- Características gerais das APPs em restauração há 4 anos, em três propriedades às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Parâmetros	Propriedades		
	APP B	APP L	APP G
Nº de indivíduos amostrados (N)	117	260	220
Densidade de indivíduos arbóreos (Ind.ha ⁻¹)	1805,6	4012,3	3395,1
Número de Espécies (S)	20	40	44
Índice de diversidade de Shannon (H')	2,38	3,28	3,38
Máxima diversidade	2,99	3,69	3,78
Equabilidade de Pielou (J')	0,79	0,89	0,89
Taxa de mortalidade	25,94%	1,88%	13,38%

Fonte: Autoria própria.

A APP L apresentou a mata ciliar em melhor estado de desenvolvimento, resultado tanto da elevada densidade de plantas, como consequência da baixa mortalidade e/ou reposição das mudas mortas. Com base nesses parâmetros, a APP G demonstrou valores intermediários e a APP B obteve os piores valores, com taxa de mortalidade de 25,9% das mudas. Além da alta mortalidade na APP B e na APP G, constatou-se, também, uma grande infestação de gramíneas na APP G e cobertura de herbáceas na APP B.

Merece destaque, também, a grande diferença no número de espécies utilizadas nas três propriedades, com a APP B apresentando 50% do número de espécies das demais propriedades, o que resultou no seu menor índice de diversidade de Shannon (Tabela 1).

Nas três propriedades foram reconhecidas 66 espécies, sendo apenas 7 comuns a todas elas e 18 não reconhecidas, tratadas como indeterminadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Lista das espécies encontradas e suas respectivas abundâncias e categorias sucessionais nas APPs em restauração há quatro anos, em três propriedades rurais, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Espécies	Abundância			Categoria Sucessional*
	APP B	APP L	APP G	
<i>Alchornea sidifolia</i> Müll. Arg.		8		Pi ¹
<i>Allophylus</i> spp	1	8	8	Nc
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.			1	Si ⁸
<i>Aspidosperma</i> sp.		1		Nc
<i>Astronium graveolens</i> Jacq	1		7	Si ⁹ , St ⁴
<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.)Hassl.		24		Pi ⁴
<i>Bauhinia forficata</i> Link			4	Pi ² , Si ^{3,4,9}
<i>Campomanesia rhombea</i> O. Berg			4	Nc
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze		3		St ^{2,3,4} , C ⁵
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.		7		Pi ^{2,5,9}
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	13	2	1	Pi ^{1,2,4,9}
<i>Cecropia</i> sp.	2			Nc
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.			1	Si ^{1,2,9} , St ⁵
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hill.) Ravenna		2		Si ^{2,4,9}
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	6	24	4	Pi ^{1,2,4,9}
<i>Cordia superba</i> Cham.		6	1	Pi ⁹ , Si ²
<i>Cordia trichotoma</i> Vell.		10	11	Si ^{2,4,9}
<i>Croton floribundus</i> Spreng.		15	14	Pi ^{1,2,3,4,9}
<i>Croton urucurana</i> Baill.	28	1		Pi ^{2,3,4,9}
<i>Enterolobium contostisiliquum</i> (Vell.) Morong			4	Si ^{2,4,9} , St ⁵
<i>Erythroxylum</i> sp.			3	Nc
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.			5	St ² , C ⁴
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	15	21	Si ⁵ , St ² , C ⁴
<i>Ficus</i> sp		1	1	Nc
<i>Ficus tomentella</i> Miq.		3	4	Nc
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms		1	6	Si ^{4,9}
<i>Guarea</i> sp		6	1	Nc
<i>Heliocarpus popaynensis</i> kunth	1	12	2	Pi ^{2,4}
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli			1	C ⁴
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.		8		Pi ³ , Si ⁴ , St ⁵
<i>Inga</i> sp	4			Nc
Leguminosae sp1	1			Nc
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.		1	4	Si ^{2,4,5,9} , St ³
<i>Machaerium</i> sp			5	Nc
<i>Macherium stipitatum</i> (DC.) Vogel			3	Si ^{1,3,9}
<i>Maclura tinctoria</i> L.	1	18	7	Si ^{5,9}
Malvaceae sp 1			2	Nc

Tabela 2 - Continuação

Espécies	Abundância			Categoria Sucessional*
	APP B	APP L	APP G	
<i>Melia azedarach</i> L.			5	Nc
Mimosaceae sp1			9	Nc
Mimosaceae sp2			12	Nc
Mimosaceae sp3			5	Nc
Mirtaceae sp1			1	Nc
<i>Morus nigra</i> L.			1	Nc
<i>Phytolacca dioica</i> L.		3		Si ⁴
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.		16	23	Si ⁵ , St ² ,
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns		4		Pi ⁹ , Si ^{3,5}
<i>Psidium guajava</i> L.	3		2	Pi ^{2,9}
Sapindaceae sp1			1	Nc
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	21	11	12	Pi ^{1,2,9} , Si ⁴
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	10			Si ⁴ , St ¹
<i>Sebastiania commersoniana</i> Baill.	10			Si ⁴
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	9		1	St ⁵
<i>Senna multijuga</i> Rich.		2	5	Pi ⁶
<i>Solanum mauritianum</i> Scop	1	11	8	Pi ⁷
<i>Trema micrantha</i> L.		7	3	Pi ^{1,2,4,9}
Indet 1	2			Nc
Indet 2	1			Nc
Indet 3	1			Nc
Indet 4		6		Nc
Indet 5		1		Nc
Indet 6		3		Nc
Indet 7		2		Nc
Indet 8		1		Nc
Indet 9		1		Nc
Indet 10		9		Nc
Indet 11		2		Nc
Indet 12		1		Nc
Indet 13		3		Nc
Indet 14		1		Nc
Indet 15			3	Nc
Indet 16			2	Nc
Indet 17			1	Nc
Indet 18			1	Nc

Fonte: Autoria própria.

Notas: Pi: Pioneira; Si: Secundária inicial; St: Secundária tardia; C: Climácica; Nc: Não classificada.

* Fontes consultadas: ¹GANDOLFI et al. (1995); ²HARDT et al. (2006); ³SILVA et al. (2003); ⁴CAVALHEIRO et al. (2002), ⁵ZANGARO; ANDRADE (2002); ⁶HIGUCHI et al. (2006), ⁷RUSCHEL; PEDRO; NODARI (2008); ⁸DIAS et al. (1998); ⁹MARTINS (2001).

Na APP B 3 espécies (*Cecropia pachystachya*, *Croton urucurana* e *Schinus terebinthifolius*) foram responsáveis por cerca de 53% do total de indivíduos, situação diferente da APP L e APP G, onde 6 e 5 espécies, respectivamente, foram responsáveis por cerca de 35% dos indivíduos. Essas diferenças acarretaram na menor equabilidade na APPB (Tabela1). Espécies exóticas foram encontradas apenas na APP G, como *Melia azedarach* e *Morus nigra*.

As pioneiras predominaram nas APP B e APP L com cerca de 50% das plantas, enquanto essa categoria representou apenas 18,2% na APP G (Tabela 3). Por outro lado, a categoria das climácicas apresentou comportamento invertido, com maior percentual na APP G e menores taxas nas APP B e APP L. As altas proporções de espécies não categorizadas decorrem da falta de identificação precisa das mudas e pela dificuldade de identificação no campo.

