

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Sucessão Vegetal e Atributos Químicos do Solo em uma Área de Empréstimo  
Revegetada com Leguminosas Arbóreas Estruturantes após 28 anos do Plantio no  
Estado do Rio de Janeiro**

**Gabriel dos Santos de Aguiar**

**2018**



**UFRRJ**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**SUCCESSÃO VEGETAL E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM UMA  
ÁREAS DE EMPRÉSTIMO REVEGETADA COM LEGUMINOSAS  
ARBÓREAS ESTRUTURANTES APÓS 28 ANOS DO PLANTIO NO  
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**GABRIEL DOS SANTOS DE AGUIAR**

*Sob a orientação do professor*  
**Sergio Miana de Faria**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica – RJ  
Fevereiro - 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dA282s dos Santos de Aguiar, Gabriel, 1989-  
Sucessão Vegetal e Atributos Químicos do Solo em  
uma Área de Empréstimo Revegetada com Leguminosas  
Arbóreas Estruturantes após 28 anos do Plantio no  
Estado do Rio de Janeiro / Gabriel dos Santos de  
Aguiar. - 2018.  
77 f.: il.

Orientador: Sergio Miana de Faria.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Pós Graduação em Ciências Ambientais  
e Florestais, 2018.

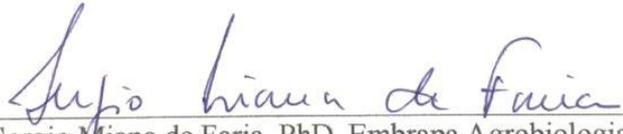
1. recuperação de áreas degradadas. 2. leguminosas  
estruturantes. 3. sucessão vegetal. 4. fertilidade do  
solo. I. Miana de Faria, Sergio, 1958-, orient. II  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós  
Graduação em Ciências Ambientais e Florestais III.  
Titulo.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

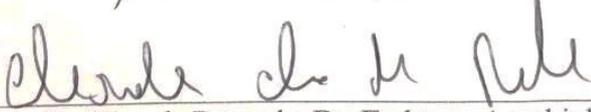
**GABRIEL DOS SANTOS DE AGUIAR**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 21 / 02 / 2018

  
Sergio Miana de Faria. PhD. Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

  
Marcelo da Costa Souza, Dr. UFRRJ

  
Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia

## **DEDICATÓRIA**

*Ao meu pai Francisco,  
que nesta vida me deixou a herança,  
de saber que além da vida existe vida,  
com saudade e amor dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida e por nunca deixar nada faltar para alcançarmos a graça de ser alguém melhor a cada dia.

Agradeço a minha família querida, meus alicerces. Minha mãe Angela e meu irmão Leonardo, obrigado por apoiarem minhas escolhas e por todo esforço para que eu alcance meus objetivos.

Minha noiva Maria Vanessa, obrigado pelo seu amor e companheirismo que me fazem ser alguém cada vez mais motivado.

Agradeço ao meu orientador Sergio Miana, pela confiança, por todos os recursos para desenvolver este trabalho e pela amizade.

Agradeço à equipe do Laboratório de Leguminosas por todo o apoio durante este estudo. Em especial ao Marcelo Antoniol pela ajuda nas avaliações do banco de sementes e ao Fernando Cunha pela ajuda nas coletas em campo.

Amigos do alojamento, obrigado por todos os dias que passei com vocês. Foi uma oportunidade incrível conviver e fazer deste ambiente um lar agradável.

À querida Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade de realizar o curso.

À Embrapa Agrobiologia pela infraestrutura e todo o suporte para este estudo, em especial ao Laboratório de Química Agrícola e a Equipe do Campo Experimental.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Aos prezados amigos conquistados ao longo deste período. Edevaldo, Felipe Martini, Fernando Lima, Athila, Douglas, Daniel e Gustavo, muito obrigado.

## RESUMO

AGUIAR, Gabriel dos Santos. **Sucessão vegetal e atributos químicos do solo em uma área de empréstimo revegetada com leguminosas arbóreas estruturantes após 28 anos do plantio no estado do Rio de Janeiro.** 2018. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A exploração de uma área por empréstimo de terra, assim como na atividade de mineração, remove os horizontes superficiais do solo deixando-o desprovido de banco de sementes e camadas férteis. Tal impacto impossibilita a recuperação da área sem intervenção humana. Por estes aspectos uma área degradada por empréstimo de terra foi reflorestada com mudas de leguminosas arbóreas exóticas ao bioma inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares e, este trabalho tem por objetivo avaliar a sucessão vegetal e os atributos químicos do solo após 28 anos do plantio. Para isso foram caracterizados a composição florística do banco de sementes e das espécies arbóreas no estrato regenerante e adulto da área em questão, avaliadas as condições de fertilidade do solo através de atributos químicos e estimados os estoques de biomassa e nutrientes da serapilheira em período seco e chuvoso, comparando todos os resultados com um fragmento de Mata Atlântica em fase de crescimento secundário próximo ao local. A revegetação com leguminosas ativou o processo de sucessão vegetal e proporcionou a chegada de novas espécies vegetais na área. No entanto observam-se dificuldades no avanço da sucessão vegetal que podem ser atribuídos à falta de conectividade com uma matriz florestal conservada. As espécies plantadas, embora sejam exóticas, não demonstram estar interferindo negativamente na sucessão vegetal. A formação de dossel favoreceu a sucessão vegetal. O potencial de fertilidade do solo demonstra ter sido restabelecido em níveis superiores ao da floresta secundária utilizada como referência. A serapilheira é uma determinante fonte de entrada de nutrientes no solo, destacando-se a área revegetada principalmente no período seco do ano.

**Palavras-chave:** área degradada, florística, fertilidade do solo.

## ABSTRACT

The degradation of an area by land loan, as well as in the mining activity, removes the superficial horizons from the soil leaving it devoid of seed bank and fertile layers. Such an impact makes it impossible to recover the area without human intervention. For these aspects an area degraded by land loan was reforested with exotic tree legume seedlings inoculated with nitrogen fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi, and this work aims to evaluate the plant succession and soil chemical attributes after 28 years of planting . For this purpose, the floristic composition of the seed bank and the tree species in the regenerative and adult strata of the area in question were characterized, the soil fertility conditions were evaluated through chemical attributes and the biomass and nutrient stocks of the litter were evaluated in the dry period and rainy season, comparing all the results with a fragment of Atlantic Forest in secondary growth phase near the site. Revegetation with legumes activated the process of plant succession and provided the arrival of new plant species in the area. However, difficulties in the advance of plant succession can be attributed to the lack of connectivity with a conserved forest matrix. The planted species, although exotic, do not demonstrate to be negatively interfering in the plant succession. Canopy formation favored plant succession. Soil fertility potential has been restored at levels above that of the secondary forest used as a reference. The litter fall is a determinant source of nutrient input in the soil, highlighting the area revegetated mainly in the dry period of the year.

**Key words:** degraded area, floristic, soil fertility.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Informações sobre as espécies de leguminosas utilizadas na revegetação (Lorenzi, 2003; Lorenzi, 2008).

**Tabela 2** – Espécies encontradas no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ

**Tabela 3.** Resumo das variáveis estudadas no banco de sementes de área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 4.** Espécies e síndrome de dispersão registradas em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica/RJ.

**Tabela 5.** Número de indivíduos de *Solanum argeteum* no banco de sementes e levantamento florístico de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 6.** Número de indivíduos das espécies presentes no banco de sementes e levantamento florístico de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 7.** Resumo das variáveis estudadas no levantamento florístico de área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica/RJ.

**Tabela 8.** Parâmetros estruturais analisados para as espécies registradas no estrato regenerante de área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 9.** Parâmetros estruturais analisados para as espécies registradas no estrato regenerante em floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 10.** Valores de densidade absoluta (DA) e dominância absoluta (DoA) das espécies encontradas no estrato adulto de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 11.** Valores de densidade absoluta (DA) e dominância absoluta (DoA) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 12.** Valores de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH no solo para as profundidades de 0-2,5 cm, 2,6-7,5 cm e 7,6-20 cm e média ponderada de 0 – 20 cm em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ

**Tabela 13.** Valores das médias ponderadas de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH para os terços em área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 14.** Valores das médias ponderadas de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH para os terços em floresta secundária nativa, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Vista aérea de área revegetada e floresta nativa em crescimento secundário, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 2.** Área revegetada após ter sofrido empréstimo de terra.

**Figura 3.** Área revegetada após 30 meses do plantio.

**Figura 4.** Área revegetada em 2018.

**Figura 5.** Temperatura e precipitação média entre 2006 e 2016, segundo dados da estação meteorológica Pesagro-Ecologia, Seropédica/RJ.

**Figura 6.** Temperatura média e precipitação entre abril de 2016 e março de 2017, segundo dados da estação meteorológica Pesagro-Ecologia, Seropédica/RJ.

**Figura 7.** Representação esquemática da área amostral do estudo.

**Figura 8.** Porcentagem de espécies lenhosas e não-lenhosas encontradas no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 9.** Número de indivíduos das dez espécies com maior ocorrência no banco de sementes da área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia – Seropédica/RJ.

**Figura 10.** Número de indivíduos das dez espécies com maior ocorrência no banco de sementes da floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia – Seropédica/RJ.

**Figura 11.** Número de indivíduos das espécies plantadas presentes no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 12.** Número de indivíduos das espécies encontradas nos dois estratos em área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 13.** Número de indivíduos das espécies encontradas nos dois estratos em floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 14.** Número de indivíduos das espécies plantadas encontrados no banco de sementes e levantamento florístico de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia.

**Figura 15.** Número de indivíduos e estrato das espécies comuns entre a área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 16.** Valor de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI) das espécies encontradas no estrato regenerante de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 17.** Valores de Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR) e Dominância Relativa (DoR) das espécies encontradas no estrato adulto da área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 18.** Valor de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 19.** Valores de Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR) e Dominância Relativa (DoR) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ..

**Figura 20.** – Representação esquemática da área amostral do estudo.

**Figura 21.** Análise de componentes principais de fertilidade do solo em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 22.** Estoque de biomassa de serapilheira no período seco e chuvoso em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Figura 23.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) na serapilheira coletada em período seco e chuvoso de área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ.

**Figura 24.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) na serapilheira coletada em período seco e chuvoso de floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ.

**Figura 25.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) da serapilheira coletada no período seco em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ.

**Figura 26.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) da serapilheira coletada no período chuvoso em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ.

**Figura 27.** Perfil do solo em local de coleta (0 – 20 cm), com evidente diferença física.

**Figura 28.** Solo coletado em processo de secagem ao ar.

**Figura 29.** Ponto de coleta de serapilheira e banco de sementes com gabarito de metal utilizado.

**Figura 30.** Banco de sementes alocado em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia.

**Figura 31.** Indivíduo de *Begonia fischeri* germinado no banco de sementes da área revegetada.

**Figura 32.** Etapa do levantamento florístico e fitossociológica com auxílio de régua graduada para estimar a altura total das árvores.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
Viabilidade econômica na restauração florestal.....	3
O uso de instrumentos legais na restauração florestal.....	4
Uso de espécies estruturantes na restauração florestal.....	4
<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	7
Área de estudo.....	7
Clima.....	10
<b>CAPÍTULO I - SUCESSÃO VEGETAL EM UMA ÁREA REFLORESTADA COM LEGUMINOSAS ESTRUTURANTES APÓS 28 ANOS DO PLANTIO</b> .....	12
<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
2.1 Amostragem.....	17
2.2. Banco de Sementes.....	17
2.3 Florística e Fitossociologia.....	18
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
3.1. Análise do Banco de Sementes.....	19
3.2. Levantamento Florístico.....	25
3.3. Análise Fitossociológica da Vegetação.....	30
3.3.1. Estrato regenerante.....	30
3.3.2. Estrato adulto.....	31
<b>4 – CONCLUSÃO</b> .....	36
<b>CAPÍTULO II – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E ESTOQUE DE BIOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM UMA ÁREA REVEGETADA COM LEGUMINOSAS ESTRUTURANTES APÓS 28 ANOS DO PLANTIO</b> .....	37

<b>RESUMO.....</b>	<b>38</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>39</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
2.1. Área amostral.....	41
2.2. Fertilidade do Solo.....	41
2.3. Estoque de Serapilheira.....	42
2.4. Teor e Estoque de Nutrientes na Serapilheira.....	42
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
3.1. Fertilidade do Solo.....	43
3.2. Estoque de Biomassa e Nutrientes na Serapilheira.....	48
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A busca por entender a sucessão florestal de forma integral teve início com Clements (1916) quando propôs que a comunidade vegetal se comporta como um super organismo capaz de se conduzir de maneira ordenada, previsível e progressiva de um estágio inicial simples a um estágio estruturalmente mais complexo (monoclímax), que se dará conforme o clima regional em que a comunidade está inserida.

Posteriormente novas propostas foram apresentadas para explicar o processo de sucessão florestal, alguns concordando outros discordando da ideia de monoclímax de Clements.

Gleason (1926), por exemplo, não acreditava na previsibilidade da sucessão. Para ele, a vegetação de uma área é resultante da flutuação da imigração de plantas e da variação do ambiente. Desse modo, a sucessão seria regida pela sobreposição ao acaso de espécies com tolerâncias ambientais semelhantes, as quais contribuiriam de maneira diferente nesse processo. Portanto, para Gleason, a vegetação não é um organismo, tampouco uma unidade, conforme Clements havia proposto.

Para Phillips (1934), deve-se considerar as características edáficas locais, e não só climáticas, na vegetação final (clímax). O autor sugere também que a sucessão não tem um rumo continuamente progressivo, podendo sofrer regressões ou interrupções que devem ser consideradas como etapas do processo.

Watt (1947) aponta que a diferença entre os estágios sucessionais da comunidade diferiam quanto à entrada e saída de biomassa do sistema. Nos estágios iniciais, a entrada era maior, enquanto que no clímax a entrada e saída (pela ação de decompositores) no sistema se igualavam.

A partir disto é possível considerar que, para boas práticas de recuperação de áreas degradadas, é importante ter um conceito de sucessão ecológica em ambientes florestais bem definido. Neste trabalho será aceita a proposta de que, o processo de sucessão caracteriza-se por uma mudança contínua na comunidade causada por distúrbios repetidos, não havendo estabilidade absoluta, nem um estágio final de sucessão determinado e previsível (PILLAR, 1994).

Nesse contexto, para avaliar a dinâmica da sucessão ecológica em um ambiente florestal é relevante uma escolha adequada de indicadores. Brancalion et al. (2012), consideram que, de forma geral, os tipos de indicadores que podem ser obtidos por meio da mediação e coleta de dados, podem ser agrupados em indicadores qualitativos e indicadores quantitativos. Os qualitativos são aqueles obtidos de forma não mensurável, com base na observação de julgamento do observador. Os quantitativos se valem da mensuração de determinados parâmetros descritores da área em processo de restauração. Este último tipo, reduz a participação do avaliador nos resultados e possibilita maior replicabilidade de um dado método, conferindo maior segurança e transparência ao processo, que passa a se basear em números em vez de opiniões pessoais.

À partir disto, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar e comparar a sucessão vegetal e os atributos químicos do solo entre dois ambientes florestais, sendo uma área revegetada com leguminosas arbóreas estruturantes, inoculadas com fungos micorrizos, após 28 anos do início do plantio e um fragmento de Mata Atlântica em crescimento secundário.

Este trabalho tem por objetivo específico monitorar cinco atributos que podem indicar de forma quantitativa a dinâmica de sucessão ecológica em ambiente florestal, sendo elas:

- fertilidade do solo nas camadas superficiais;
- banco de sementes;
- estoque de biomassa de serapilheira;
- estoque de nutrientes na serapilheira;
- levantamento florístico e fitossociológico.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Viabilidade econômica na restauração florestal

Muitos processos ocorrem simultaneamente e influenciam o futuro de uma floresta, desde a ciclagem de nutrientes à polinização e dispersão de espécies. A partir disto compreende-se que para melhor recuperar florestas é preciso entender o que elas são, como elas funcionam, como elas evoluem com o tempo, e como elas se regeneram, para evitar o desperdício de tempo, esforços e recursos com métodos ineficientes (RODRIGUES et al., 2009).

Considerando que a maioria dos ecossistemas florestais brasileiros são formados por grande riqueza arbórea e, quanto maior o número de espécies utilizadas mais fácil de contemplar grupos de diversas síndromes de dispersão garantindo uma heterogeneidade ambiental (MARTINS et al., 2013; BARBOSA et al., 2013), o plantio com elevado número de espécies é visto tecnicamente como um cenário muito positivo.

No entanto alcançar este padrão de eficiência na recuperação de áreas é uma prática economicamente inviável para parte dos que necessitam reflorestar. Pois os custos com orientação técnica, aquisição de mudas, implantação e manutenção do plantio ficam muito além do orçamento de produtores rurais que possuem áreas passíveis de recuperação, por exemplo. Em 2014 uma entrevista com responsáveis por redes de produção de sementes e viveiros no Brasil corroborou com esta afirmação ao retratar que mesmo após o novo código florestal (2012) a demanda do mercado era instável e a dificuldade de comercialização das mudas foi considerada o principal gargalo por parte dos entrevistados (SILVA et al., 2014).