Tabela 3 - Representação percentual da abundância de plantas em categorias sucessionais encontradas nas APPs em restauração, ao final de 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Propriedades	Categorias sucessionais (%)				NC	E
	PI	SI	ST	C		
APP B	44,4	35,9	8,5	0,9	10,26	-
APP L	45,7	28,5	1,2	5,8	18,8	-
APP G	18,2	34,1	4,1	12,3	28,6	2,7

Fonte: Autoria própria.

PI: espécies pioneiras; SI: espécies secundárias iniciais; ST: espécies secundárias tardia; C: espécies climácicas; NC: espécies não categorizadas; E: espécies exóticas.

Com relação à distribuição de altura das plantas, na APP G mais de 55% apresentou altura menor que 2m (Figura 4c), já na APP B a distribuição de freqüência se encontrou mais concentrada entre 2 e 5 metros (Figura 4a) e, finalmente, na APP L, foi possível verificar dois picos, um com predomínio de altura ao redor de 3 metros e outro ao redor de 7 a 8m, indicando claramente a presença de 2 estratos (sub bosque e dossel) (Figura 4b). Também foi possível encontrar indivíduos maiores que 10 metros (Figura 4b), provavelmente com o início da formação do estrato das emergentes, indicando que a APP L está em melhores condições estruturais que a APP B e APP G.

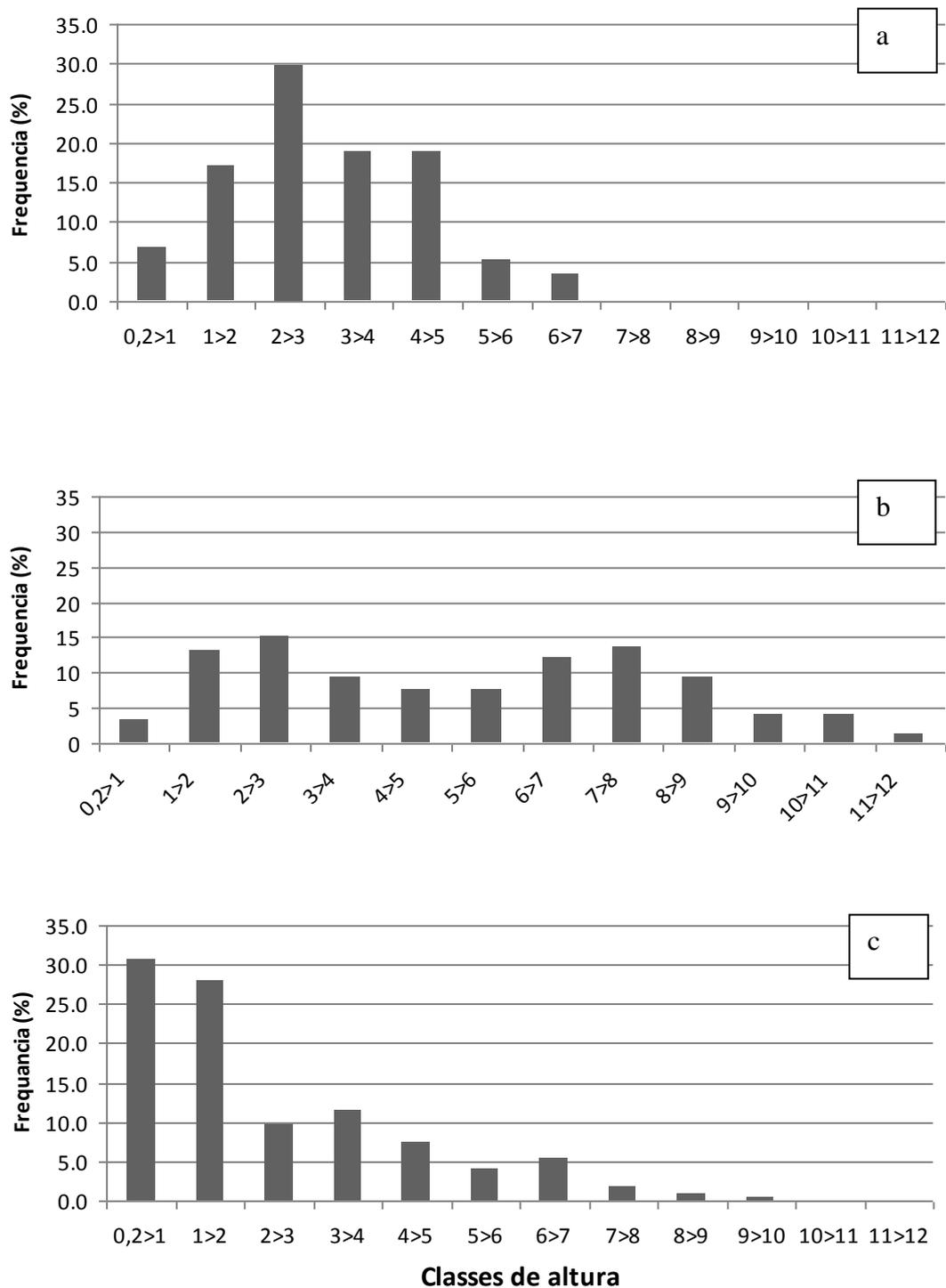


Figura 4 - Distribuição de frequência em classes de altura para as plantas amostradas em áreas de preservação permanente após 4 anos em restauração, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR. a: APP B; b: APP L; c: APPG

Fonte: Autoria própria.

A análise da distribuição de altura das plantas agrupadas por classes sucessionais revelou que o padrão esperado na literatura, de pioneiras e secundárias iniciais sombreando as tardias e climácicas só foi observado na APP L (Figura 5). Na APP B e na APP G as pioneiras apresentaram uma altura menor e mais irregular que na APP L, enquanto as climácicas apresentaram menor altura, provavelmente devido à falta de sombreamento.

O melhor desenvolvimento em altura das plantas, independente da categoria sucessional e da espécie também foi observado na APP L (Figura 4). A comparação entre as alturas de espécies de ocorrências comum a duas ou três propriedades também revelou melhor desenvolvimento das plantas na APP L (Figura 6). Diferenças significativas foram encontradas entre 4 espécies, sendo 2 pioneiras (Figura 6-I e 6-III), uma secundária inicial (Figura 6-VII), e uma climácica (Figura 6-VIII).

5.1.2 Cobertura de copas como indicador de estrutura

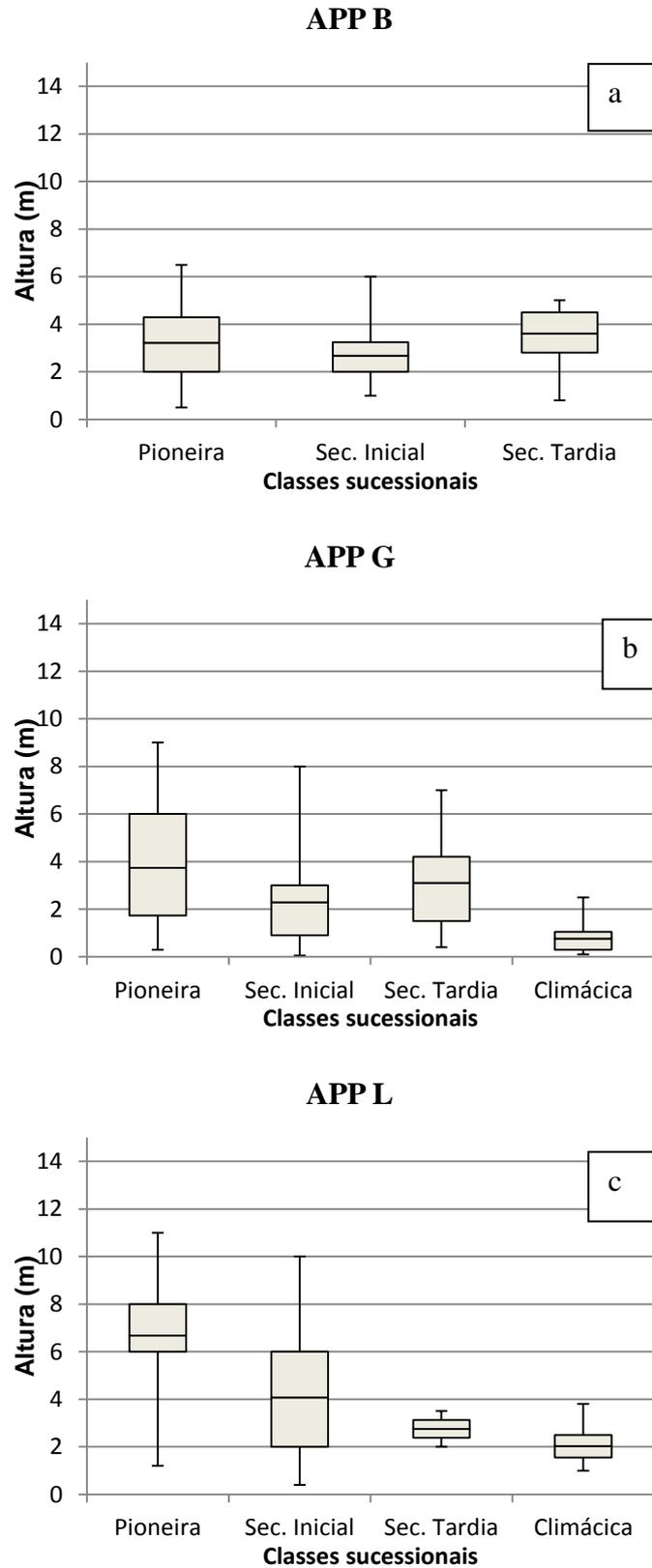
Durante a avaliação da cobertura de copas (Tabela 4), foi encontrado um maior número de plantas na APP L, que se refletiu na maior cobertura de copas (Figura 7b). Os menores desvios na APP L indicam a uniformidade na cobertura do dossel. Esse fato não foi observado nas demais áreas, uma vez que apresentaram baixo percentual de cobertura e elevados desvios.

Tabela 4 – Número de plantas e cobertura de copas observados em 3 propriedades com APP em restauração há 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Propriedades	n° de plantas na linha	Cobertura de Copa (%)
APP B	7,6 ± 1,8 (b)*	115,3 ± 32,3 (b)
APP L	12,2 ± 2,5 (a)	201,8 ± 22,6 (a)
APP G	6 ± 2 (b)	75,8 ± 22,3 (b)

Fonte: Autoria própria.

Notas: *: Letras diferentes, por coluna, indicam diferenças significativas (Teste Mann Whitney). Os valores indicam a média ± o desvio padrão.



**Figura 5 - Distribuição de altura das plantas agrupadas em classes sucessionais em 3 propriedades às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.
Fonte: Autoria própria.**

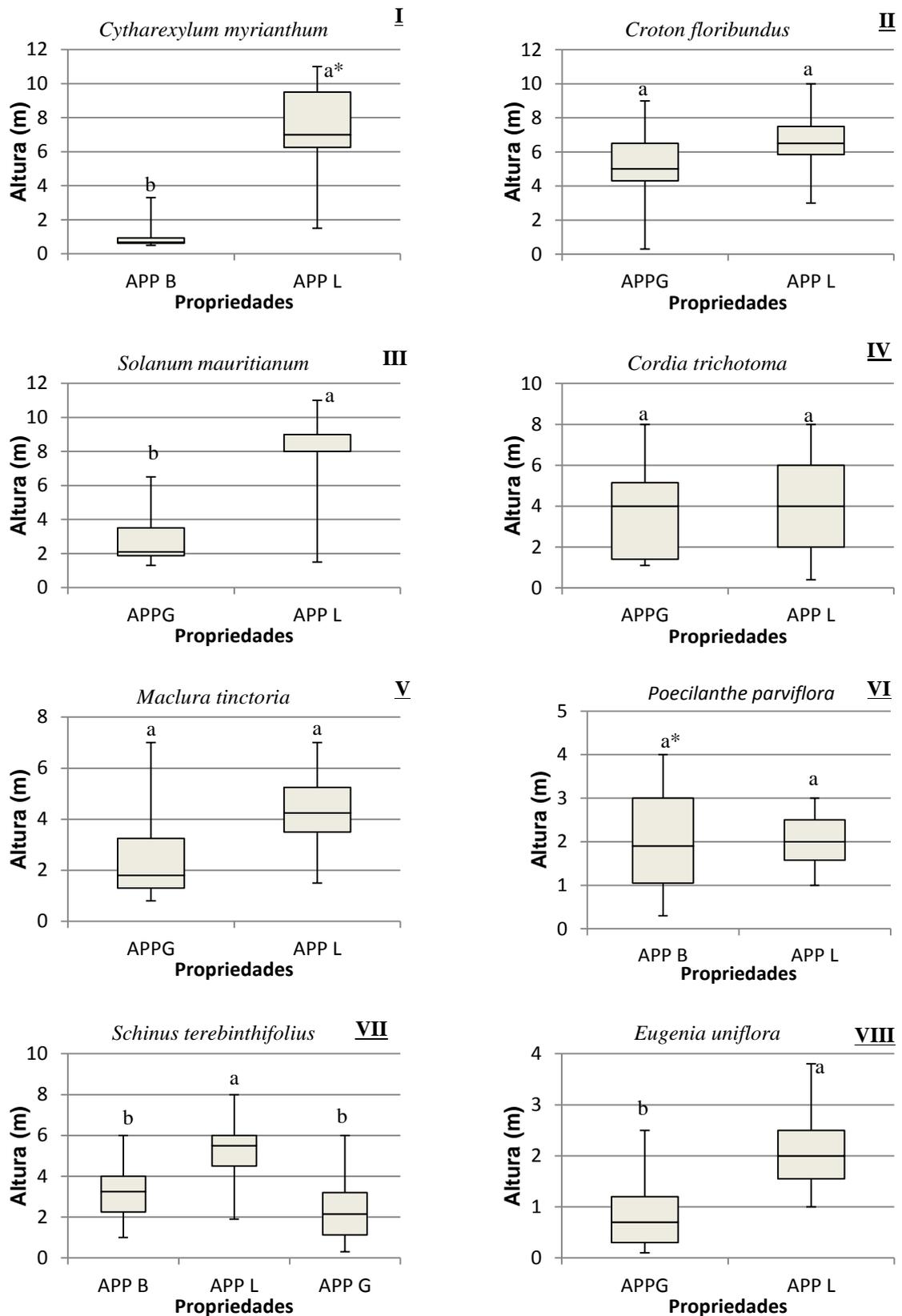


Figura 6 - Representação da altura das plantas de algumas espécies amostradas em APPs às margens do Ribeirão Três Bocas, com 4 anos de restauração. (a,b) Letras diferentes indicam diferenças significativas (Teste t de Student e Mann Whitney para variâncias desiguais. (*))

Pioneiras (a,b,c), Secundárias Iniciais (d,e,f,g); Climácica (h).