Diante deste cenário, a busca pelo equilíbrio entre a eficiência na recuperação de áreas degradadas e viabilidade econômica tem papel relevante para fomentar a adesão aos programas de recuperação.

Carpanezzi et al. (1990) conceituou um ecossistema degradado como aquele que, após distúrbios, perdeu os meios de regeneração e Aronson et al. (2011) considerou que a restauração florestal implica em melhorar as funções do ecossistema sem necessariamente atingir um retorno das condições anteriores ao distúrbio. Neste sentido pode-se entender que é possível atender as demandas de recuperação conforme a disponibilidade de recursos sendo que em ocasiões com pouco incentivo financeiro sejam aplicadas apenas as intervenções mais indispensáveis para ativar os meios de regeneração natural e, em ocasiões mais favoráveis economicamente, sejam aplicados um leque maior de recomendações.

Uma ferramenta que tem sido capaz de viabilizar economicamente a restauração de áreas degradadas é o Sistema Agroflorestal (SAF), que conforme Amador & Viana (1998), trata-se de um sistema de uso de terra conservacionista em que plantas de espécies agrícolas são combinadas com espécies arbóreas. Rodrigues et al. (2007), fez uma avaliação econômica de SAF's implantados para a recuperação de áreas degradadas em reservas legais na região do Pontal do Paranapanema (SP), e encontrou valores positivos para as todas as famílias analisadas, concluindo que estes sistemas podem ser adotados na recuperação, visto que, esta prática pode incentivar a regularização da reserva legal.

## **O uso de instrumentos legais na restauração florestal**

Conforme Durigan et al. (2010), no campo da legislação, a tentativa de utilizar normas jurídicas para orientar a restauração florestal teve início no Brasil no estado de São Paulo (Resolução SMA 21/2001), porém a resolução, mesmo reeditada, sem transparente respaldo em experimentações científicas, entre outros aspectos, não contribuiu para ampliação de áreas restauradas e de sucesso, sendo um de seus pressupostos mais controversos que a baixa diversidade dos plantios é causa de insucesso na restauração. Por outro lado, Brancalion et al. (2010) entenderam que o instrumento legal trouxe evidentes contribuições para o aperfeiçoamento e estímulo de ações de restauração, admitindo que sempre há oportunidades de melhoria em uma resolução que ousa orientar uma atividade tecnológica tão complexa.

Atualmente os esforços em orientar as ações de restauração através de instrumentos legais continuam. Por exemplo, no estado de São Paulo está em vigor a Resolução SMA 32/2014 e no Rio de Janeiro as Resoluções INEA 89/2014 e 143/2017. Estas resoluções apresentam valores de referência de seus indicadores ecológicos para avaliar a qualidade do projeto em andamento bem como atestar sua conclusão. O órgão ambiental fluminense, inclusive, está desenvolvendo uma calculadora virtual que permite ao reflorestador avaliar se o reflorestamento está de acordo com a expectativa da área, após quatro anos do plantio (PORTAL RFF, 2018). Para Campello et al. (2017) é louvável a iniciativa de utilizar critérios objetivos ao avaliar povoamento florestal, e a ideia da calculadora é um bom passo para eliminar a subjetividade do fiscalizador. O autor ressalta ainda a importância da seleção adequada das espécies e dos espaçamentos de plantio para que seja possível atingir os parâmetros de suficiência e qualidade do órgão fiscalizador.

No entanto, o atendimento aos parâmetros estabelecidos nos instrumentos legais continua a ser oneroso e por isso de difícil cumprimento por parte dos que precisam restaurar. Oliveira et al., (2017) avaliando a regularização ambiental no estado do Rio de Janeiro e suas consequências em passivos como recuperação de áreas degradadas, constatou que apesar de o estado já possuir a maior parte dos imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR), a fase de execução do Programa de Regularização Ambiental (PRA) não foi iniciada, fato atribuído, entre outras coisas, à falta de normativa aplicável aos pequenos produtores, que representam o maior montante de adesão ao PRA, onde se espera apoio técnico e fomento de insumos para o plantio.

Desse modo, com os aspectos aqui abordados pode-se considerar que legislar sobre a restauração florestal é uma importante forma de conduzir as ações de restauração para um mesmo rumo, o qual será extremamente favorável ao meio ambiente quando for respaldado na ciência. No entanto este respaldo deve ser acatado com bom senso pelos instrumentos legais, de forma a não desconsiderar a realidade de grande parte dos potenciais restauradores, que não dispõem de recursos para arcar com a atividade de restauração integralmente. Caso contrário, legislar sobre este assunto terá pouco efeito prático. Portanto a legislação, a ciência e as partes interessadas devem agir em sincronia e bom senso, sendo também fundamental a participação do poder executivo.

## **Uso de espécies estruturantes na restauração florestal**

Todas as espécies vegetais em um ambiente florestal exercem alguma influência na estrutura de sua comunidade e no funcionamento do ecossistema. Por estes aspectos há muita preocupação com a escolha e quantidade de espécies utilizadas em programas de recuperação

de áreas degradadas onde as recomendações, através de instrumento legal, chegaram ao uso mínimo de 80 espécies florestais nativas (SMA 08/2007).

Por isto, a restauração ecológica de florestas tropicais, baseada no conhecimento ecológico disponível, já vem usando a algum tempo diferentes agrupamentos de espécies na formulação e implementação de modelos de plantio (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004).

Ao optar pelo plantio de mudas e considerando esta a alternativa mais precisa para alcançar o restabelecimento do ecossistema degradado, deve-se buscar como objetivo inicial do projeto um rápido recobrimento do solo (VIANI et al., 2017), a fim de combater espécies invasoras, principalmente gramíneas, criando um ambiente favorável a sucessão (MORAES et al., 2013; ELLIOTT et al., 2000). Além disso, a alta produção de frutos, atração da fauna e interações interespecíficas, como relações com microrganismos, são características desejáveis para as espécies que vão compor o plantio (MORAES et al., 2013).

Além de recobrir o solo e diminuir a competição com plantas indesejadas, com a formação de um dossel por espécies de rápido crescimento são esperados outros benefícios como a redução de processos erosivos, ativação da ciclagem de nutrientes a partir da decomposição da serapilheira e consequente melhoria na fertilidade do solo (CAMPELLO et al., 2017).

Neste sentido é necessário um olhar atento para os benefícios das ações de restauração ao solo, uma vez que sem a recuperação deste componente a sucessão vegetal fica comprometida. Neste aspecto destacam-se as leguminosas com sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo e disponibilizar para as plantas. Franco & Faria (1997) já relatavam o uso de leguminosas na revegetação de áreas cobertas por resíduos ácidos de mineração de bauxita. As associações entre o sistema radicular da árvore e fungos do solo também tem um papel relevante no aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas (MOREIRA et al., 2010).

Os trabalhos de Chada et al. (2004) e Laste (2011) testemunharam que é possível recuperar a biodiversidade de um ambiente através do plantio de leguminosas arbóreas estruturantes. Nas ocasiões as autoras avaliaram, após sete e 17 anos, a comunidade vegetal formada à partir do plantio de dez espécie de leguminosas estruturantes nativas e exóticas ao bioma, em uma encosta que sofria processo erosivo em Angra dos Reis/RJ. Na primeira avaliação foi constatada a presença de espécies regionais no estrato regenerante e espécies plantadas em início de senescência. Na segunda avaliação foi confirmada a ativação da sucessão vegetal com espécies regionais já compondo o estrato adulto, alto número de regenerantes e decadência das espécies plantadas. Além disso, as espécies plantadas não foram registradas em um fragmento de mata secundária próximo que foi estudado como referência, mostrando que as espécies exóticas não apresentaram comportamento invasor.

Garantindo a ativação dos processos biológicos que resultam na fertilidade do solo é esperado que a sucessão vegetal avance naturalmente. Porém, vale ressaltar que a presença de uma matriz florestal conservada que possa atuar como fonte de propágulos é um cuidado que deve ser considerado ao utilizar um número mais restrito de espécies. Pois os ecossistemas são sistemas abertos e a florística e estrutura também são influenciadas por fatores externos àquela comunidade (GANDOLFI et al., 2007). Mas a distância dos remanescentes florestais em relação à área em reabilitação vai influenciar a quantidade de propágulos que chega à área (PARROTA, 1993).

Embora o uso de baixa riqueza de espécies seja questionável por alguns autores (PARROTA & KNOWLES, 2008; BRANCALION et al., 2010), outros trabalhos já mostraram, há mais de duas décadas, que plantios monoespecíficos não trouxeram prejuízos à diversidade do subosque (CALEGÁRIO, 1993; SILVA JR. et al., 1995). Além disso, Moraes et al., 2010, defendem que podem ser utilizadas inicialmente espécies exóticas para restabelecer os teores de matéria orgânica no solo. Fato validado também na Resolução CONAMA 429/2011 para casos com ausência de horizontes férteis do solo. Desse modo, uma escolha acertada de espécies estruturantes está ente as decisões técnicas fundamentais para reduzir os custos da restauração florestal (CAMPELLO et al., 2017).

Por estes aspectos, trabalhos com espécies estruturantes e sempre que possível aliadas com tecnologias como inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, devem ter atenção distinta por parte daqueles que pesquisam formas eficientes de recuperar áreas degradadas.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### Área de Estudo

A área do estudo localiza-se no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, situada na Rodovia BR 465, km 7 (antiga rodovia Rio-São Paulo), no município de Seropédica/RJ, a 33 metros do nível do mar. O solo local é o Argissolo Vermelho-Amarelo, ocorrendo relevo suavemente ondulado (RAMOS et al., 1970; JACOMINE, 2009).

Foram avaliados dois ambientes florestais (figura 1), ambos com aproximadamente 3 hectares, com diferentes históricos:

- uma área degradada por empréstimo de terra e posteriormente revegetada com leguminosas arbóreas, localizada nas coordenadas: 22°44'59.73"S e 43°40'10.84"O;
- um fragmento florestal da Mata Atlântica em crescimento secundário, caracterizado como capoeira, localizada nas coordenadas 22°45'4.01"S e 43°39'49.17"O.



**Figura 1.** Vista aérea de área revegetada e floresta nativa em crescimento secundário, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

A área revegetada teve sua cobertura vegetal e os horizontes superficiais de um solo Argissolo Vermelho-Amarelo removidos para empréstimo de terra, deixando o subsolo exposto, sendo possível observar o afloramento da rocha matriz e minerais com diferentes graus de intemperização (figuras 2 e 3).

Segundo Franco et al. (1995), neste substrato foi efetuado, o plantio de mudas de leguminosas arbóreas de rápido crescimento que estavam inoculadas com estirpe selecionadas de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares. Nesta ocasião, em cada cova foi adicionado 1 litro de esterco de galinha curtido e 80g de fosfato de rocha.

De acordo com Franco et al. (1995) e Stewart et al. (1992), as espécies de leguminosas utilizadas na revegetação apresentam bom crescimento em solos degradados, assim como, sob as condições de baixa fertilidade natural. A tabela 1 apresenta informações sobre as espécies utilizadas:

**Tabela 1.** Informações sobre as espécies de leguminosas utilizadas na revegetação (Lorenzi, 2003; Lorenzi, 2008).

Espécie	Origem	Usos no Brasil
<i>Acacia auriculiformis</i> (A. Cunn.)	Austrália	Lenha e construção em geral.
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth.)	América Central	Construção civil
<i>Gliricídia sepium</i> (Jacq.)	América Central	Sombreamento de cultivos, moirão vivo e fins paisagísticos.
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (Benth.)	Nordeste do Brasil	Moirão, estaca, poste, lenha e carvão.

Após trinta meses de plantio de leguminosas, observou-se uma completa cobertura da área degradada, confirmando o rápido crescimento das espécies utilizadas em condições desfavoráveis. O estabelecimento desta cobertura vegetal tornou-se um fator favorável na contenção dos processos erosivos, além de, proporcionar a entrada de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes no solo via deposição da serapilheira e renovação do sistema radicular (COSTA, 1998).



**Figura 2.** Área revegetada após ter sofrido empréstimo de terra (Foto: Avílio Franco).



**Figura 3.** Área revegetada após 30 meses do plantio (Foto: Avílio Franco).



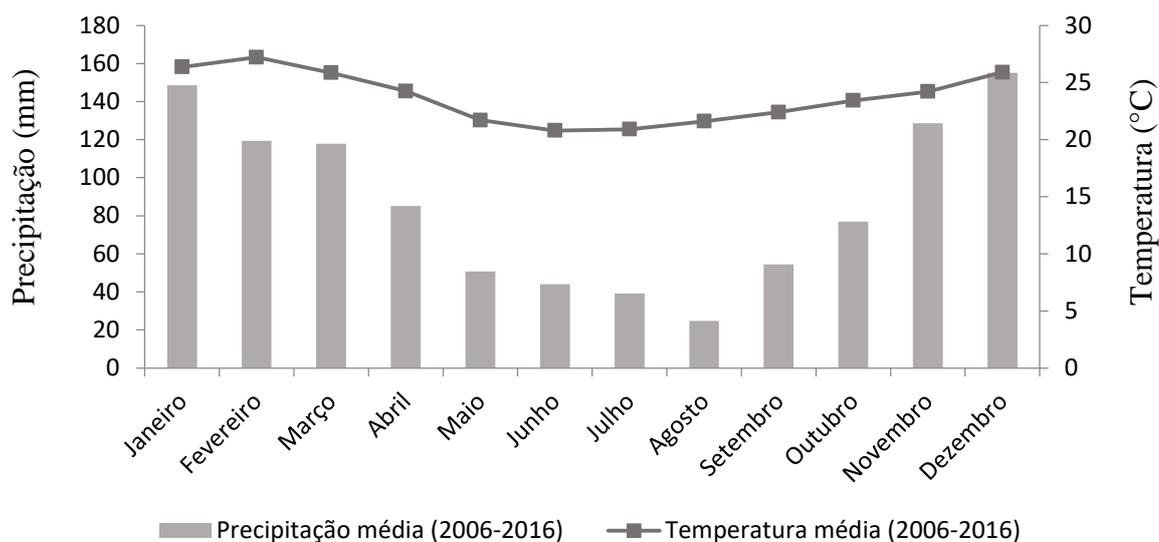
**Figura 4.** Área revegetada em 2018 (Foto: Gabriel Aguiar).

Atualmente, em uma análise visual e preliminar, é possível observar ainda a presença das espécies plantadas, com alguns indivíduos em senescência, além de árvores de *Acacia auriculiformis* mortas. Por outro lado, é notável a presença de novas espécies no ambiente. No fragmento florestal de Mata Atlântica em crescimento secundário, também é notável a presença de espécies arbóreas nativas além de cipós, lianas e algumas palmeiras. Conforme relato de funcionários do campo experimental da Embrapa Agrobiologia, esta área já sofreu danos por queimadas e extração de madeira, porém, não foram observadas a ocorrência destes impactos nos últimos 30 anos, permitindo a evolução da sucessão ecológica no fragmento.

## Clima

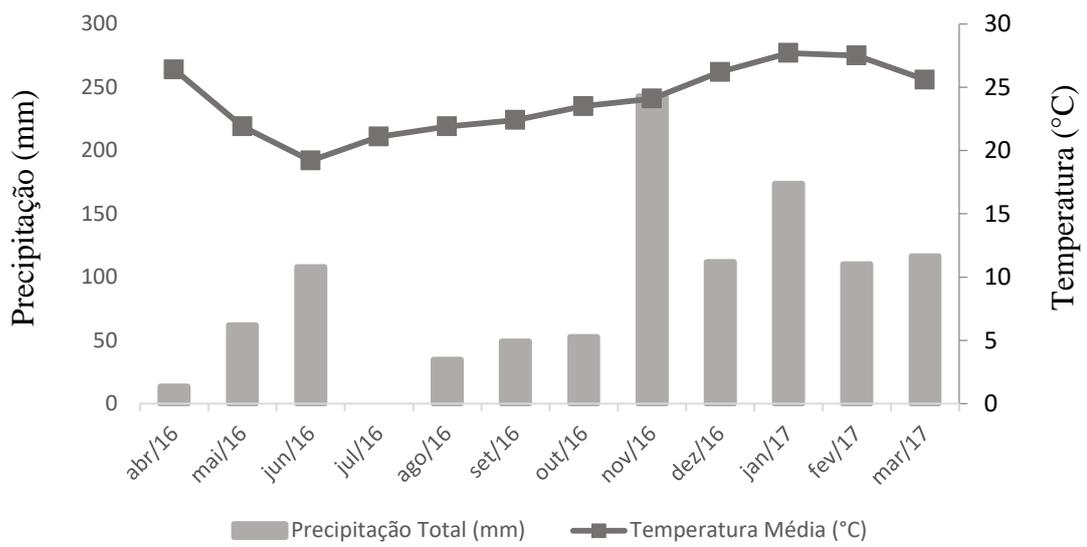
O clima local segundo a classificação de Köppen é do tipo AW e, embora esta designe um clima de savanas, esta vegetação não ocorre na região, na qual predominam matas (RAMOS et al., 1973).