Fonte: Autoria própria.



Figura 7 - Vista do interior das APPs 4 anos após o plantio total, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR. a: APP B; b: APP L; c: APP G. Fonte: Autoria própria.

5.3 Caracterização de atributos do solo

5.3.1 Caracterização química

Os resultados da caracterização química do solo podem ser observados na Tabela 5. As principais diferenças foram percebidas entre as concentrações de Fe, P, K, Mg, N, C e Cu (considerando o coeficiente de variação >20%). A APP L apresentou os maiores teores de P e K, já os teores de Fe foram mais elevados no solo da APP B e do Daisaku Ikeda, em cerca de 3x o teor encontrado nos solos oriundos das APP L e APP G. Por outro lado, o conteúdo de N total foi maior na APP G.

Tabela 5 - Resultados das análises químicas do solo em 3 APPs em restauração há quatro anos e no Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Área	cmolc /dm ³					mg /dm ³ g/ dm ³		pH		mg/dm ³					%	
	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	C	H ₂ O	CaCl ₂	Fe	Cu	Mn	Zn	B	S	N(Total)
APP G	2,3	0	7,23	2,35	0,36	12,1	14,46	6,42	5,79	55,8	35,88	152,1	5,02	0,24	4,56	0,35
APP B	2	0	11,06	3,62	0,2	11,78	12,85	6,54	5,91	193,3	28,54	142,3	6,37	0,21	4,53	0,25
APP L	2	0	10,03	2,47	0,59	27,5	8,57	6,22	5,3	69,92	30,98	167,1	7,2	0,29	4,39	0,24
Daisaku Ikeda	1,89	0	10,74	3,59	0,4	14,08	14,02	6,23	5,29	162,5	20,94	176,2	5,27	0,25	3,18	0,22

Fonte: Autoria própria.

Extratores utilizados: KCl 1 mol.L⁻¹ (Ca, Mg, Al); Cloreto de Bário a quente (Boro); Acetato de Amônio-Ácido Acético (Enxôfre); Mehlich 1 (P, K, Cu, Fe, Mn, Na, Zn); Carbono (C); Walkley Black; N(total), método de kjeldahl.

Realizada a soma das bases, o menor valor encontrado foi no solo oriundo da APP G e o maior foi da APP B (Tabela 6). A CTC efetiva seguiu os mesmos valores que a soma de bases, já que o Al³⁺ não está “presente” nas amostras. A CTC a pH 7 também apresentou valores maiores para a amostra APP B e menores para a APP G. A amostra mais saturada por bases foi a do parque Daisaku Ikeda e a menor foi da APP G. Com relação à matéria orgânica (MO), as amostras da APP G e Daisaku Ikeda apresentaram os maiores valores (Tabela 6).

Foi realizada uma comparação com valores de referência encontrados na literatura, possibilitando classificar os valores obtidos em todas as propriedades, inclusive no Parque Daisaku Ikeda, quase sempre nas mesmas categorias, como: baixos, médios, altos ou em excesso (Tabela 7).

Tabela 6 - Alguns atributos químicos do solo coletado junto às APPs de 3 propriedades em restauração há quatro anos e no Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Área	Soma de bases S= Ca + Mg + K +(Na) (cmolc /dm ³)	CTC		Porcentagem de Saturação por Bases da CTC a pH 7,0 (V%)	Porcentagem de Saturação por Ácidos da CTC a pH 7,0 (M%)	Matéria Organica. MO= Cx1,724 (g/ dm ³)
		Efetiva (cmolc /dm ³)	pH 7 (cmolc/dm ³)			
APP B	14,88	14,88	16,66	88,15	11,85	22,15
APP L	13,09	13,09	15,09	86,75	13,25	14,77
APP G	9,94	9,94	12,44	81,21	18,79	24,93
Daisaku Ikeda	14,73	14,73	16,62	88,63	11,37	24,17

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7- Classificação das concentrações dos elementos químicos analisados em relação aos dados da literatura, nas categorias baixa, média e alta.

(unidades de medidas)	Elemento	Propriedades								Fonte
		APP G		APP B		APP L		Daisaku IKeda		
		Teor	Classif.	Teor	Classif.	Teor	Classif.	Teor	Classif.	
cmolc /dm ³	H ⁺ + Al ³⁺	2,3	n/a	2,0	n/a	2,0	n/a	1,9	n/a	
	Al ³⁺	0,0	Baixa	0,0	Baixa	0,0	Baixa	0,0	Baixa	1
	Ca ²⁺	7,2	Alto	11,1	Alto	10,0	Alto	10,7	Alto	2
	Mg ²⁺	2,4	Alto	3,6	Alto	2,5	Alto	3,6	Alto	2
mg/dm ³	K ⁺	0,4	Alto	0,2	Baixo	0,6	Alto	0,4	Alto	3
	P	12,1	Alto	11,8	Alto	27,5	Alto	14,1	Alto	4
g/dm ³	C	14,5	Médio	12,9	Baixo	8,6	M. Baixo	14,0	Médio	2
pH	H ₂ O	6,4	Baixo	6,5	Baixo	6,2	Baixo	6,2	Baixo	1
	CaCl ₂	5,8	Baixo	5,9	Baixo	5,3	Médio	5,3	Médio	1
mg/dm ³	Fe	55,8	Alto	193,3	Alto	69,9	Alto	162,5	Alto	2
	Cu	35,9	Alto Excesso	28,5	Alto Excesso	31,0	Alto Excesso	20,9	Alto Excesso	2
	Mn	152,1	Alto	142,3	Alto	167,1	Alto	176,2	Alto	2
	Zn	5,0	Alto	6,4	Alto	7,2	Alto	5,3	Alto	2
	B	0,2	Médio	0,2	Médio	0,3	Médio	0,3	Médio	2
%	S	4,6	M. Baixo	4,5	M. Baixo	4,4	M. Baixo	3,2	M. Baixo	2
	N(Total)	0,4	n/a	0,3	n/a	0,2	n/a	0,2	n/a	

Fonte: Autoria própria.

Notas: Fontes: 1: EMATER/PR (apud LANA et al. 2010), 2: COSTA; OLIVEIRA (2001), 3: ERNANI et al. (2007, pg 574), 4: MIYAZAWA (2004 apud MINEROPAR, 2005, pg 90).

n/a : referências não encontradas.

A Tabela 8 ilustra a comparação dos teores de alguns elementos com dados de outras propriedades da região de Londrina, Pr., onde foi possível perceber valores mais elevados nas APPs em estudo, especialmente para o elemento P.

Tabela 8 – Comparação das concentrações de alguns elementos químicos determinados nas amostras de solo oriundos das APPs em restauração e do Parque Daisaku Ikeda, às margens do Ribeirão Três Bocas, com dados da literatura para outras localidades em Londrina, PR.