Utilizando uma série de dados registrados por 10 anos na Estação Pesagro Ecologia (22° 46' S; 43° 41' W) distante cerca de 2 km das áreas de estudo, foi possível observar que os meses de novembro a março apresentam as temperaturas mais elevadas e no mesmo período ocorrem as maiores precipitações (figura 5).



**Figura 5.** Temperatura e precipitação média entre 2006 e 2016, segundo dados da estação meteorológica Pesagro-Ecologia, Seropédica/RJ.

Abaixo estão apresentadas as variáveis climáticas precipitação e temperatura registradas durante o período do estudo (abril/2016 à março/2017) na mesma estação meteorológica (figuras 6), onde foi possível observar temperaturas mais altas entre dezembro e abril e maiores precipitações entre novembro e março, corroborando com o padrão evidenciado nos últimos 10 anos, onde há um período mais chuvoso definido.



**Figura 6.** Temperatura média e precipitação entre abril de 2016 e março de 2017, segundo dados da estação meteorológica Pesagro-Ecologia, Seropédica/RJ.

## **CAPÍTULO I**

# **SUCESSÃO VEGETAL EM UMA ÁREA REFLORESTADA COM LEGUMINOSAS ARBÓREAS ESTRUTURANTES APÓS 28 ANOS DO PLANTIO**

**2018**

## RESUMO

A sucessão vegetal em áreas que sofreram empréstimo de terra apresenta dificuldades distintas, visto que a remoção dos horizontes superficiais do solo elimina o banco de sementes, sendo necessária a intervenção humana. A partir disto, o presente trabalho objetivou avaliar a sucessão vegetal em uma área de empréstimo revegetada com leguminosas exóticas após 28 anos do plantio, comparando com um fragmento florestal nativo em fase de crescimento secundário. Para isso foi caracterizada a composição florística do banco de sementes e das espécies arbóreas no estrato regenerante e adulto utilizando como critério de inclusão plântulas a partir de 40 cm de altura e com diâmetro à altura do peito (DAP) menor que 5 cm para as regenerantes, e indivíduos com  $DAP \geq 5$  cm para as adultas. O plantio com leguminosas iniciou o processo de sucessão vegetal na área degradada, porém encontra dificuldades devido à falta de conectividade com uma matriz florestal conservada. As espécies exóticas plantadas não demonstram interferir negativamente na sucessão. A formação de um dossel no ambiente indica que há um microclima favorável ao processo de sucessão vegetal.

**Palavras chaves:** área degradada, banco de sementes, florística.

## ABSTRACT

The vegetation succession in land loaned areas presents different difficulties, since the removal of the superficial horizons of the soil eliminates the seed bank, and human intervention is necessary. From this, the objective of this work was to evaluate the plant succession in a loan area revegetated with exotic legumes after 28 years of planting, comparing with a native forest fragment in the secondary growth stage. For this purpose, the floristic composition of the seed bank and the arboreal species of the regenerative and adult strata were characterized using as inclusion criterion seedlings from 40 cm in height and with diameter at breast height (DAP) of less than 5 cm for regenerants, and individuals with DAP  $\geq 5$  cm for the adult stratum. Planting with legumes began the process of plant succession in the degraded area, but it encounters difficulties due to the lack of connectivity with a conserved forest matrix. The planted exotic species do not demonstrate to negatively interfere in the succession. The formation of a canopy in the environment indicates that there is a microclimate favorable to the process of plant succession.

Key words: degraded area, seed bank, floristics.

## 1. INTRODUÇÃO

Um ecossistema degradado é aquele que, após distúrbios, perdeu os meios de regeneração, sendo necessária a interferência antrópica para a sua recuperação. Assim, o trabalho de recuperação deve buscar que os componentes naturais que atuam na sucessão ecológica de uma floresta voltem a reagir (CARPANEZZI et al., 1990).

Campello et al. (2005), apontam que as fontes de propágulos, os agentes de dispersão, as condições microclimáticas, a conformidade do relevo e o substrato para o estabelecimento dos ingressos vegetativos são componentes naturais que atuam na sucessão e respondem às perturbações do meio. Valcarcel et al. (1998), considera que a reabilitação de áreas deve envolver fatores que propiciem condições para que os processos ambientais sejam similares ao de uma vegetação secundária, englobando os aspectos hidrológicos, fitossociológico, ciclagem de nutrientes, formação de solo, filtragem de radiação solar, umidade, microclima e mesofauna dos compartimentos do ambiente: parte aérea, serapilheira e substrato.

Na Resolução do CONAMA nº 429/2011 que dispõe sobre a metodologia da recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APP's, é estabelecido em seu capítulo III, artigo 5º, parágrafo 4º que, nos casos onde prevaleça a ausência de horizontes férteis do solo, será admitido excepcionalmente, após aprovação do órgão ambiental competente, o plantio consorciado e temporário de espécies exóticas como pioneiras e indutoras da restauração do ecossistema, limitado a um ciclo da espécie utilizada e ao uso de espécies de comprovada eficiência na indução da regeneração natural. Deste modo, ressalta-se a importância do estudo de espécies facilitadoras do processo de recuperação de áreas degradadas.

Conhecer a composição do banco de sementes do solo em uma área revegetada após empréstimo de terra é importante para avaliar a sucessão vegetal. Pois em florestas tropicais este compartimento é principalmente representado por espécies pioneiras ou secundárias, que caracterizam-se por abundante produção de sementes, dormência, grande longevidade natural e eficientes mecanismos de dispersão, ao contrário das climáticas que normalmente apresentam sementes de curta longevidade e ausência de dormência, não formando banco de sementes e sim plântulas (PINÁ-RODRIGUES et al., 1990). Além de indicar o potencial regenerativo da área, o banco de sementes pode evidenciar fragilidades como a presença de plantas daninhas conforme encontrado por Martins et al. (2008) analisando o banco de sementes de uma área em restauração após mineração no município de Brás Pires/MG. De acordo com os autores a presença de espécies daninhas ou ruderais sugere que, diante de um distúrbio natural ou antrópico, como abertura de clareiras, essas espécies podem vir a colonizar a área, competir e inibir o estabelecimento das espécies autóctones.

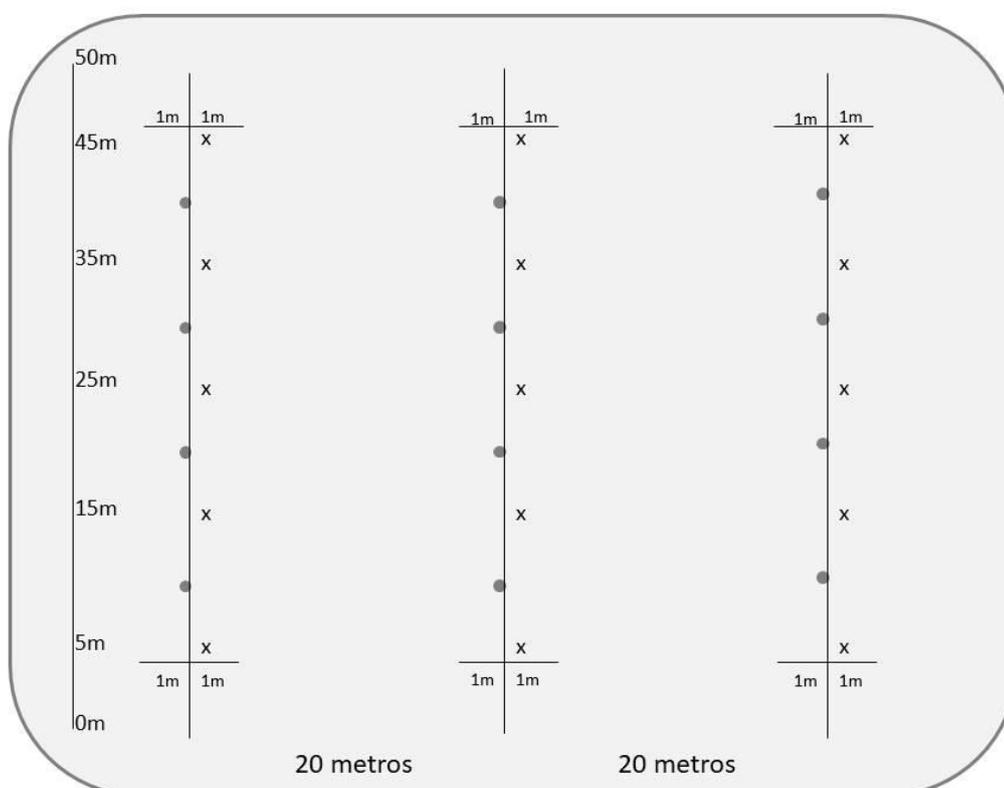
A eficiente avaliação de projetos de recuperação de áreas degradadas passa pelo conhecimento florístico do ambiente que recebeu as intervenções. Para Sylvestre & Rosa (2002), o conhecimento florístico é atualmente reconhecido como uma das necessidades prioritárias para a conservação e uso racional dos ecossistemas e em complemento ao levantamento florístico, a fitossociologia tem importância relevante na avaliação de áreas em recuperação. Sylvestre & Rosa (2002), afirmam que os estudos fitossociológicos fornecem, além da composição florística da vegetação que se deseja estudar, as relações quantitativas entre os táxons e a estrutura horizontal e vertical da comunidade. É útil não só para o diagnóstico atual sobre o estado da vegetação em áreas preservadas, mas também para detectar-se perturbações em áreas submetidas a impactos.

Por estes aspectos, o presente capítulo objetiva avaliar a composição do banco de sementes, a florística e a fitossociologia das espécies arbóreas nos estratos regenerante e adulto da área revegetada em comparação com a floresta nativa em crescimento secundário.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Amostragem

Na área revegetada e na floresta secundária foram demarcados 3 transectos de 50 metros cada dispostos no sentido da declividade dos terrenos, em março de 2017. Em cada transecto foram alocados quatro pontos de coleta equidistantes 10 metros, onde foram retiradas as amostragens do banco de sementes. O primeiro ponto foi alocado a uma distância de 10 metros do início do transecto. Foram também alocadas 5 balizas ao longo do transecto a uma distância de 5 metros de seu início, sendo que no raio de 1 metro de cada baliza foi realizado o levantamento florístico dos indivíduos do estrato regenerante e, no espaço de 1 metro para cada lado das linhas dos transectos, foram demarcadas as parcelas de 2m x 40m para realização do levantamento florístico do estrato adulto, totalizando três parcelas de 80m<sup>2</sup> em cada área estudada. Conforme figura 7.



**Figura 7** – Representação esquemática da área amostral do estudo. x- baliza para levantamento do estrato regenerante, ● - Ponto para as coletas do banco de sementes.

### 2.2. Banco de Sementes

Para a coleta do banco de sementes foi utilizado em cada área um quadrado metálico de 0,25 m x 0,25 m amostrando-se uma camada de 3 centímetros, a partir do horizonte 0 (camada superficial de folhas já decompostas), a cada 10 metros ao longo dos transectos traçados totalizando doze pontos de coleta em cada área (Figura 7). O material foi coletado com uma pá e depositado em sacos plásticos devidamente identificados. As sementes encontradas na amostragem de serapilheira foram adicionadas aos sacos de coleta. Os

materiais coletados foram transferidos para bandejas plásticas de 35cm x 21cm, contendo aproximadamente 50% de seu volume com areia + vermiculita estéril (proporção 2:1), e alocados em casa de vegetação não estéril, com circulação de ar forçada, regado diariamente para que as sementes ali contidas germinassem, e assim, foram acompanhadas mensalmente para a quantificação e identificação das espécies durante 12 meses. A identificação das espécies foi feita com auxílio de especialistas, além de fotos e confecção de excicatas para consulta em bibliografia especializada quando necessário. As excicatas confeccionadas foram depositadas no herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Os dados obtidos foram lançados no Software Mata Nativa versão 4.0 para o cálculo do Índice de Diversidade de Shannon, Equabilidade de Pielou, Similaridade de Jaccard e parâmetros estruturais.

### **2.3. Florística e Fitossociologia**

A fim de incluir os indivíduos da regeneração natural, no raio de 1m de cada baliza todos os indivíduos a partir de 40 cm de altura e diâmetro a altura do peito (DAP) menor que 5 centímetros foram identificados e medida a altura total (AT), sendo estes considerados do estrato regenerante. No espaço de 1 metro para cada lado do transecto, foram medidos a altura total e o diâmetro à altura do peito dos indivíduos com DAP maior ou igual a 5 cm, sendo estes considerados do estrato adulto. Todos os espécimes amostrados receberam etiquetas numeradas e afixadas com fio plástico. Visando conhecer a fonte de propágulos mais próxima para fins de comparação com o reflorestamento estudado, na floresta secundária foram igualmente amostrados todos os indivíduos das parcelas demarcadas na área. A identificação das espécies foi feita com auxílio de especialista em campo, além de fotos e confecção de excicatas para identificação via literatura especializada quando necessário. As excicatas confeccionadas foram depositadas no herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos foi utilizado o software Mata Nativa versão 4. As fórmulas empregadas para as análises são as apresentadas por Mueller-Dombois & Elleberg (1974) para frequência, densidade e dominância, valor de importância (VI) e valor de cobertura (VC). Foram utilizados também os índices de diversidade de Shannon, índice de uniformidade de Pielou e o coeficiente de similaridade de Jacardd.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise do Banco de Sementes

Foram registrados um total 2.626 propágulos sendo 1.305 na área revegetada e 1.321 na floresta secundária, os quais pertencem a 88 espécies. Na área revegetada (AR) germinaram 64 espécies e na floresta secundária (FS) 66. Observou-se ainda que 42 espécies ocorrem em ambos os locais (tabela 2). Nos resultados deste trabalho foram considerados dois grupos de espécies: as lenhosas que contemplam formas de vida arbórea e arbustiva, e as não lenhosas que contemplam subarbustos, herbáceas e gramíneas.

**Tabela 2** – Espécies encontradas no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. L: Lenhosa, NL: Não-lenhosa AR: Área Revegetada, FS: Floresta Secundária, N: Número de Indivíduos.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Forma	N	Local
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i> (Bojer ex Sims)	Amarelinha	NL	13	AR/FS
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.)	couve-cravinho	NL	42	AR/FS
	<i>Mikania sp.</i>	-	NL	4	AR/FS
	<i>Erechtites sp.</i>	-	NL	4	AR
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.)	serralha-mirim	NL	2	AR
	<i>Emília sp.</i>	-	NL	1	AR
Begoniaceae	<i>Begonia fischeri</i> (Schrank)	begonia	NL	4	AR
	<i>Begonia sp.</i>	begonia	NL	2	AR
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.)	trema	L	20	AR/FS
Commelinaceae	<i>Commelina sp.</i>	commelina	NL	65	AR/FS
	<i>Commelina olbiqua</i> Vahl	capoeraba	NL	8	AR/FS
Cyperaceae	<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.)	junquinho, tiririca	NL	52	AR/FS
	<i>Cyperus strigosus</i> (L.)	tiririca	NL	1	FS
	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	Cyperus	NL	13	AR/FS
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus orbiculatus</i> (Rich.)	quebra-pedra	NL	129	AR/FS
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	quebra-pedra	NL	222	AR/FS
Fabaceae	<i>Acacia auriculiformis</i> (A.Cunn.)	Acácia	L	37	AR/FS
	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth)	Albizia	L	10	AR
	<i>Indopera hirsuta</i> (L.)	mata-pasto-preto	NL	2	AR
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.)	farinha-seca	L	2	FS
Lamiaceae	<i>Lamiaceae 1</i>	lamiaceae 1	NL	13	AR/FS
	<i>Lamiaceae 2</i>	lamiaceae 2	NL	4	AR
Malvaceae	<i>Sida sp.</i>	Guanxuma	NL	3	AR
	<i>Sida sp.</i>	Guanxuma	NL	18	AR/FS
	<i>Sidastrum micranthum</i> (A.St.Hil.)	Sidastrum	NL	10	AR/FS
	<i>Malvaceae 1</i>	malvaceae 1	NL	1	AR
	<i>Malvaceae 2</i>	malvaceae 2	NL	3	AR/FS
	<i>Malvaceae 3</i>	malvaceae3	NL	4	AR/FS
Melastomataceae	<i>Leandra sp.</i>	Pixirica	NL	114	AR/FS
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> (L.)	Molugo	NL	8	AR
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>	azedinha-roxa	NL	31	AR/FS

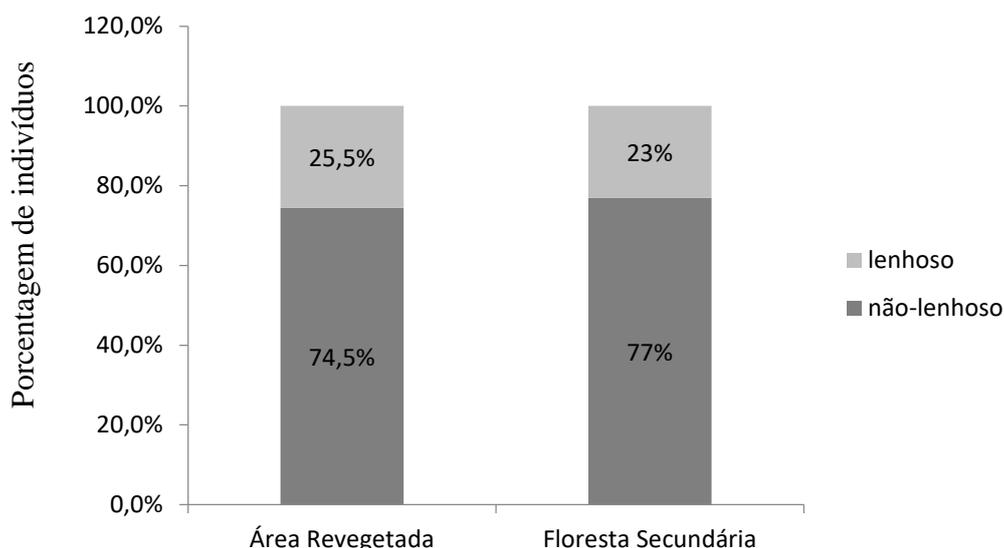
Continuação...

Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i> (L.)	vassoura-de-botão	NL	35	FS
Poaceae	<i>Echinochloa sp.</i>	capim-arroz	NL	4	AR
	<i>Poaceae 1</i>	poaceae1	NL	2	AR
	<i>Panicum maximum</i> (Hochst.)	capim-colonião	NL	3	AR
	<i>Digitaria horizontalis</i> (Willd.)	capim-colchão	NL	3	FS
	<i>Eleusine indica</i> (L.)	pé-de-galinha	NL	20	FS
	<i>Digitaria sp.</i>	pé-de-galinha	NL	225	AR/FS
	<i>Digitaria sp.</i>	pé-de-galinha	NL	18	FS
	<i>Echinochloa sp.</i>	echinochloa	NL	3	AR/FS
	<i>Poaceae 2</i>	poaceae 2	NL	37	AR/FS
	<i>Poaceae 3</i>	poaceae 3	NL	94	AR/FS
	<i>Andropogon sp.</i>	rabo-de-burro	NL	2	AR/FS
	<i>Poaceae 4</i>	poaceae 4	NL	162	AR/FS
Primulaceae	<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.)	Capororoca	L	1	FS
Rubiaceae	<i>Borreria sp.</i>	Borreria	NL	56	AR/FS
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> (Jacq.)	Casearia	L	121	FS
Solanaceae	<i>Solanum aculeatissimum</i> (Jacq.)	arrebenta-cavalo	NL	21	AR/FS
	<i>Solanum americanum</i> (Mill.)	maria-pretinha	NL	21	AR/FS
	<i>Solanum argenteum</i> (Dunal.)	folha-prata	L	30	AR/FS
	<i>Solanum granulosoleprosum</i> (D.)	capoeira-branca	L	114	AR/FS
	<i>Solanum sp.</i>	Solanum	NL	44	AR
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	L	299	AR/FS
Verbenaceae	<i>Lantana sp.</i>	lantana	NL	105	AR/FS
	<i>Verbenaceae 1</i>	verbenaceae 1	NL	11	AR/FS
Vitaceae	<i>Cissus sp.</i>	cissus	NL	1	FS
Não Identificados	<i>Indeterminada 1</i>	indeterminada 1	NL	2	AR
	<i>Indeterminada 2</i>	indeterminada 2	NL	20	AR/FS
	<i>Indeterminada 3</i>	indeterminada 3	NL	7	FS
	<i>Indeterminada 4</i>	indeterminada 4	NL	12	FS
	<i>Indeterminada 5</i>	indeterminada 5	NL	2	AR
	<i>Indeterminada 6</i>	indeterminada 6	NL	7	AR/FS
	<i>Indeterminada 7</i>	indeterminada 7	NL	6	AR/FS
	<i>Indeterminada 9</i>	indeterminada 9	NL	6	FS
	<i>Indeterminada 10</i>	indeterminada 10	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 11</i>	indeterminada 11	NL	55	AR/FS
	<i>Indeterminada 12</i>	indeterminada 12	NL	3	FS
	<i>Indeterminada 13</i>	indeterminada 13	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 14</i>	indeterminada 14	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 15</i>	indeterminada 15	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 16</i>	indeterminada 16	NL	10	AR/FS
	<i>Indeterminada 17</i>	indeterminada 17	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 18</i>	indeterminada 18	NL	1	FS
	<i>Indeterminada 19</i>	indeterminada 19	NL	1	AR
	<i>Indeterminada 20</i>	indeterminada 20	NL	1	FS

Continuação...

<i>Indeterminada 22</i>	indeterminada 22	NL	18	AR/FS
<i>Indeterminada 23</i>	indeterminada 23	NL	2	AR
<i>Indeterminada 24</i>	indeterminada 24	NL	105	AR/FS
<i>Indeterminada 25</i>	indeterminada 25	NL	1	FS
<i>Indeterminada 26</i>	indeterminada 26	NL	1	FS
<i>Indeterminada 27</i>	indeterminada 27	NL	2	FS
<i>Indeterminada 28</i>	indeterminada 28	NL	1	AR
<i>Indeterminada 29</i>	indeterminada 29	NL	1	AR
<i>Indeterminada 30</i>	indeterminada 30	NL	3	AR/FS

Referindo-se à AR, foram registradas 7 espécies lenhosas e 57 não lenhosas. Do total de propágulos germinados nesta área estima-se a proporção de que 25,5% são lenhosas e 74,5% não lenhosas. Na FS registrou-se 9 espécies lenhosas e 57 não lenhosas com uma proporção total de 23% lenhosos e 77% não lenhosos (figura 8).



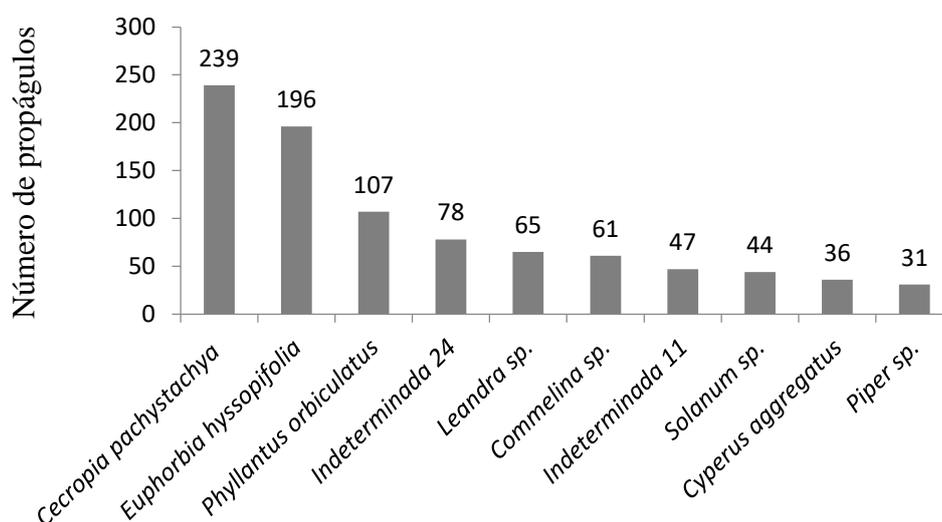
**Figura 8** – Porcentagem de espécies lenhosas e não-lenhosas encontradas no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

A predominância de indivíduos não lenhosos também foi encontrada por Correia & Martins (2015) ao analisar o banco de sementes de uma floresta restaurada na Reserva Natural da Vale, em Linhares/ES, onde encontrou 82,17% de indivíduos não lenhosos e por Guimarães et al. (2014) estudando o banco de sementes de áreas em restauração no município de Aimorés/MG. HopKins et al. (1990) já afirmava que é comum a dominância de espécies herbáceas no banco de sementes de comunidades fragmentadas. A eficiência na dispersão destas espécies, notada durante as avaliações do banco de sementes, pode contribuir para este padrão. Porém, resultados divergentes ao referido padrão foram encontrados por Neto et al. (2014) em estudo realizado em uma floresta restaurada com idade de 40 anos no campus da Universidade Federal de Viçosa, onde encontrou uma proporção de 38,5% de espécies não lenhosas e 61,5% de lenhosas e por Baider et al. (1999) que estudou um trecho da Floresta Atlântica Montana no estado de São Paulo e encontrou valores mais próximos a

50% para o número de indivíduos de cada forma de vida. No entanto vale ressaltar que os trabalhos de Neto (2014) e Baider (1999) foram realizados em áreas de estudo com o entorno composto por fragmentos florestais sendo estes suas possíveis fontes de propágulos, o que pode estar relacionado com a dominância ou não de espécies não lenhosas no banco de sementes. Pois segundo Baider (2001), com o amadurecimento da floresta há uma redução na densidade de sementes herbáceas e um aumento nas densidades de sementes arbustivas e arbóreas.

Tanto quanto o número de indivíduos, os locais de estudo apresentaram valores bem próximos para densidade total, sendo 1.740 propágulos/m<sup>2</sup> na área revegetada e 1.761 propágulos/m<sup>2</sup> na floresta secundária. Trabalhos com banco de sementes registram valores muito variados para densidades de propágulos (GUIIMARÃES et al., 2014; SOUZA et al., 2017; SCHORN et al., 2013; FRANCO et al., 2012). A partir disso, é possível supor que o histórico de uso do solo na área em estudo, o seu entorno e a metodologia do trabalho são fatores determinantes para esta variável.

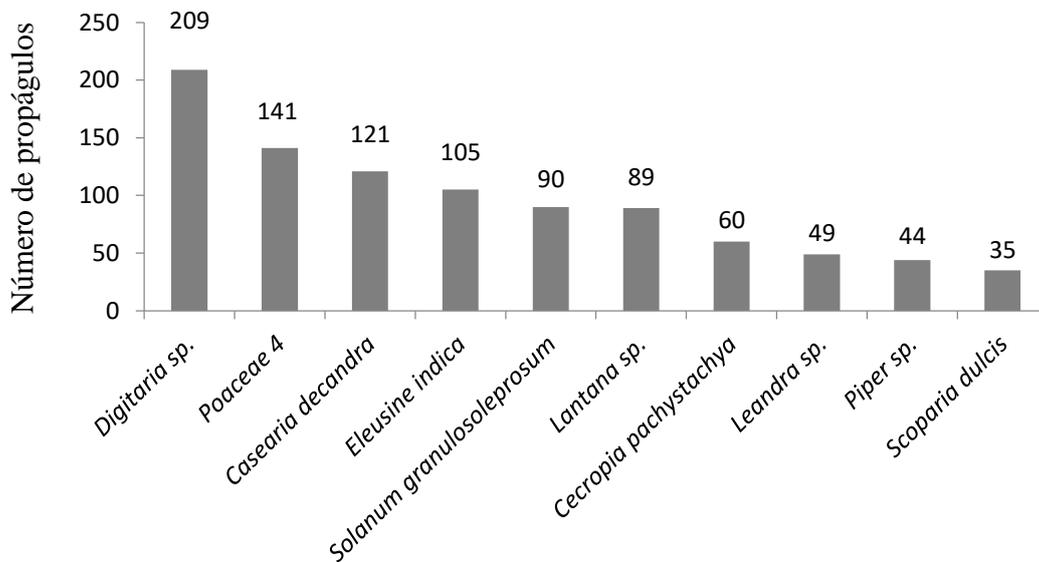
Conforme a figura 9, *Cecropia pachystachya* (Trécul) foi a espécie com maior número de propágulos na AR com 239 sementes germinadas sendo a espécie que apresentou a maior ocorrência do banco de sementes da área em questão e a única com 100% de frequência absoluta. Outros trabalhos também encontraram elevada quantidade do gênero *Cecropia* dentre as espécies arbóreas, (CORREIA & MARTINS, 2015; SOUZA et al., 2006; NETO et al., 2014; SOUZA et al., 2017). Por se tratar de uma espécie pioneira (LORENZI, 2002), a predominância de *Cecropia pachystachya* no banco de sementes é vista como um resultado positivo, uma vez que, a presença de espécies de estágios iniciais de sucessão são importantes para auxiliar na cicatrização da floresta após um distúrbio, como o surgimento de uma clareira (MAGNAGO, et al. 2012). Dentre as espécies não lenhosas, *Euphorbia hyssopifolia* (L.) foi a espécie com maior número de indivíduos com 196 germinações e uma frequência absoluta de 91,7%, pois só não esteve presente em um ponto de coleta.



**Figura 9** – Número de indivíduos das dez espécies com maior ocorrência no banco de sementes da área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia – Seropédica/RJ.

Referindo-se a floresta secundária, a espécie lenhosa com maior número de propágulos foi *Casearia decandra* (Jacq.) com 121 germinações e uma frequência absoluta de 91,67%.

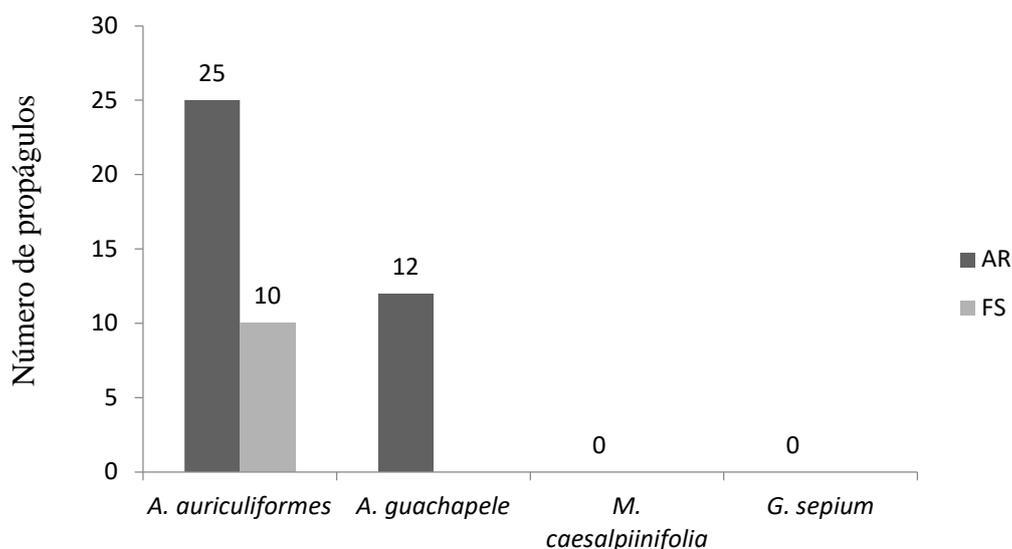
Esta espécie é considerada de estágio secundário na sucessão vegetal e possui registro em todo Brasil e também na América Central (LORENZI, 2002). Dentre as espécies não lenhosas, *Digitaria sp.* apresentou o maior número de indivíduos com 209 sementes germinadas e uma frequência absoluta de 83,33%. Nesta área *Cecropia pachystachya*, com 60 indivíduos, também foi a única que apresentou 100% de frequência absoluta, ou seja, foi encontrada em todos os pontos de coleta. A figura 10 mostra as espécies que mais ocorreram nesta área.



**Figura 10** - Número de indivíduos das dez espécies com maior ocorrência no banco de sementes da floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia – Seropédica/RJ.

Na área revegetada os seis pontos de coletas localizados na parte mais inferior do transecto apresentam 637 propágulos e nos pontos localizados mais acima registraram-se 668. Na floresta secundária os resultados foram 694 nos seis pontos inferiores e 627 nos pontos superiores. Estes valores próximos indicam que a declividade dos locais não interfere na disposição dos propágulos no banco de sementes.

Em relação às espécies plantadas no local apenas duas foram encontradas no banco de sementes da área revegetada (*Acacia auriculiformis* e *Albizia guachapele*). *Acacia auriculiformis* presente também na floresta secundária, conforme mostra a figura 11.



**Figura 11** – Número de indivíduos das espécies plantadas presentes no banco de sementes da área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Foram encontrados valores próximos para o Índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e iguais para Equabilidade de Pielou ( $J$ ) entre as duas áreas. A área revegetada apresentou  $H'= 3,14$  e  $J= 0,75$  enquanto a floresta secundária apresentou  $H'= 3,13$  e  $J= 0,75$ . Schorn et al. (2013) estudou o banco de sementes em ambientes com diferentes graus de perturbação resultantes do cultivo de *Pinus* e encontrou valores próximos a este trabalho no ambiente mais conservado, assim como, Guimarães et al. (2014) ao avaliar áreas submetidas a diferentes ações de restauração. Quanto a similaridade de Jaccard foi encontrado o valor de 0,48, ou seja quase metade das espécies registradas estão presentes em ambas as áreas.

Os resultados semelhantes entre a área revegetada e a floresta secundária utilizada como controle, para as variáveis estudadas, permitem inferir que a composição florística do banco de sementes da área que recebeu plantio é reflexo de seu entorno, o qual a presença de áreas de pastagem e agrícola é predominante (tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo das variáveis estudadas no banco de sementes de área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Variáveis	Área Revegetada	Floresta Secundária
Número Indivíduos	1305	1321
Número Espécies	64	66
Indivíduos Lenhosos (%)	25,5	23
Indivíduos Não Lenhosos (%)	74,5	77
Densidade Total (m <sup>2</sup> )	1.740	1.761
Diversidade de Shannon	3,14	3,13
Equabilidade de Pielou	0,75	0,75
Similaridade de Jaccard	0,48	

### 3.2 - Levantamento Florístico

Foram amostrados um total de 167 indivíduos de 29 espécies nas duas áreas estudadas.