Locais	pH (CaCl ₂)	C	P	Al	Ca	Mg	K
		g/dm ³	mg.dm ⁻³				
APP B	5,91	12,85	11,78	0	11,06	3,62	0,2
APP L	5,3	8,57	27,5	0	10,03	2,47	0,59
APP G	5,79	14,46	12,1	0	7,23	2,35	0,36
Daisaku Ikeda	5,29	14,02	14,08	0	10,74	3,59	0,4
Floresta madura (P. E. Mata dos Godoy) ¹	4,9*	42*	9,96*	0,04*	11,7*	3,61*	0,52*
Início de Sucessão (P. E. Mata dos Godoy) ¹	5,2*	18*	1,86*	0,09*	6,89*	2,77*	0,73*
Zelia (Borda de Frag. Florestal. Região de Londrina) ²	4,7*	25,75*	-	-	3,5*	3,4*	0,3*
Pa (Borda de Frag. Florestal. Região de Londrina) ²	5,4*	16,74*	-	-	8,5*	2,9*	1*
Do (Borda de Frag. Floresta. Região de Londrina) ²	5,7*	16,98*	-	-	6,4*	1*	0,4*
Past (Borda de Frag. Florestal. Região de Londrina) ²	4,5*	18,61*	-	-	9,7*	1,6*	1*
Ta (Borda de Frag. Florestal. Região de Londrina) ²	4,9*	17,79*	-	-	6,9*	2,6*	0,7*

Fonte: Autoria própria.

Referências: 1: ZANGARO; ANDRADE (2002), 2: CUNHA; RODRIGUES; YABE (2003).

*** Os autores não explicitaram os métodos de análise. (-) Não possui valores para o elemento**

5.4 Formação de nódulos de rizóbios fixadores de nitrogênio a partir do teste com *Cajanus cajan*.

Plantas de *Cajanus cajan*, o feijão guandu, crescidas por 82 dias em solo oriundo da APP B apresentaram uma tendência de maior massa seca (354,32 mg) de nódulos por vaso (MSNV), enquanto APP L mostrou a tendência do menor valor. A MSNV nas amostras da APP G foi 11% menor, nas oriundas do Daisaku Ikeda foi 18% menor e nas oriundas da APP L foi 27% menor que o valor encontrado na APP B. No entanto, apenas a APP L mostrou diferenças significativas (Figura 8a, Tabelas 9 e 10).

Plantas de feijão guandu crescidas em solo oriundo da APP L apresentaram maior Massa Seca de Raiz (MSR) e maior altura que as crescidas em solos oriundos das APPs B e G e do Parque Daisaku Ikeda (Figuras 8b e c, Tabelas 9, 11 e 12). Já o solo da APP G, proporcionou a menor média para MSR (Figura 8c, Tabela 9), enquanto o solo da APP B proporcionou as menores médias de Massa Seca de Raiz (MSR) e de altura (Figura 8d, Tabelas 9,11 e 12).

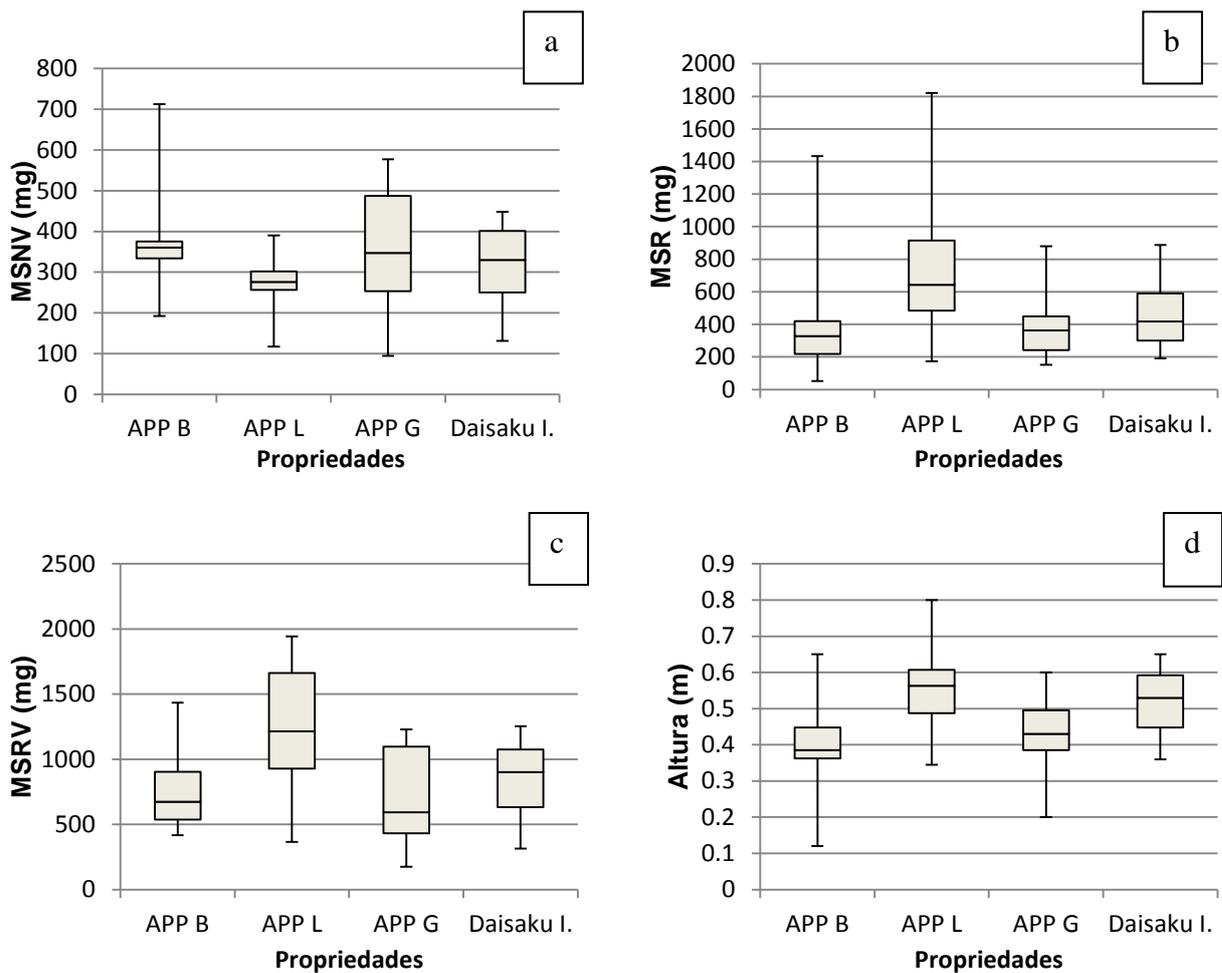


Figura 8 - Altura, massa seca de raiz e formação de nódulos em plantas de *Cajanus cajan* cultivada por 82 dias em solos oriundos de APPs em restauração há 4 anos, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR. a) MSNV: massa seca de nódulo por vaso, b) MSR: massa seca de raiz, c) MSR/V: Massa seca de raiz por vaso, d) altura.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 - Estatística descritiva dos parâmetros analisados em relação à formação de nódulos de rizóbios em plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solo oriundo de 3 APPs em restauração há 4 anos e no solo do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda, às margens do Ribeirão Três Bocas, Londrina, PR.

Atributos	Áreas	Mediana	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Média Geométrica
MSNV (mg)	APP G	346,80 ^a	355,93	156,97	44,1%	316,97
	APP L	276,00 ^b	271,71	69,57	25,6%	261,48
	Daisaku I.	329,65 ^a	313,23	110,90	35,4%	291,23
	APP B	360,65 ^a	376,11	143,45	38,1%	354,21
MSR (mg)	APP G	363,00 ^b	400,15	220,16	55,0%	348,36
	APP L	642,40 ^a	777,76	478,22	61,5%	658,83
	Daisaku I.	417,70 ^b	460,53	207,45	45,1%	418,22
	APP B	327,55 ^b	432,46	367,42	85,0%	325,78
MSRV (mg)	APP G	592,4	666,92	390,90	58,6%	554,82
	APP L	1213,35	1244,41	493,67	39,7%	1135,78
	Daisaku I.	901,65	828,95	324,74	39,2%	755,12
	APP B	675,05	778,42	352,50	45,3%	716,22
Altura (m)	APP G	0,43 ^b	0,423	0,102	24,2%	0,409
	APP L	0,563 ^a	0,561	0,111	19,9%	0,5506
	Daisaku I.	0,53 ^b	0,5172	0,0862	16,7%	0,51
	APP B	0,385 ^b	0,406	0,114	28,1%	0,3865

Fonte: Autoria própria.

Notas: MSNV: massa seca de nódulos por vaso; MSR: massa seca de raiz; MSRV: massa seca de raiz por vaso.

Tabela 10 - Matriz para valores de p para as comparações entre massa seca de nódulos por vaso (MSNV) com plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo teste de Teste de Mann-Whitney (p=0.05).

TESTE DE MANN-WHITNEY (p)	MSNV APP G	MSNV APP L	MSNV Daisaku I.	MSNV APP B
MSNV - APP G	1	---	---	---
MSNV - APP L	0,2207	1	---	---
MSNV - Daisaku I.	0,6242	0,1988	1	---
MSNV - APP B	0,8065	0,0494	0,5454	1

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11 - Matriz para valores de p para as comparações entre massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo Teste de Mann-Whitney ($p=0.05$).

TESTE DE MANN-WHITNEY	APP G MRS	APP L MRS	Daisaku I. MRS	APP B MRS
APP G MRS	1	---	---	---
APP L MRS	0,0057	1	---	---
Daisaku I. MRS	0,2781	0,0272	1	---
APP B MRS	0,6908	0,0038	0,2614	1

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12 - Matriz para valores de p para comparações entre a altura (h) de plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) pelo Teste de Mann-Whitney ($p=0.05$).

TESTE DE MANN-WHITNEY	APP G h	APP L h	Daisaku I h	APP B h
APP G h	1	---	---	---
APP L h	0,0022	1	---	---
Daisaku I. h	0,0103	0,3006	1	---
APP B h	0,3955	0,0007	0,0025	1

Fonte: autoria própria.

Foi encontrada correlação positiva entre a massa seca de raiz por vaso e a massa seca de nódulos por vaso (MSRV x MSNV) (correlação Pearson $p=0.05$), exceto para as amostras da APP B (Tabela 13) e correlação positiva entre a massa seca de raiz e altura das plantas crescidas em solo oriundo das três propriedades e do Parque Daisaku Ikeda (MSR x Altura) (Tabela 14).

Tabela 13: Correlação de Pearson entre a massa seca de raiz por vaso (MSRV) e a massa seca de nódulos por vaso (MSRV x MSNV) em plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência) (Pearson $p=0.05$).

CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ($p=0.05$)	APP G MSRV	APP L MSRV	Daisaku I. MSRV	APP B MSRV
APP G MSNV	0,0005 r: 0,919	---	---	---
APP L MSNV	---	0,0221 r: 0,707	---	---
Daisaku I. MSNV	---	---	< 0,0001 r: 0,948	---
APP B MSNV	---	---	---	0,7575 r: 0,112

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14: Correlação de Pearson entre a massa seca de raiz (MSR) e a altura de plantas de *Cajanus cajan* cultivadas por 82 dias em solos oriundos das APPs em restauração há 4 anos e do Parque Ecológico Municipal Dr. Daisaku Ikeda (referência).

CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON (p=0.05)	APP G h	APP L h	Daisaku I. h	APP B
APP G MSR	0,0057 r: 0,675	---	---	---
APP L MSR	---	< 0,0001 r: 0,884	---	---
Daisaku I. MSR	---	---	< 0,0001 r: 0,797	---
APP B MSR	---	---	---	< 0,0001 r: 0,852

Fonte: Autoria própria.

6 DISCUSSÃO

6.1 Estrutura das matas ciliares em restauração

O número de espécies encontradas em cada propriedade, que variou de 20 a 44 se aproxima dos observados para áreas em restauração no Médio Vale do Paranapanema, no município de Tarumã, São Paulo (MELO; DURIGAN, 2007). No entanto, já desde o ano de 2008 (resolução SMA N°8 de 31/01/2008), reiterada pela resolução SMA N° 32 DE 03/04/2014, o Estado de São Paulo passou a exigir o uso de no mínimo 80 espécies em uma restauração florestal. No Paraná, Carpanezi e Carpanezi (2006) citaram o pequeno número de espécies utilizadas e recomendaram como meta para restauração o uso de no mínimo 30 espécies até 2011.

Isernhagen et al. (2009) recomendam o uso do espaçamento de 3x2m entre as plantas, em ações de plantio de restauração, o que resulta em uma densidade média de 1.666 plantas/ha. As densidades encontradas em todas as propriedades às margens do Ribeirão Três Bocas (APP B, APP G, APP L) foram bastante superiores a esses valores, devido ao menor espaçamento utilizado no plantio, seguindo as linhas preparadas para o cultivo.

A análise dos dados de cobertura de copas apresentados por Melo e Durigan (2007) para reflorestamentos de áreas ciliares no município de Tarumã, mostra que as maiores coberturas foram encontradas nas propriedades com maior densidade de plantas, respeitadas a idade do plantio. Dados desses mesmos autores mostraram a altura média da restauração após 3 anos, em torno de 6 metros. Ignacio et al. (2007) encontraram para áreas ciliares em restauração às margens do Ribeirão São João, em Mineiros do Tietê, SP, porcentagens de cobertura bastante inferiores, para propriedades com 3 e 4 anos, em torno de 50%.

Melo, Miranda e Durigan (2007) afirmaram que diferenças na composição de espécies e na qualidade das áreas interferem nos valores de cobertura de copa, sugerindo a necessidade de investigação até da qualidade dos solos. Nesse sentido, pode-se afirmar que a APP L apresentou a maior porcentagem de cobertura do solo devido aos intensos cuidados do proprietário durante a restauração (não há predomínio de gramíneas), à fertilidade do solo e ao predomínio de espécies de rápido crescimento. Já na APP B e APP G, o menor tamanho das plantas e os menores valores de cobertura estão associados à menor intensidade de manejo à

presença de formigas cortadeiras (MASSI et al., 2013) e com isso, à competição com a cobertura de capim que recobre o solo.