Na AR foram encontrados 93 indivíduos pertencentes a 12 espécies. De todos os indivíduos amostrados na referida área, 58,06% pertenciam ao estrato regenerante e 41,94% ao estrato adulto e, referindo-se ao número de espécies, foram amostradas 6 entre os regenerantes e 11 entre os adultos. Este trabalho apresentou valores inferiores para o estrato regenerante em comparação com outros estudos, por exemplo, Laste (2011) monitorou uma encosta reflorestada também com leguminosas após 17 anos do plantio no município de Angra dos Reis/RJ e registrou uma proporção de 82,27% indivíduos pertencentes às regenerantes e por Pinto et al. (2005) que estudou nascentes degradadas em Lavras/MG e encontrou 73,20% dos indivíduos com porte regenerante.

Quanto ao número de espécies, o estrato regenerante deste trabalho também registrou um valor baixo quando comparado com outros estudos em áreas perturbadas da Mata Atlântica, como o de Paiva et al. (2015) que estudou exclusivamente o referido estrato em uma mancha florestal em ambiente urbano no município de Juiz de Fora/MG encontrando 40 espécies arbóreas, e Souto et al. (2011) que em estudo com a regeneração em diferentes estádios sucessionais da Floresta Atlântica no leste do Paraná encontrou 26 espécies. Estes resultados são vistos de forma negativa devido à importância do estrato regenerante para o ambiente florestal, pois a distribuição e abundância das plântulas implicam nas disposições dos futuros indivíduos adultos e na dinâmica da comunidade vegetal como um todo, sendo o recrutamento e desenvolvimento de plântulas eventos reguladores do crescimento e manutenção das populações vegetais, (HARPER, 1977; MELO et al. 2004).

Quanto ao estrato adulto, o número de espécies encontrado na área estudada também foi baixo em comparação a outros estudos na Mata Atlântica que utilizaram o mesmo critério de inclusão (CARVALHO et al., 2007; KURTZ et al., 2000; CHADA, et al. 2004; GUEDES & KRUPK, 2016). No geral, incluindo os dois estratos, a área revegetada apresentou um número de espécies inferior ao que foi amostrado em uma encosta reflorestada também com leguminosas arbóreas no município de Angra dos Reis/RJ, em que 54 espécies estavam presentes após 17 anos do plantio (RESENDE & LELES, 2017). Valores também baixos foram encontrados na floresta secundária utilizada como referência onde 42,5% dos indivíduos amostrados pertencem ao estrato regenerante e 57,5% ao adulto. Foram registradas 23 espécies sendo que 16 pertencem à regeneração e 13 às adultas. Estes números demonstram a baixa riqueza do entorno da área revegetada.

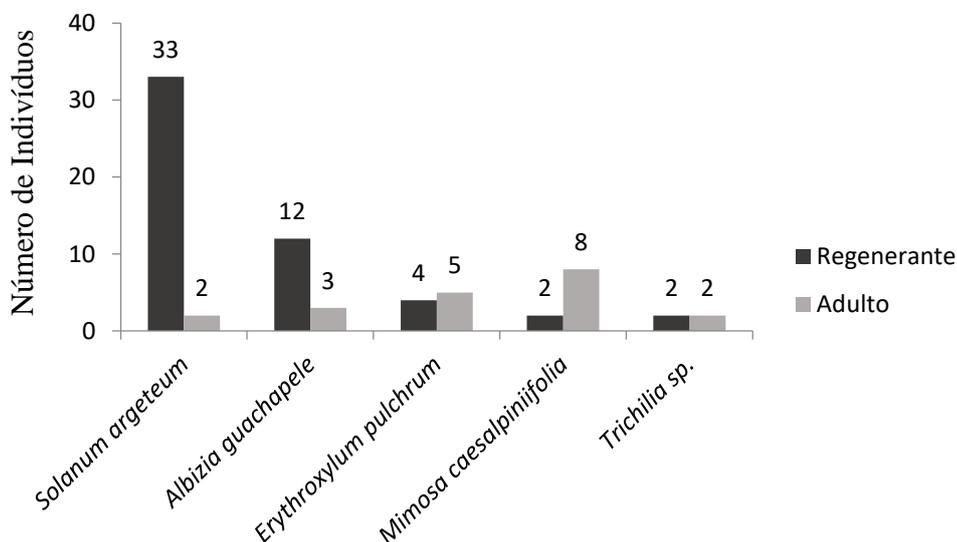
Referindo-se à forma de dispersão observa-se que na vegetação em estudo este evento ocorre de forma zoocórica em metade das espécies. A presença desta síndrome de dispersão é importante para o enriquecimento da floresta, pois aves e mamíferos tem especial relevância na dispersão de angiospermas devido a atual abundância destes animais (TIFFNEY, 2004), o que pode propiciar a chegada de novas espécies no ambiente. A tabela 4 apresenta informações das espécies registradas na área.

**Tabela 4.** Espécies e síndrome de dispersão registradas em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica/RJ.

Família/Espécie	Síndrome de dispersão	Estrato Adulto		Estrato Regenerante	
		AR	FS	AR	FS
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Astronium sp.</i>	anemocórica				x
<b>Bignoniaceae</b>					
<i>Cybistax antisiphilitica (Mart.)</i>	anemocórica		x		
<b>Boraginaceae</b>					
<i>Cordia trichotoma (Vell.)</i>	anemocórica				x
<b>Erythroxylaceae</b>					
<i>Erythroxylum pulchrum (A.St.-Hil)</i>	zoocórica	x	x	X	x
<b>Fabaceae</b>					
<i>Acacia auriculiformis (A. Cunn.)</i>	autocórica	x			
<i>Albizia guachapele</i>	autocórica	x		X	
<i>Albizia polycephala (Benth.)</i>	autocórica		x		
<i>Bahunia forficata (Link)</i>	autocórica		x		x
<i>Peltophorum dubium (Spreng.)</i>	anemocórica	x	x		
<i>Gliricidia sepium (Jacq.)</i>	autocórica	x			
<i>Macherium hirtum (Vell.)</i>	autocórica	x			
<i>Dalbergia sp.</i>	autocórica		x		x
<i>Mimosa caesalpinifolia (Benth)</i>	autocórica	x		X	
<i>Swartzia apetala (Raddi)</i>	zoocórica				x
<i>Senegalia sp.</i>	nc				x
<i>Dalbergia frutescens (Vell.)</i>	autocórica		x		
<i>Machaerium acutifolium (Vogel)</i>	autocórica				x
<b>Meliaceae</b>					
<i>Trichilia sp.</i>	zoocórica	x	x	X	x
<b>Myrtaceae</b>					
<i>Campomanesia guaviroba (DC.)</i>	zoocórica	x			
<i>Eugenia florida (DC.)</i>	zoocórica	x			x
<b>Nyctaginaceae</b>					
<i>Neea verticillata (Ruiz &amp; Pav.)</i>	nc				x
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Couertia hexandra (Jacq.)</i>	anemocórica		x		x
<i>Psychotria carthagenesis (Jacq.)</i>	zoocórica				x
<i>Randia sp.</i>	nc				x
<b>Solanaceae</b>					
<i>Solanum argeteum (Dunal)</i>	zoocórica	x		X	x
<b>Sapindaceae</b>					
<i>Cupania oblongifolia (Mart.)</i>	zoocórica		x	X	
<b>Salicaceae</b>					
<i>Casearia decandra (Jacq.)</i>	zoocórica		x		x
<b>Não Identificadas</b>					
Indeterminada 1	nc		x		
Indeterminada 2	nc		x		

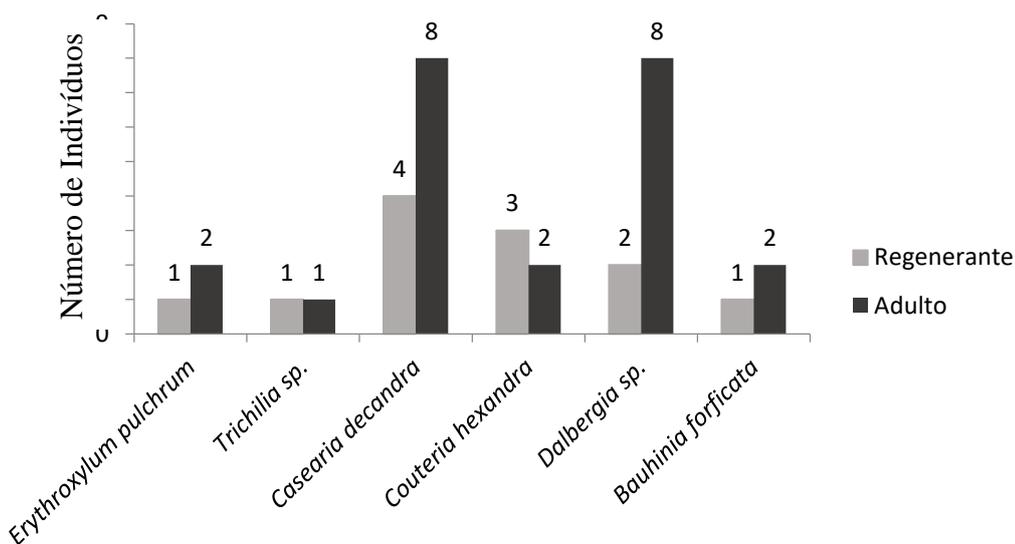
AR- área revegetada, FS- floresta secundária, nc- não classificado

Na área revegetada as espécies *Acacia auriculiformis* (A. Cunn.), *Peltophorum dubium* (Spreng.), *Gliricídia sepium* (Jacq.), *Machaerium hirtum* (Vell.), *Eugenia florida* (DC.) e *Campomanesia guaviroba* (DC.) ocorreram exclusivamente entre as adultas, enquanto *Cupania oblongifolia* (Mart.) ocorreu apenas na regeneração. As demais espécies estão presentes nos dois estratos (figura 12).



**Figura 12** – Número de indivíduos das espécies encontradas nos dois estratos em área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Na floresta secundária, foram registradas 7 espécies exclusivamente no estrato adulto e 9 apenas no regenerante. Observou-se ainda que, 6 espécies foram encontradas em ambas os estratos (figura 13). Não foi possível classificar a síndrome de dispersão de todas as espécies desta área, porém observou-se que ao menos 33% ocorrem de forma zoocórica.



**Figura 13** – Número de indivíduos das espécies encontradas nos dois estratos em floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Dentre as espécies encontradas no levantamento florístico, apenas uma foi registrada no banco de sementes da área revegetada e três na floresta secundária (tabelas 5 e 6).

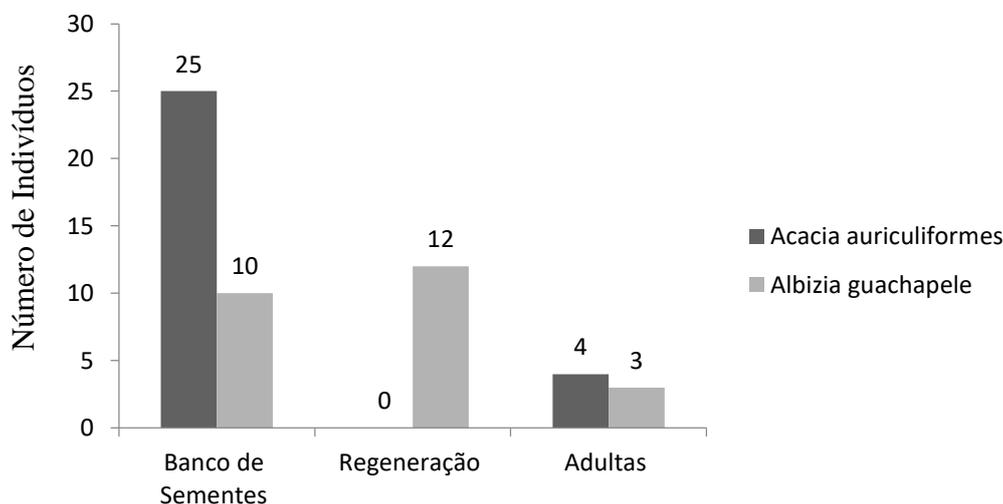
**Tabela 5.** Número de indivíduos de *Solanum argeteum* no banco de sementes e levantamento florístico de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Nome Científico	Banco de Sementes	Regenerante	Adulto
<i>Solanum argeteum</i>	22	33	2

**Tabela 6.** Número de indivíduos das espécies presentes no banco de sementes e levantamento florístico de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Nome Científico	Banco de Sementes	Regenerante	Adulto
<i>Solanum argeteum</i>	8	2	-
<i>Peltophorum dubium</i>	2	-	1
<i>Casearia decandra</i>	121	4	8

Em relação às espécies plantadas e que constam no banco de sementes da área revegetada, foram registradas no levantamento florístico *Acacia auriculiformis* e *Albizia guachapele* (figura 14). Não foram encontradas nos estratos da floresta secundária as espécies plantadas na área revegetada, muito embora *Acacia auriculiformis* esteja presente no banco de sementes, demonstrando que estas espécies exóticas ao bioma não se caracterizam pela propagação em fragmentos florestais nativos.

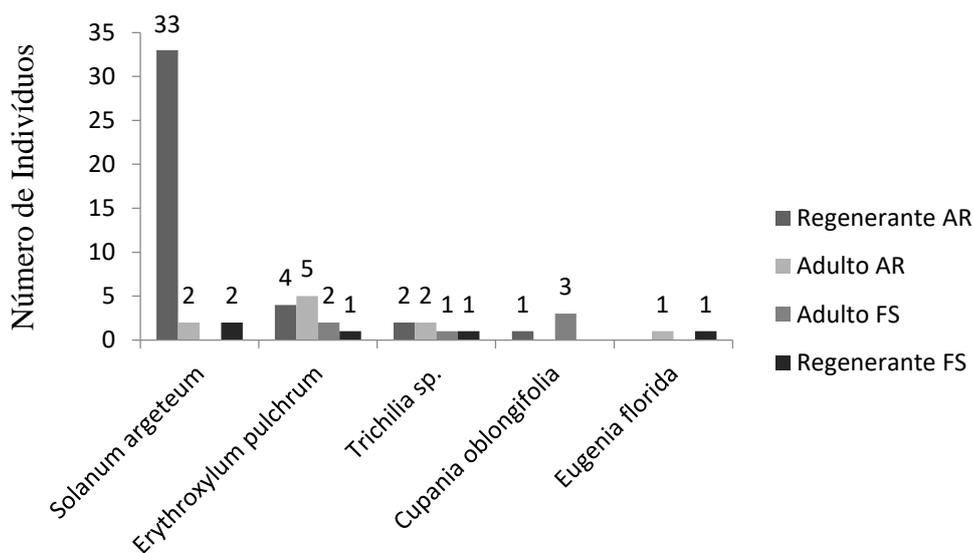


**Figura 14.** Número de indivíduos das espécies plantadas encontrados no banco de sementes e levantamento florístico de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia.

A área revegetada apresentou um índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) de 1,43 e equabilidade de Pielou ( $J$ ) de 0,58. A diversidade desta área é baixa quando comparada com a floresta secundária onde  $H= 2,86$  e  $J= 0,90$ , e com outros estudos na Mata Atlântica que incluíram o estrato adulto e regenerante na amostragem (CHADA et al., 2004; PEIXOTO et

al., 2004). A equabilidade, também baixa em comparação com os referidos trabalhos indica a presença de espécies dominantes, que por sua vez, contribuem para a baixa diversidade.

Quanto a similaridade florística entre a área revegetada e a floresta secundária, o coeficiente de Jaccard apresentou valor de 0,16 e, ao analisar a similaridade entre o estrato adulto da floresta secundária com o estrato regenerante da área revegetada, o mesmo coeficiente foi calculado em 0,19. Considerando que o coeficiente de Jaccard trabalha com um intervalo de 0–1, onde 1 seria o máximo de similaridade entre as comunidades, os resultados deste estudo mostram uma baixa similaridade florística entre as áreas estudadas e permitem inferir que há pouca relação entre o estrato adulto da floresta secundária e a regeneração da área revegetada. Embora as duas áreas sejam próximas e sofram as mesmas pressões do entorno, observa-se com esses resultados que a composição florística é explicada por outros fatores como fontes de propágulos mais afastadas. Chada et al. (2004), ao comparar uma área reflorestada com um fragmento nativo observou que o reflorestamento recebia propágulos também de fragmentos mais afastados. Vale ressaltar que em frente a área revegetada além da presença de uma lagoa o solo acumula água proveniente de escoamento superficial ficando alagado em alguns períodos, fato que recruta o estabelecimento de espécies na adjacência da floresta revegetada, provocando isolamento, e podendo ser também um fator que influencia a florística do ambiente. A figura 15 apresenta as espécies comuns entre as ambas áreas.



**Figura 15** – Número de indivíduos e estrato das espécies comuns entre a área revegetada e floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

As espécies comuns apresentadas possuem dispersão zoocórica, destacando o relevante papel da fauna na conectividade de fragmentos florestais isolados.

Em resumo, observa-se através das variáveis estudadas que a composição florística da área revegetada é baixa quanto à riqueza, diversidade e equabilidade em comparação com o fragmento florestal mais próximo (Tabela 7).

**Tabela 7.** Resumo das variáveis estudadas no levantamento florístico de área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica/RJ.

Variáveis	Área Revegetada	Floresta Secundária
Número Indivíduos	93	74
Indivíduos estrato regenerante (%)	58,04	42,5
Indivíduos estrato adulto (%)	41,96	57,5
Número Espécies	12	23
Espécies estrato regenerante	6	16
Espécies estrato adulto	11	13
Diversidade de Shannon	1,43	2,93
Equabilidade de Pielou	0,58	0,91

### 3.3 - Análise Fitossociológica da Vegetação

#### 3.3.1 – Estrato regenerante

O estrato regenerante da AR apresentou uma densidade total de 11.465 indivíduos por hectare. Valor superior ao encontrado na floresta secundária onde foi calculado 6.582 ind/ha, e por Chada et al. (2004), que encontrou 8.737,5 ind/ha ao estudar a regeneração utilizando o mesmo critério de inclusão deste trabalho. A alta densidade encontrada na área revegetada deve-se principalmente à espécie *Solanum argenteum* (Dunal.) que apresentou a maior ocorrência, com 33 indivíduos, uma alta densidade relativa sendo responsável por 61,11% do total de indivíduos amostrados e uma frequência relativa calculada em 27,27%. Esta espécie foi amostrada em todas as parcelas, ou seja, frequência absoluta = 100% e apresentou uma densidade absoluta de 8.758 indivíduos por hectare. Mesmo com muitos representantes de porte regenerante era notável, durante as coletas deste estudo, a presença de frutos com dezenas de sementes possivelmente viáveis, justificando a abundância desta espécie. O estrato regenerante apresentou uma altura média total de 1,75 metros, valor inferior a 1,86 m encontrado na floresta secundária. Dentre as espécies plantadas na área estão presentes no estrato regenerante *Albizia guachapele* com a segunda maior ocorrência (12 indivíduos) e *Mimosa caesalpiniiifolia* que apresentou 2 indivíduos. A tabela 8 apresenta os resultados dos parâmetros estruturais analisados para cada espécie.

**Tabela 8.** Parâmetros estruturais analisados para as espécies registradas no estrato regenerante de área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ. N- Número de Indivíduos, DA- Densidade Absoluta, DR- Densidade Relativa, FA- Frequência Absoluta, FR- Frequência Relativa, AT- Altura Total.

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	Média AT
<i>Solanum argeteum</i>	33	7006,3	61,1	100	27,2	1,27
<i>Albizia guachapele</i>	12	2547,8	22,2	33,3	9,0	1,69
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	4	849,3	7,4	100	27,2	3,43
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	2	424,6	3,7	66,6	18,1	3
<i>Trichilia sp.</i>	2	424,6	3,7	33,3	9,0	0,63
<i>Cupania oblongifolia</i>	1	212,3	1,8	33,3	9,0	0,46
Total	54	11464,9	100	366,67	100	1,75

Na floresta secundária a espécie com maior ocorrência foi *Psycotria cartagenesis* apresentando 5 indivíduos, com uma densidade relativa que representa 16,1% do total de indivíduos amostrados e uma frequência relativa de 12,5%. Esta espécie foi amostrada em todas as parcelas, resultando em uma frequência absoluta de 100%, e apresentou uma densidade absoluta de 1.062 indivíduos por hectare. A tabela 9 apresenta os resultados dos parâmetros estruturais analisados para cada espécie.

**Tabela 9.** Parâmetros estruturais analisados para as espécies registradas no estrato regenerante de floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ. N- Número de Indivíduos, DA- Densidade Absoluta, DR- Densidade Relativa, FA- Frequência Absoluta, FR- Frequência Relativa, AT- Altura Total.

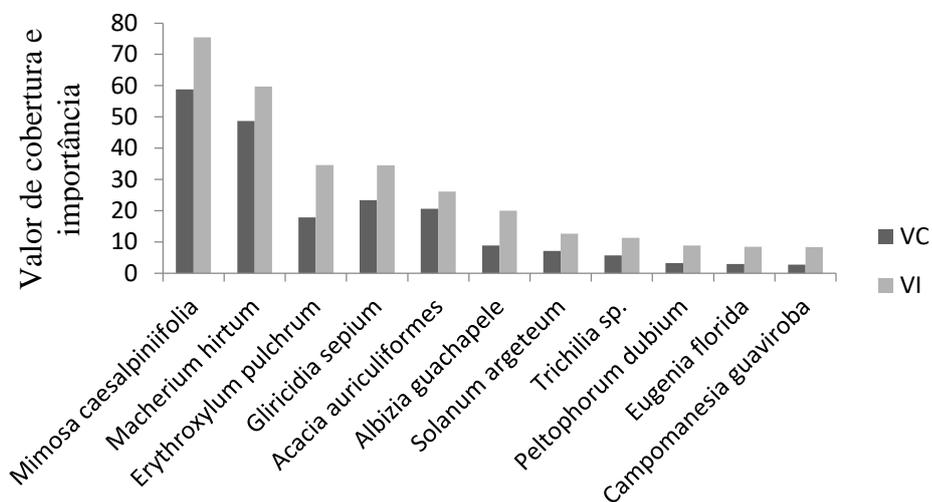
Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	Média AT
<i>Psycotria cartagenesis</i>	5	1061,6	16,1	100	12,5	1,62
<i>Astronium sp.</i>	3	636,9	9,7	100	12,5	0,71
<i>Casearia decandra</i>	4	849,3	12,9	66,7	8,3	0,7
<i>Couteria hexandra</i>	3	636,9	9,7	66,7	8,3	2,15
<i>Solanum argeteum</i>	2	424,6	6,4	66,7	8,3	1,04
<i>Randia sp.</i>	3	636,9	9,7	33,3	4,1	5,67
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	0,56
<i>Swartzia apetala</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	2,3
<i>Machaerium acutifolium</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	3,6
<i>Trichilia sp</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	1,9
<i>Eugenia florida</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	0,56
<i>Neea verticillata</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	1,13
<i>Cordia trictiotoma</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	4
<i>Senegalia sp.</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	0,96
<i>Dalbergia sp.</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	1,33
<i>Bauhinia forficata</i>	1	212,3	3,2	33,3	4,1	0,73
*** Total	31	6581,7	100	866,67	100	1,86

Quanto ao Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Equabilidade de Pielou ( $J$ ), considerando apenas o estrato regenerante, foi calculado  $H'= 1,15$  e  $J= 0,64$  na área revegetada. A baixa Equabilidade ratifica a sugestão de que há dominância de espécie na área em estudo, neste caso *Solanum argenteum*, e isto implica em uma baixa diversidade. Na floresta secundária estes índices foram  $H'= 2,76$  e  $J= 0,93$ . Valores superiores ao encontrado na área revegetada também foram registrados por Chada et al. (2004), Pinto et al. (2005) e Ferreira et al. (2010).

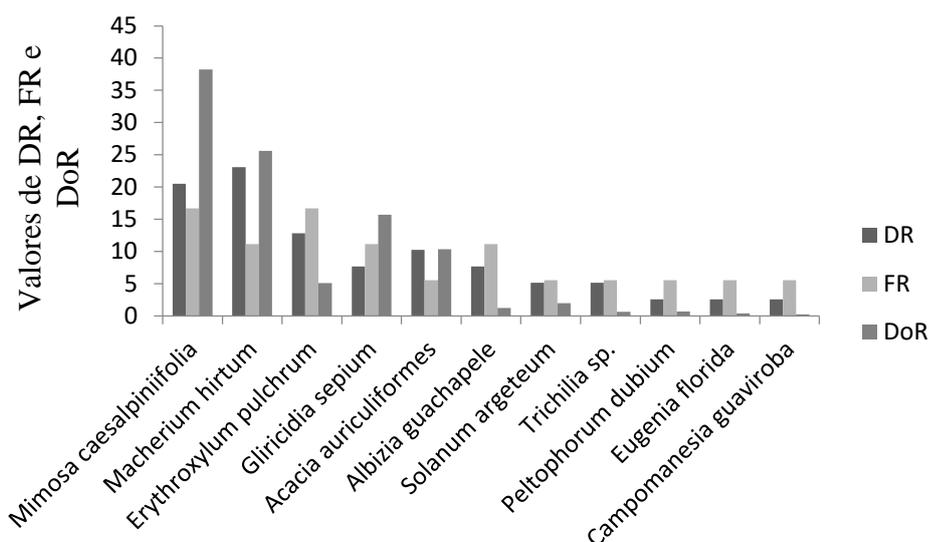
### 3.3.2 – Estrato adulto

Na área revegetada o estrato adulto apresentou uma densidade total de 1.625 indivíduos por hectare e uma altura total média de 7,93 metros. Na floresta secundária o mesmo estrato apresentou uma densidade total de 1.791 indivíduos por hectare e uma altura total média de 9,42 metros.

A espécie com maior valor de importância na área revegetada foi *Mimosa caesalpinifolia* com 75,44, seguida de *Macherium hirtum* com 59,77 e *Erythroxylum pulchrum* com 34,55. Destas espécies, apenas a primeira foi plantada na área. *Mimosa caesalpinifolia* apresentou ainda os maiores valores de frequência, dominância e valor de cobertura. Esta espécie, pioneira e de ocorrência natural na Caatinga (LORENZI, 2008), já foi registrada na regeneração de área degradada em Mata Atlântica na região sudeste, bem como tem ocorrência confirmada em outras regiões do Brasil (PRADO COSTA et al., 2010; FERREIRA et al., 2010; FLORA DO BRASIL, 2017). Neste estudo a referida espécie não aparenta trazer prejuízo à sucessão vegetal, pois apesar de sua dominância no estrato adulto ela não se destacou na amostragem da regeneração, onde foram registrados apenas 2 indivíduos. *Macherium hirtum*, recrutada naturalmente ao ambiente, apresentou os maiores valores de densidade absoluta com 375 indivíduos por hectare e de densidade relativa com 23,1% dos indivíduos amostrados. A espécie é pioneira e possui presença confirmada em todas as regiões do Brasil (LORENZI, 1998; FLORA DO BRASIL, 2017). As figuras 16 e 17 e a tabela 10 apresentam os parâmetros fitossociológicos estudados na área revegetada.



**Figura 16.** Valor de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI) das espécies encontradas no estrato regenerante de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.



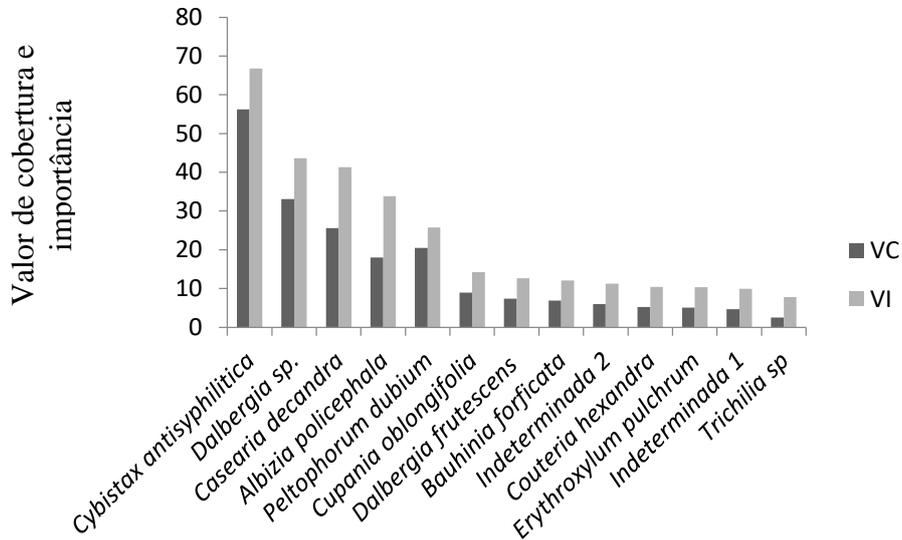
**Figura 17.** Valores de Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR) e Dominância Relativa (DoR) das espécies encontradas no estrato adulto da área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 10.** Valores de densidade absoluta (DA) e dominância absoluta (DoA) das espécies encontradas no estrato adulto de área revegetada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

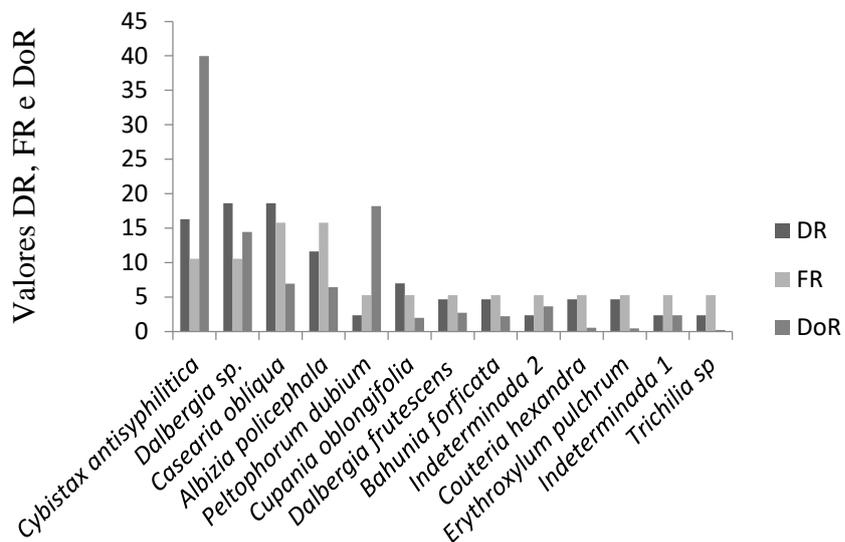
Nome Científico	DA	DoA
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	333,3	16,6
<i>Macherium hirtum</i>	375	11,1
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	208,3	2,2
<i>Gliricidia sepium</i>	125	6,8
<i>Acacia auriculiformis</i>	166,7	4,5
<i>Albizia guachapele</i>	125	0,5
<i>Solanum argeteum</i>	83,3	0,8
<i>Trichilia sp.</i>	83,3	0,3
<i>Peltophorum dubium</i>	41,7	0,3
<i>Eugenia florida</i>	41,7	0,2
<i>Campomanesia guaviroba</i>	41,7	0,09
Total	1625	43,4

Na floresta secundária a espécie que apresentou maior de valor de importância foi *Cybistax antisyphilitica* com 66,75, seguida de *Dalbergia sp.* com 43,59 e *Casearia decandra* com 41,33. A primeira é espécie pioneira com ampla ocorrência no território brasileiro sendo rara em florestas primárias densas, (LORENZI, 2008; FLORA DO BRASIL, 2017). Dentre os parâmetros para o cálculo do valor de importância (densidade relativa, frequência relativa e dominância relativa), *Cybistax antisyphilitica* apresentou o maior valor apenas em dominância relativa (39,95%), que expressa a participação da espécie em relação a área basal total da comunidade. *Casearia decandra* e *Albizia policephala* obtiveram a maior frequência relativa

com 15,79% e, *Dalbergia sp.* e *Casearia decandra* apresentaram a maior densidade relativa, igual a 18,6%. *Cybistax antisiphilitica* obteve também o maior valor de cobertura com 56,22. As figuras 18 e 19 e a tabela 11 apresentam os parâmetros fitossociológicos estudados na floresta secundária.



**Figura 18.** Valor de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.



**Figura 19.** Valores de Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR) e Dominância Relativa (DoR) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

**Tabela 11.** Valores de densidade absoluta (DA) e dominância absoluta (DoA) das espécies encontradas no estrato adulto de floresta secundária no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Nome Científico	DA	DoA
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	291,7	15,731
<i>Dalbergia sp.</i>	333,3	5,695
<i>Casearia decandra</i>	333,3	2,733
<i>Albizia policephala</i>	208,3	2,519
<i>Peltophorum dubium</i>	41,7	7,158
<i>Cupania oblongifolia</i>	125	0,777
<i>Dalbergia frutescens</i>	83,3	1,064
<i>Bauhinia forficata</i>	83,3	0,866
<i>Indeterminada 2</i>	41,7	1,443
<i>Couertia hexandra</i>	83,3	0,216
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	83,3	0,174
<i>Indeterminada 1</i>	41,7	0,924
<i>Trichilia sp</i>	41,7	0,082
*** Total	1791,7	39,381

Referindo-se ao estrato adulto, o Índice de Diversidade de Shannon foi 2,14 na área revegetada e 2,28 na floresta secundária. Quanto a Equabilidade de Pielou, calculou-se 0,89 para ambas as áreas. Os valores de diversidade são inferiores aos registros de outros fragmentos perturbados na Mata Atlântica (FERREIRA et al., 2010; PRADO COSTA et al., 2010; PINTO et al., 2005), bem como em fragmentos mais conservados (KURTZ et al., 2000; CARVALHO et al., 2007; GUEDES et al., 2016).