Com relação à altura e crescimento das plantas, Brancalion et al. (2007) e Gonçalves, Nogueira e Ducatti (2008) evidenciaram que o nível de exigência de nutrientes das plantas difere entre as classes sucessionais, sendo que as pioneiras requerem maior quantidade de nutrientes que as secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas. Quanto maior é a taxa de crescimento, maior é a demanda nutricional, com isso, espécies tardias apresentam menor demanda nutricional e menor resposta à fertilização. Sendo assim, é mais provável que em áreas recentemente restauradas e com maior disponibilidade nutricional, as espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentem um maior desenvolvimento se comparado com as espécies secundárias tardias e climácicas. Essa situação e, sobretudo, em relação às plantas pioneiras e secundárias iniciais crescendo em solo pobre, foi claramente perceptível na APP L que possui um maior teor de fósforo e potássio e elevada altura das pioneiras. Já na APP G e APP B as alturas foram menores, provavelmente pelo fato da menor disponibilidade nutricional e manejo menos cuidadoso na implantação do projeto.

Durigan (2011), sugeriu o uso da estratificação como indicador e a necessidade de ao menos dois estratos para indicar o sucesso em uma propriedade em restauração há pelo menos três anos. Na propriedade APP L fica evidente a presença de dois estratos, o que não ocorre nas propriedades APP B e APP G.

O uso da estratificação como indicador é apenas um exemplo entre muitos outros indicadores utilizados para o monitoramento. Diferente do estado de São Paulo, que já possui uma resolução que obriga o monitoramento das áreas em restauração (SMA N° 32 DE 03/04/2014), o estado do Paraná não possui nenhuma regulamentação neste sentido, apesar de fazer parte do Pacto para restauração da Mata Atlântica e este pacto sugerir o monitoramento. Com isso, a falta de monitoramento impede uma real avaliação do (in)sucesso das áreas em restauração, fazendo com que os resultados dos plantios apenas girem em torno da propaganda política.

6.2 Nodulação

De acordo com Eady (1996) a forma biológica de fixação de nitrogênio a partir da conversão do gás N_2 , inerte, em uma forma utilizável para o organismo, se dá pela catalisação

da enzima nitrogenase encontrada nas bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN). O autor ainda cita que existem três tipos de Nitrogenase: a Nitrogenase-1 (Mo-nitrogenase) que usa o molibdênio (Mo) e o Ferro (Fe) no processo, a Nitrogenase-2 (V-nitrogenase) que usa o Vanádio (V) e o Fe no processo e a Nitrogenase-3 (Fe-nitrogenase) que usa somente o Fe.

Com isso o ferro parece ser imprescindível para qualquer uma das 3 enzimas, podendo ser uma das causas da tendência dos maiores valores de MSNV nas amostras da APP B, que apresentou valores de Fe no solo 3 vezes maiores que as demais propriedades. Por outro lado, a menor formação de nódulos na APP L pode ser uma consequência do menor teor de matéria orgânica no solo dessa propriedade. Com isso, haverá menor retenção de umidade e também menor teor de micronutrientes disponibilizados para a nodulação.

7 CONCLUSÕES

Foi possível concluir que a APP L está em melhores condições que as outras áreas em restauração (APP B e APP G), principalmente em face do elevado nível de cobertura de copas. Com isso, sugere-se que o monitoramento da regeneração natural seja realizado em breve, como recomenda a literatura (após 4 anos), para avaliar os aspectos funcionais.

As APP B e APP G necessitam de ações complementares de restauração, como o controle de capim, plantio de adensamento visando promover o fechamento de lacunas deixadas pela mortalidade das mudas e possivelmente o plantio de enriquecimento em especial na APP B.

O indicador de cobertura de solos mostrou-se o mais fácil e viável de ser utilizado para monitoramentos, sendo recomendado para avaliação do nível de sombreamento, de forma bastante efetiva e rápida de ser realizada.

Sugere-se que o teor nutricional do solo, em especial dos macronutrientes, tenha contribuído e influenciado no maior desenvolvimento vegetacional, como o encontrado na APP L que, aliado ao manejo de forma mais intensa pelo proprietário, culminou no sucesso do estabelecimento da fisionomia florestal nessa propriedade.

Sugere-se que a menor quantidade de matéria orgânica na APP L tenha influenciado na menor formação de nódulos nas raízes das plantas cultivadas no solo oriundo dessa propriedade. Com isso é necessária a condução de novos experimentos para esclarecer a complexidade das interações entre plantas e microrganismos.

8. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO R. T. R.. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Universidade Federal de Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/6684/4403>> Acessado em: 07 julho de 2013.

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; GANDOLFI, S., RODRIGUES, R. R. Fase 6: Inserção de outras formas de vida no processo de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (org), **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009a. 256p. il. col. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/referencial-teorico.pdf>>. Acessado em: 28 abril de 2013

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (org), **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009b. 256p. il. col. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/referencial-teorico.pdf>>. Acessado em: 28 abril de 2013

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. FASE 2: Plantio de árvores nativas brasileiras com baixa diversidade florística e com a inserção da sucessão florestal, In: **Pacto para a restauração ecológica da mata atlântica: Referencial teórico**, Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal , Piracicaba , 2007

BROWN JR, K. S. Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org), **Matas ciliares: Conservação e Recuperação**. 2ª ed., 2ª reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, FAPESP, 2009.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B.; **Espécies Nativas Recomendadas para Recuperação Ambiental no Estado do Paraná: em Solos Não Degradados**, Embrapa Florestas, Colombo, 2006. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/41588/1/doc136.pdf>>, acessado em: 20 de Dezembro de 2013.

CAVALHEIRO, A.L. et al. Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; SHIBATA, O. (eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: 2002. p. 213-224.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. de, **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**, COAMO e COODETEC, Campo Mourão/Cascavel, PR 2001

CUNHA, E. T.; RODRIGUES, E.; YABE, M. J. S. Fertilidade de solos agrícolas próximo a fragmentos florestais nativos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 225-234, jul./dez. 2003, Disponível em :< <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2179> > Acesso em 12 de Julho de 2014.

DAVID, A. C.; BOTELHO, S. A. Análise Crítica dos Programas de Recomposição de Matas Ciliares em Minas Gerais, In: **Simpósio “Mata Ciliar”**: Ciência e Tecnologia, Belo Horizonte, MG, Lavras: UFLA/CEMIG/FAEPE, p.172-188, 1999.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. Eds. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.

DIAS, M. C.; VIEIRA, A. O. S.; NAKAJIMA, J. N.; PIMENTA, J. A.; LOBO, P. C. **Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares do Rio Iapó, na bacia do Rio Tibagi, Tibagi, PR**. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 21, n. 2, ago. 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041998000200011>>. Acesso em: 25 abr. 2013

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN JR., L; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R.(org.) **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. Reimpressão, 2004.

DURIGAN, G. Uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: UEHARA, T. H.K. e GANDARA, F.B. org. **Cadernos da Mata Ciliar**. n. 4 Conteúdo: Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar/>>. Acessado em: 28 abril de 2013.

EADY, R. R. (1996) Structure-function relationships of alternative nitrogenases. **Chemical Reviews**. **96**: 3013-3030. Disponível em: < <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cr950057h>>. Acessado em 12/12/2014.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª.ed., Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: Tendências e perspectivas mundiais, In: KAGEYAMA, P. Y et al. (org). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008.