#### 4. CONCLUSÃO

A revegetação com leguminosas arbóreas ativou o processo de sucessão vegetal, fato verificado pela formação de um banco de sementes e o estabelecimento de novas espécies vegetais na área. No entanto o entorno formado por pastagens, áreas agrícolas e urbanas com ausência de uma matriz florestal conservada dificulta o avanço da sucessão vegetal. Dentre os aspectos observados que caracterizam a falta de conectividade e dificultam a sucessão é possível citar:

- Composição florística do banco de sementes com predominância de espécies herbáceas que, na ocasião de um distúrbio como o surgimento de clareira podem colonizar a área e inibir o estabelecimento de espécies lenhosas;
- Estrato regenerante arbóreo com baixa riqueza em relação ao estrato adulto;
- Composição florística com baixa diversidade e equabilidade em relação à floresta secundária de referência e outros registros em áreas perturbadas de Mata Atlântica;
- Baixa similaridade florística com o fragmento florestal de referência, demonstrando que não há fonte de propágulos próxima interagindo com a área revegetada.

As espécies plantadas, embora sejam exóticas ao bioma, não demonstram impedir a sucessão vegetal. Pois mesmo que *Albizia guachapele* esteja presente no banco de sementes, regeneração e estrato adulto, ela não exerce dominância. *Acacia auriculiformis* está ausente da regeneração. As demais espécies apresentam-se apenas entre as adultas com muitos indivíduos em senescência.

A formação de dossel favorece a sucessão vegetal, fato verificado pela presença abundante no banco de sementes de espécies comuns em áreas abertas como *Cecropia Pachystachya* e *Acacia auriculiformis*, que por sua vez estão ausentes do estrato regenerante.

## **CAPÍTULO II**

### **ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E ESTOQUE DE BIOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM UMA ÁREA REVEGETADA COM LEGUMINOSAS ESTRUTURANTES APÓS 28 ANOS DO PLANTIO**

**2018**

## RESUMO

Em áreas que sofreram empréstimo de terra a fertilidade do solo é comprometida já que seus horizontes superficiais são removidos. Intimamente relacionado a esta fertilidade, a serapilheira em ambientes florestais é determinante fonte de entrada de nutrientes no solo. Por esses aspectos, o presente trabalho objetivou avaliar atributos químicos que favorecem a fertilidade do solo e o estoque de biomassa e nutrientes na serapilheira de uma área de empréstimo de terra que foi revegetada com leguminosas arbóreas inoculadas após 28 anos do plantio, em comparação com uma floresta secundária nativa próxima ao local degradado. Para a avaliação de fertilidade do solo, em cada área foram avaliados os níveis de C, Al, Ca, H+Al, K, Mg, N, P e pH em três profundidades (0-2,5 cm, 2,6-7,5 cm, 7,6-20 cm). O estoque de biomassa de serapilheira foi analisado nas épocas seca e chuvosa, e posteriormente calculado o estoque dos nutrientes Ca, K, Mg, N e P. Todos os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de médias (Tukey) quando necessário. A área revegetada restabeleceu seu potencial de fertilidade do solo em níveis superiores à floresta secundária. Em ambas as áreas a camada de 0-2,5 cm apresentou maiores níveis na maioria dos atributos analisados, demonstrando íntima relação entre a serapilheira e a entrada de nutrientes no solo. No período seco é aportado o maior estoque de biomassa e nutrientes da serapilheira em ambas as áreas, tendo a área revegetada apresentado os maiores estoques nos dois períodos estudados.

**Palavras chaves:** área degradada, fertilidade do solo, serapilheira.

## ABSTRACT

In the areas that have suffered land lending soil fertility is compromised as their surface horizons are removed. Closely related to this fertility, litterfall in forest environments is a determining source of nutrient input into the soil. For these aspects, the present work aimed to evaluate chemical attributes favoring soil fertility and the biomass and nutrient stock in the litterfall of a land loan area that was revegetated with inoculated tree legumes after 28 years of planting, compared with one secondary forest near the degraded site. For each soil area, the levels of C, Al, Ca, H + Al, K, Mg, N, P and pH were evaluated in three depths (0-2,5 cm, 2,6- 7.5 cm, 7.6-20 cm). The litterfall biomass stock was analyzed in the dry and rainy seasons, and the nutrient stock Ca, K, Mg, N and P were subsequently calculated. All the results were submitted to analysis of variance and Tukey test when necessary. The revegetated area reestablished its soil fertility potential at higher levels than the secondary forest. In both areas, the 0-2.5 cm layer presented higher levels in most of the attributes analyzed, showing an intimate relationship between litterfall and nutrient input in the soil. In the dry period, the highest litterfall biomass and nutrient stock was contributed in both areas, and the revegetated area presented the largest stocks in the two studied periods.

**Key words:** degraded area, soil fertility, litterfall.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso precursor para o estabelecimento do componente vegetal e posteriormente animal em uma floresta. Pois é nele que ocorrem diversos processos e funções que implicam na qualidade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (SIQUEIRA et al., 2007), como a ciclagem de nutrientes. De acordo com Embrapa (1979), a avaliação da fertilidade do solo é o primeiro passo para a definição das medidas necessárias para correção e manejo da fertilidade de um solo.

Nas florestas tropicais, as transformações associadas à ciclagem de nutrientes, que ocorrem no compartimento da serapilheira, concentram a maior parcela de energia que flui no sistema (GOLLEY et al. 1978). Além de ser um importante reservatório de nutrientes para as plantas, a serapilheira protege o solo de forças erosivas como chuvas (EWELL, 1976; MORAES, 2002). No entanto, conforme apontado por Portes et al. (1996), a deposição de serapilheira sofre influência de inúmeros fatores como o tipo de vegetação, estádios sucessionais, latitude, altitude, temperatura, ventos, precipitação, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutriente no solo. Assim sendo, a serapilheira pode ser classificada como um bioindicador de reação, uma vez que responde com alterações em seus processos de deposição em função de alteração do meio (KLUMPP, 2001). Machado et al. (2008), analisando a biomassa de serapilheira em uma área de recuperação com plantio adensado em Conceição do Macabu/RJ, verificou que a serapilheira refletiu tanto os diferentes estádios sucessionais, quanto permitiu distinguir diferenças de composição florística entre os locais estudados, indicando sua sensibilidade a alterações no meio, especialmente nas áreas revegetadas. Neste contexto, a ciclagem de nutrientes em florestas envolve um conjunto complexo de feedbacks diretos e indiretos em que, os solos influenciam a vegetação e a vegetação influencia o solo (PROCTOR, 1987). Deste modo, é possível considerar o estudo da serapilheira e fertilidade do solo bons indicadores do processo de sucessão ecológica, quando se trata da recuperação de áreas degradadas exploradas pelo empréstimo de terra.

Em áreas que sofreram empréstimo de terra a fertilidade do solo é absolutamente comprometida já que os horizontes superficiais do solo são removidos, assim como na atividade de mineração. Em ocasiões como essas as perspectivas de regeneração natural são menos promissoras, pois as perdas ecológicas e ambientais não são recuperadas em décadas de sucessão natural (CORRÊA, 2009).

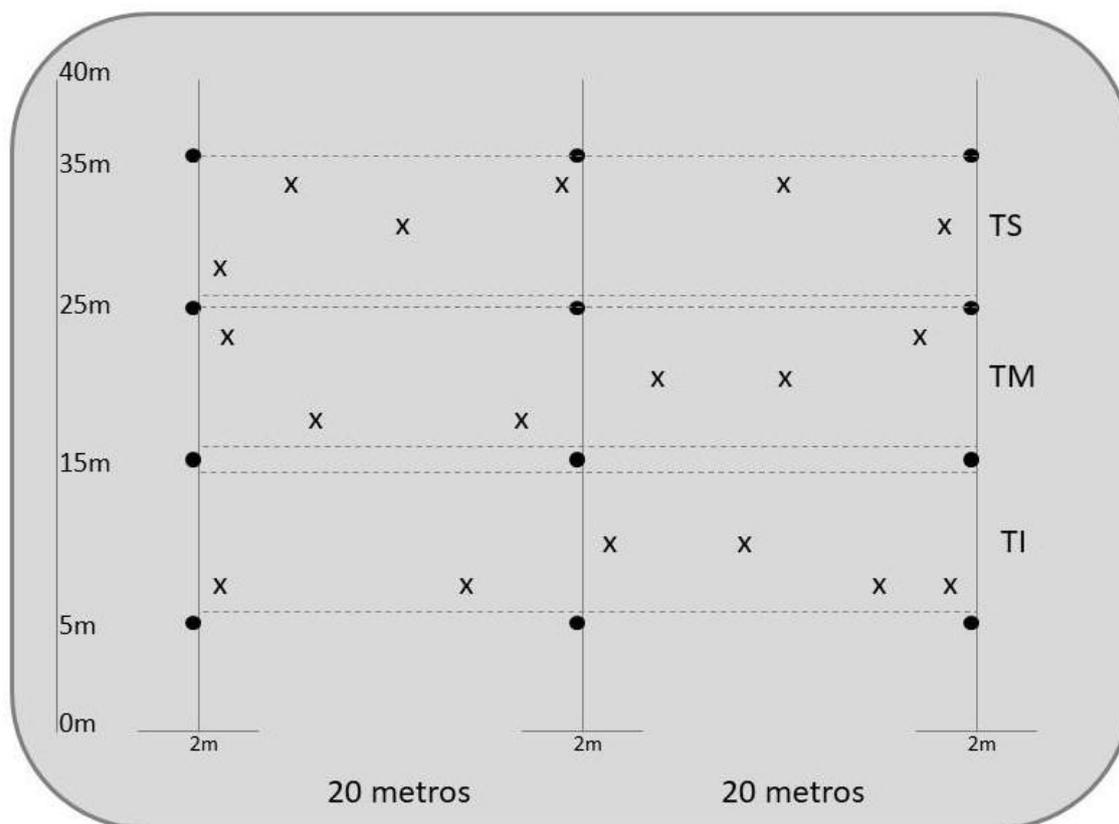
Neste sentido, o plantio de leguminosas florestais é uma alternativa viável para reverter os processos de degradação. A capacidade que a maioria das leguminosas possui de formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e com fungos micorrízicos arbusculares possibilita seu estabelecimento, mesmo em condições adversas (FRANCO et al., 1995). A associação com os referidos fungos possibilita uma grande melhora do estado nutricional da planta, aumentando a absorção de potássio, nitrogênio e principalmente o fósforo, favorecendo o seu desenvolvimento. Os fungos micorrízicos arbusculares melhoram a capacidade das plantas se estabelecerem em solos de baixa fertilidade, tornando-as mais resistentes ao estresse hídrico e aos fitopatógenos (ROJAS et al., 2000; SOARES et al. 2012).

A partir destes aspectos, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a fertilidade do solo, o estoque de biomassa e nutrientes da serapilheira em uma área que sofreu empréstimo de terra e foi revegetada com leguminosas arbóreas após 28 anos do plantio, comparando com um fragmento florestal secundário próximo ao que sofreu o distúrbio.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área Amostral

Para a amostragem da serapilheira foram utilizados os mesmos pontos de coleta do banco de sementes ao longo dos transectos. Para amostrar a fertilidade do solo a área foi dividida em terço inferior, médio e superior a fim de se analisar também possíveis efeitos da declividade nas variáveis estudadas, assim foram demarcadas uma parcela de 10 m x 40 metros em cada terço (figura 20).



**Figura 20** – Representação esquemática da área amostral do estudo: x- ponto de coleta de solo e ● - ponto de coleta de serapilheira. TS: terço superior, TM: terço médio, TI: terço inferior.

### 2.2. Fertilidade do Solo

Para a caracterização da fertilidade nas camadas superficiais do solo, foram retiradas amostras de solo em 3 profundidades (0-2,5 cm, 2,5-7,5 cm, 7,5-20,0 cm), em seis pontos de coleta de cada terço totalizando seis repetições (figura 18), em agosto de 2016. Após secar ao ar, o material coletado foi destorroado e passado em uma peneira com malha de 2 mm. Posteriormente as amostras de cada terço e profundidade foram misturadas entre si para obtenção de uma amostra composta e retirada uma sub-amostra do material para análise de carbono (C), alumínio (Al), cálcio (Ca), acidez potencial (H+Al), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N), fósforo (P) e pH conforme “Manual de Laboratórios: Solo, Água Nutrição, Animal e Alimentos – Embrapa – Nogueira & Souza (2005)”. Os valores encontrados nas amostragens foram comparados através da análise de variância (ANOVA) e teste de médias (Tukey) quando constatada diferença significativa entre as profundidades

(GOMES, 1987), e avaliados pela análise de componentes principais (VARELLA, 2008). Para comparar as áreas de estudo e avaliar a interferência da declividade nos terços foram calculadas médias ponderadas conforme o tamanho das camadas estudadas e posteriormente calculado a ANOVA e Tukey quando necessário.

### **2.3. Estoque de Serapilheira**

O estoque de serapilheira foi amostrado em agosto de 2016 e janeiro de 2017. Para coleta do material foi utilizado um coletor metálico de 0,25 m x 0,25 m. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente transferidas para um saco de papel, secas em estufas de circulação forçada a 60°C, pesadas e moídas. O peso da biomassa seca em  $\text{g m}^{-2}$  foram transformados em  $\text{Mg ha}^{-1}$ . Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e testes de média, quando constatada diferença significativa entre tratamentos: locais e épocas (GOMES, 1987).

### **2.4. Teor e Estoque de Nutrientes na Serapilheira**

Os teores de N, Ca, Mg, P e K nas amostras de serapilheira foram determinados também com procedimentos baseados no “Manual de Laboratórios: Solo, Água Nutrição, Animal e Alimentos – Embrapa – Nogueira & Souza (2005)” e o estoque de nutrientes calculados multiplicando-se os teores de cada elemento pelo estoque de matéria seca. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e testes de média, quando constatada diferença significativa entre tratamentos: locais e épocas (GOMES, 1987).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Fertilidade do Solo

Conforme exposto na tabela 12, os valores dos atributos estudados na área revegetada apresentaram-se em ordem decrescente, diminuindo conforme a profundidade aumenta, com exceção do Al e Mg. Na floresta secundária foi encontrado o mesmo padrão, com ressalva ao Al e a acidez potencial (H+Al). Este resultado possivelmente é reflexo da presença da serapilheira em decomposição nas camadas mais superficiais tornando-as mais fértil, assim como registrado em outros trabalhos que analisaram atributos químicos do solo em diferentes profundidades (MORAES et al., 2008; LASTE, 2011; MACHADO et al., 2014). Inclusive neste estudo é possível notar diferença estatística na camada de 0-2,5 cm em relação à de 2,6-7,5 cm para os valores de carbono, cálcio, potássio e nitrogênio, pois em ambas as áreas estes nutrientes apresentaram valores superiores na primeira camada e, na floresta secundária destacaram-se ainda o magnésio e pH, reforçando a sugestão de que há influência da serapilheira na superfície.

Ao comparar a média entre as duas áreas independente da profundidade, a área revegetada apresentou maiores níveis de Ca, Mg, P e pH. Entre os demais atributos químicos não houve diferença estatística. Estes resultados podem ser considerados positivos por mostrarem que a área revegetada com leguminosas apresenta atributos, que favorecem a fertilidade do solo, iguais ou até mesmo superiores do que a floresta secundária nativa. Outros trabalhos também apontam a eficiência do plantio de leguminosas na recuperação da fertilidade do solo, como Laste (2011) monitorando uma encosta reflorestada também com mudas inoculadas em Angra dos Reis/RJ utilizando metodologia semelhante à deste trabalho, e Costa (2014) estudando coberturas de *Acacia auriculiformis* e *Mimosa caesalpiniiifolia* utilizadas na recuperação de pastagens degradadas em Conceição do Macabu/RJ.

**Tabela 12.** Valores de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH no solo para as profundidade de 0-2,5 cm, 2,6-7,5 cm e 7,6-20 cm e média ponderada de 0 – 20 cm em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Área	Profundidade	C (g/kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	K (mg/dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	N (g/kg <sup>-1</sup> )	P (mg/dm <sup>-3</sup> )	pH
Área Revegetada	<b>0-2,5cm AR</b>	26,9 a	0,01 b	9,87 a	6,24 a	105,81 a	3,34 a	3,4 a	11,19 a	5,64 a
	<b>2,6-7,5cm AR</b>	15,6 b	0,07 b	7,7 ab	5,86 a	54,94 b	3,29 a	1,9 b	6,47 a	5,59 a
	<b>7,6-20cm AR</b>	8,4 c	0,24 a	5,15 c	4,81 b	26,76 b	3,67 a	1,2 b	2,13 a	5,52 a
	<b>CV (%)</b>	4,89	168,75	30,50	12,60	60,92	25,05	0,05	9,25	1,97
	<b>Média 0-20 cm</b>	<b>12,51 A</b>	<b>0,17 A</b>	<b>6,38 A</b>	<b>5,25 A</b>	<b>43,69 A</b>	<b>3,53 A</b>	<b>1,65 A</b>	<b>4,35 A</b>	<b>5,55 A</b>
Floresta Secundária	<b>0-2,5cm</b>	13,9 a	0,18 b	1,92 a	4,59 b	113,32 a	1,01 a	1,4 a	6,29 a	5,18 a
	<b>2,6-7,5cm</b>	10,6 b	0,73 a	1,04 b	5,5 a	70,56 b	0,66 b	1,2 b	4,95 a	4,73 b
	<b>7,6-20cm</b>	9,5 b	1,09 a	0,44 c	5,96 a	59,24 b	0,41 c	1 c	3,81 b	4,55 c
	<b>CV (%)</b>	1,94	43,50	57,35	12,34	31,02	38,94	0,03	1,99	0,41
	<b>Média 0-20 cm</b>	<b>10,33 A</b>	<b>0,89 A</b>	<b>0,78 B</b>	<b>5,67 A</b>	<b>68,83 A</b>	<b>0,55 B</b>	<b>1,1 A</b>	<b>4,41 B</b>	<b>4,67 B</b>

Médias de áreas seguidas pela mesma letra maiúscula e médias de profundidade seguidas pela mesma letra minúscula dentro de uma mesma área, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%. M.P. – Média ponderada.