ERNANI, P. R., ALMEIDA, J. A., SANTOS, F. C. Potássio, In: Ed, Novais, F. R. et al. **Fertilidade do solo**- Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. S. Nutrição, Fertilização e Microbiologia em Espécies Florestais. In: **Simpósio “Mata Ciliar”**: Ciência e Tecnologia, Belo Horizonte, MG, Lavras: UFLA/CEMIG/FAEPE, p.80-110, 1999.

GANDOLFI, S. ; LEITÃO FILHO, H. F. ; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies Arbustivo-Arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP.. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M.; NOGUEIRA JR., L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de Solos Degradados, In: Kageyama, P. Y. et al. (org). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF , 1^a ed. Revisada: 2008.

HARDT, E.; PEREIRA-SILVA, E. F. L.; ZAKIA, M. J. B.; LIMA, W. P. Plantios de restauração de matas ciliares em minerações de areia da Bacia do Rio Corumbataí: eficácia na recuperação da biodiversidade. **Scientia Forestalis** n. 70, p. 107-123, abril 2006. Disponível em <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr70/cap11.pdf>>

HIGUCHI, P.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; PINHEIRO, A. L.; SILVA, C.T.; OLIVEIRA, C. H. R., **Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG**. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 893-904, 2006.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná, **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, IAPAR. Circular Técnica n° 90. 28p. 1996.

IGNÁCIO, E. D.; ATTANASIO, C. M.; TONIATO, M. T. Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiro do Tietê, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 137-148, dez. 2007. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/rev19-2pdf/137-148.pdf> Acessado em : 02 de julho de 2013>

ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, 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. (org), **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009a. 256p. il. col. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/referencial-teorico.pdf>>. Acessado em: 28 abril de 2013

JODAS, N. Pagamento por serviços ambientais (PSA) como ferramenta efetiva à aplicabilidade do Código Florestal Brasileiro: Uma proposta combativa ao projeto de Lei N°. 1876/99. relatos da experiência pioneira de PSA no município de Londrina – PR **Revista de Direito Público**, Londrina, v. 5, n. 3, p. 66-80, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/direitopub/article/view/7563>> Acessado em 04 de julho de 2013.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.. (org). **Matas ciliares: Conservação e Recuperação** 2ª. ed.2ª. reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Definindo a restauração ecológica: Tendências e perspectivas mundiais, In: Kageyama, P. Y. et al. (org). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008.

LANA, M.C.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J. F.; RICHART, A. FONTANIVA, S. **Análise química do solo e tecido vegetal: Práticas de laboratório**. LANA, M.C. (org.). Cascavel: EDUNIOESTE, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. v.1, 5ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. v.2, 3ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 2009a.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. v.3, 1ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 2009b

MACHADO, W. S., **Avaliação Comparativa do Processo de Ocupação e Degradação das Terras das Microbacias Hidrográficas dos Ribeirões Três Bocas e Apertados no Norte do Paraná**. 2005. 183f. Dissertação de Mestrado- UEL. Londrina, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000115465>> Acessado em 05 de junho de 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**, Viçosa, Ed. Aprenda Fácil, 2001.

MASSI, E.H.G.; GOMES, G.B.; BIANCO, R.; MARTINS, H.C.; LOBO FARIA, P.C. Estrutura de áreas reflorestadas com dois anos de idade junto à mata ciliar do Ribeirão Três Bocas, Londrina/PR. **Políticas Públicas para a Restauração Ecológica e Conservação da Biodiversidade**: V Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo. 2013.

MELLO J.W.V.; ABRAHÃO W. A. P. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.

MELO,A.C.G.; DURIGAN,G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.73, p.101-111, mar.2007. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr73/cap10.pdf>

MELO. A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; DURIGAN, G., Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamento de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.321-328, 2007 . Disponível em :<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622007000200015> Acessado em 17 de junho de 2013.

MELO, A. C. G.; REIS, C. M.; RESENDE, R. U. Guia para monitoramento de reflorestamentos para restauração. In: **Cadernos da Mata Ciliar**. n. 4 Conteúdo: Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar/>>.Acessado em: 28 abril de 2013.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Geoquímica do solo - Horizonte B**: Relatório final de projeto. Curitiba: Mineropar, 2005. 2v

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração Florestal do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para monitoramento das ações. **Oecologia Australis** 14(2): p. 437-451, Junho 2010. Disponível em :<<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/download/oeco.2010.1402.07/418>> Acessado em 28 de junho de 2013.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. Ecologia do Solo. cap.3 In: MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª. ed. atul. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Kageyama, P. Y. et al. (org). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008.

RENNER, R. M.; BITTENCOURT, S. M.; OLIVEIRA, E. B.; RADOMSKI, M. I. **Programa Mata Ciliar no Estado do Paraná**: comportamento de espécies florestais plantadas- Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 38 p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/Doc196.pdf>>. Acesso em: 28 de abril de 2013.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de Florestas Tropicais: Subsídios para uma Definição Metodológica e Indicadores de Avaliação e Monitoramento., In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org). **Matas ciliares**: Conservação e Recuperação 2ª ed., 2ª reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256p. il. col. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/referencial-teorico.pdf>>. Acessado em: 28 abril de 2013.

RUIZ-JAÉN, M.C.; AIDE, T.M. Restoration success: How is it being measured? **Restoration Ecology**, v.13, n.3, p.569-577, 2005. Disponível em: <http://www.globalrestorationnetwork.org/uploads/files/LiteratureAttachments/266_restoration-success---how-is-it-being-measured.pdf> Acessado em: 28 de abril de 2013.

RUSCHEL, A. R., PEDRO, J., e NODARI, R. O. Diversidade genética em populações antropizadas do fumo brabo (*Solanum mauritianum*) em Santa Catarina, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 63-72, mar. 2008.

SAUTTER, K. D., Meso (Acari e Collembola) e Macrofauna (Oligochaeta) na Recuperação de Solos Degradados. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.

SCHAITZA, E. G., coord., Paraná Biodiversidade: **Verde que te quero verde** - Projeto, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos/SEMA - PARANÁ 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/programas_e_projetos/Rel_Geral_versao_4_PRBio_indd.pdf>, Acessado em 23 de junho de 2013.

(SER) **Society for Ecological Restoration**, International, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SERRAT, B. M.; LIMA, M. R.; GARCIAS, C. E.; FANTIN, E. R.; CARNIERI, I. M. R. S. A.; PINTO, L. S. **Conhecendo o solo**. Curitiba : UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2002.

SILVA, Alexandre Francisco da et al . **Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG**. Rev. *Árvore*, Viçosa , v. 27, n. 3, June 2003 . Available from <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-67622003000300006&lng=en&nrm=iso>>. access on 23 Nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000300006>.

SOUZA, L. A. G.; NETO, E. B.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.2, p.207-217, fev. 2007

UEHARA, T. H. K.; GANDARA, F. B. org., **Cadernos da Mata Ciliar**. N. 4 Conteúdo: Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica / Helena Carrascosa von Glehn et al. São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar/>>. Acesso em: 28 abril de 2013.

ZANGARO W.; ANDRADE, G. Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (eds.) **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: 2002. p. 173-213.