Em relação à divisão das áreas em terços não foi encontrada diferença estatística entre eles, demonstrando que a fertilidade do solo não sofreu efeito da declividade, com exceção do potássio na área revegetada que apresentou maior valor no terço inferior. Balieiro et al. (2008) estudou a fertilidade do solo de uma toposequência em Seropédica/RJ e encontrou forte influência do relevo sobre a distribuição dos nutrientes, na ocasião o autor dividiu em terços uma vertente de 230 metros. Neste trabalho as áreas de estudo possuem pouco mais de 40 metros em declividade e possivelmente este espaço amostral reduzido seja insuficiente para que haja diferença na fertilidade do solo. As tabelas 13 e 14 apresentam os valores encontrados para cada terço das áreas de estudo.

**Tabela 13.** Valores das médias ponderadas de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH para os terços em área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Área	Terço	C (g/kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	K (mg/dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	N (g/kg <sup>-1</sup> )	P (mg/dm <sup>-3</sup> )	pH
Área Revegetada	<b>Inferior</b>	14,6 a	0,10 a	4,89 a	5,11 a	55,50 a	2,38 a	1,9 a	3,45 a	5,50 a
	<b>Médio</b>	11,1 a	0,25 a	7,45 a	5,31 a	36,69 b	4,65 a	1,4 a	4,49 a	5,51 a
	<b>Superior</b>	11,8 a	0,14 a	6,79 a	5,31 a	38,86 b	3,55 a	1,5 a	5,08 a	5,63 a
	<b>C.V. (%)</b>	0,01	73,47	38,42	22,89	30,95	58,13	31,25	66,36	4,51

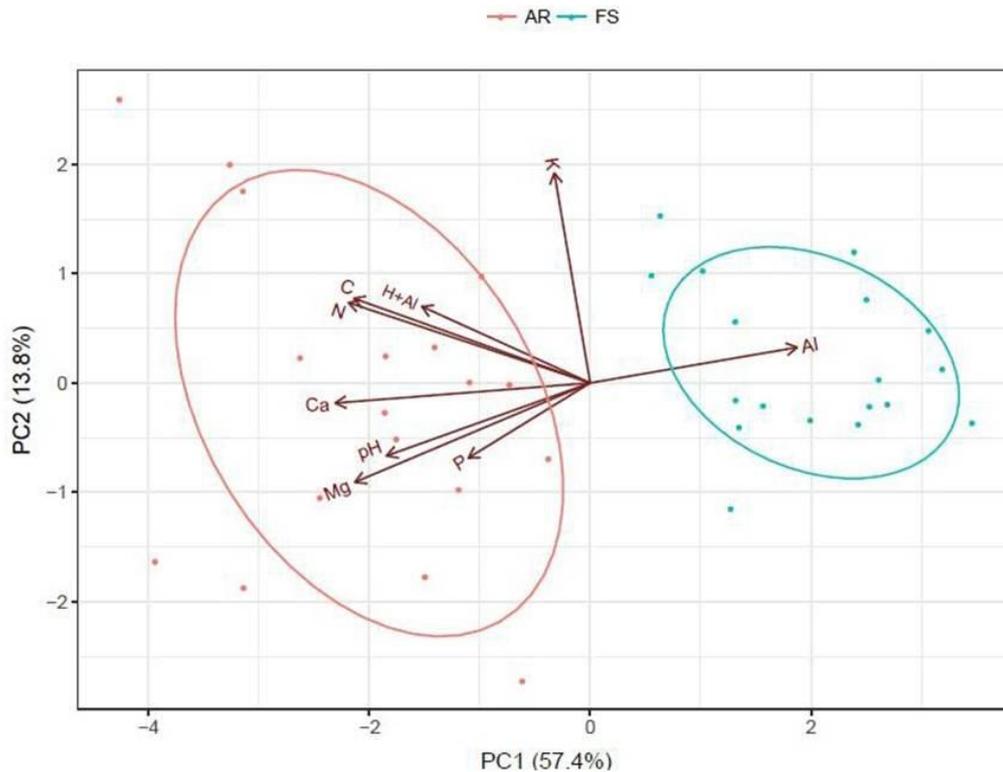
Valores de cada coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. C.V.: Coeficiente de Variação

**Tabela 14.** Valores das médias ponderadas de C (carbono), Al (alumínio), Ca (cálcio), H+Al (acidez potencial), K (potássio), Mg (magnésio), N (nitrogênio), P (fósforo) e pH para os terços em floresta secundária nativa, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

Área	Terço	C (g/kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	K (mg/dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	N (g/kg <sup>-1</sup> )	P (mg/dm <sup>-3</sup> )	pH
Floresta Secundária	<b>Inferior</b>	1,03 a	1,06 a	0,70 a	5,97 a	63,37 a	0,50 a	0,12 a	4,55 a	4,61 a
	<b>Médio</b>	0,98 a	0,88 a	0,72 a	5,51 a	68,11 a	0,50 a	0,11 a	4,73 a	4,68 a
	<b>Superior</b>	1,07 a	0,72 a	0,91 a	5,55 a	75,00 a	0,64 a	0,11 a	3,94 a	4,73 a
	<b>C.V. (%)</b>	14,61	31,59	45,23	12,51	30,85	38,51	17,57	25,42	4,50

Valores de cada coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. C. V.: Coeficiente de Variação

Através da análise de componentes principais dos atributos estudados nos terços e profundidades das duas áreas é possível observar a divisão de dois grupos bem definidos sendo: área revegetada (AR) no qual os principais componentes são Ca, Mg, N, C, pH, H+Al e P, e o grupo Floresta Secundária (FS) onde se destacou como componente principal o Al, observa-se ainda que o K não foi exclusivo de nenhum grupo. O resultado desta análise evidencia a melhor condição de fertilidade alcançada pela área revegetada em comparação com o fragmento secundário de referência (figura 21).

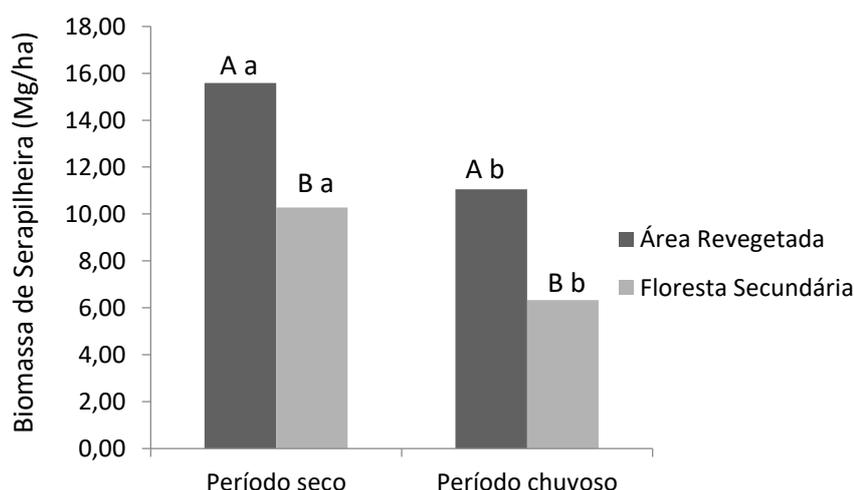


**Figura 21.** Análise de componentes principais de fertilidade do solo em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ.

### 3.2. Estoque de Biomassa e Nutrientes na Serapilheira

O estoque de biomassa da serapilheira apresentou variação sazonal, visto que em ambas as áreas o maior estoque foi encontrado no período seco.

Na área revegetada o referido período apresentou um estoque de 15,50 Mg/ha de biomassa de serapilheira enquanto que no período de chuvas esse valor foi de 11,05 Mg/ha. Na floresta secundária foi encontrado um estoque de 10,28 Mg/ha na época seca e 6,32 Mg/ha na época de chuva (figura 22).



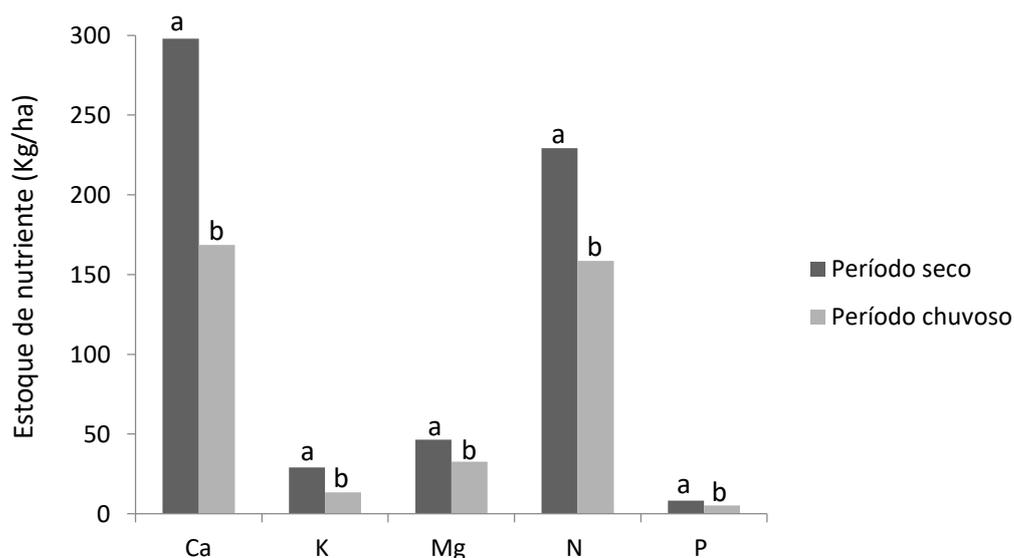
**Figura 22.** Estoque de biomassa de serapilheira no período seco e chuvoso em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ. Médias representadas por letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre as áreas dentro do período, pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Médias representadas por letras minúsculas diferentes representam diferença estatística na mesma área em cada período, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Vários trabalhos observam se há influência de variáveis meteorológicas no padrão de deposição de serapilheira e diferentes resultados são encontrados. Calvi et al. (2009) estudou duas florestas secundárias em uma região de Floresta Ombrófila Densa onde a maior deposição foi registrada no período de chuvas e o autor atribuiu à ação mecânica de ventos e da chuva, Machado et al. (2015) avaliou três fragmentos em diferentes estádios sucessionais em uma região de Floresta Estacional Semidecidual e verificou relação entre o aporte de serapilheira e o estágio sucessional sendo a deposição mais homogênea nos fragmentos em sucessão inicial e média, apresentando maior variação sazonal no estágio mais avançado. Este trabalho apresentou uma diferença bem evidente entre a deposição de serapilheira nos períodos analisados, padrão que foi observado nas duas áreas permitindo sugerir que tal diferença está relacionada à escassez de água na época seca, que promove a perda de folhas e galhos, sendo válido ressaltar que no mês antecedente à coleta do material (julho/2016) não houve precipitação, evidenciando o estresse hídrico que a vegetação estava submetida. Este padrão corrobora como que foi encontrado por Costa (2004) ao estudar a deposição de serapilheira nos mesmos locais deste trabalho. Pois Scoriza et al. (2017) avaliando a eficiência da serapilheira como indicador ambiental em fragmentos de encosta, sugeriu

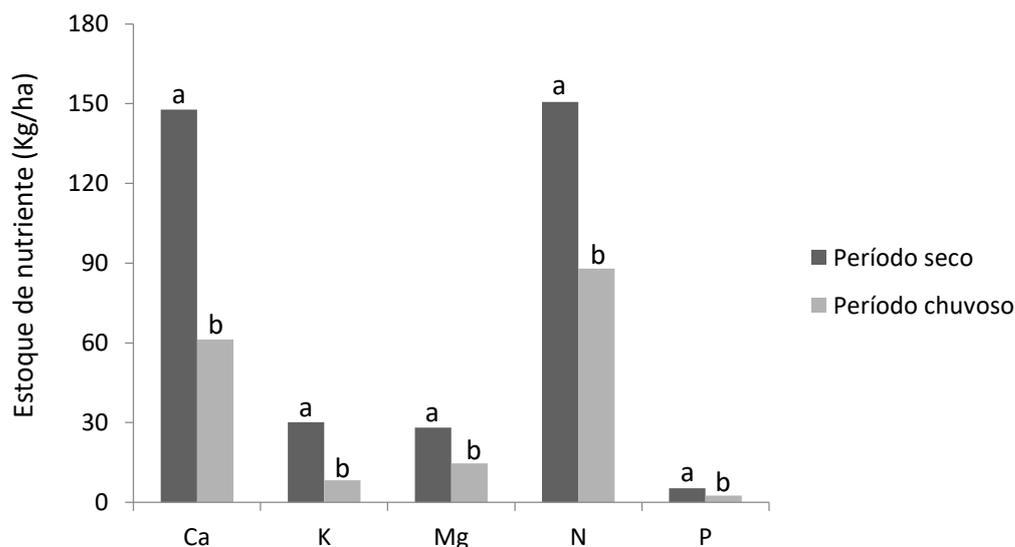
que no momento de estresse hídrico a estrutura e funcionamento dos fragmentos proporcionam diferentes graus de resistência a esta condição.

Ao comparar o estoque de biomassa entre os locais de estudo, a área revegetada apresentou maior quantidade do que a floresta secundária nos dois períodos coletados (figura 22). Este resultado pode ser considerado positivo, pois conforme Franco & Faria (1997) a produtividade de um sistema a longo prazo é bastante dependente do acúmulo de matéria orgânica, que evita a fixação de P e favorece a formação de um reservatório de P orgânico. Costa (2004) estudou a deposição de serapilheira das espécies na área revegetada deste estudo e observou que *Mimosa caesalpinifolia* depositou valores muito superiores às demais espécies, podendo sua contribuição atualmente ainda ser determinante para o estoque de serapilheira no ambiente. Laste (2011) comparou o estoque de biomassa de serapilheira entre uma área revegetada com leguminosas, uma mata secundária e um capinzal e também registrou que o reflorestamento teve um aporte superior às demais áreas estudadas.

Referindo-se ao estoque de nutrientes na serapilheira é possível observar que os valores acompanharam o aporte de biomassa, ou seja, o período seco ofereceu uma contribuição maior de nutrientes via serapilheira. Nas duas áreas avaliadas foi calculado maior estoque de nutrientes na época seca em comparação com a época de chuvas (figuras 23 e 24).

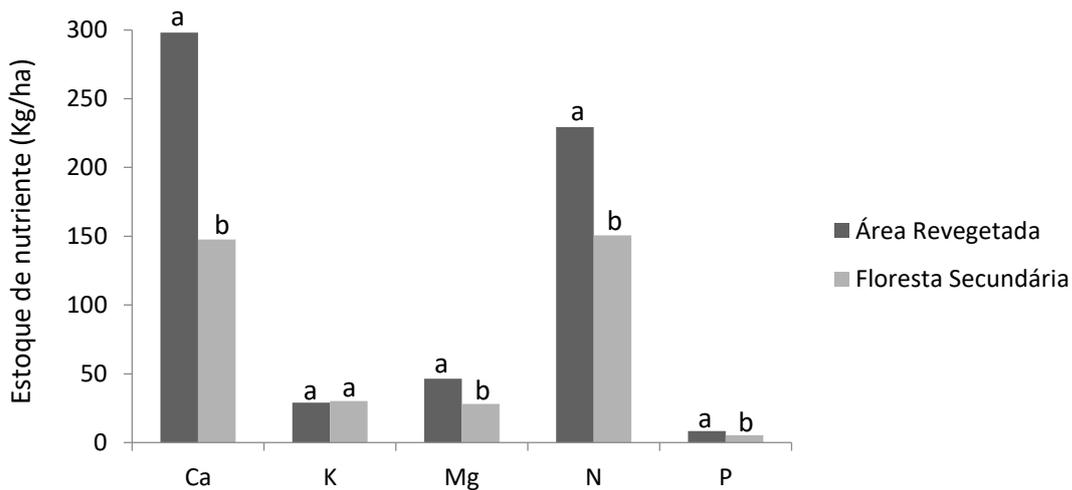


**Figura 23.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) na serapilheira coletada em período seco e chuvoso de área revegetada, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ. Médias representadas por letras diferentes em cada nutriente representam diferença estatística entre os períodos, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

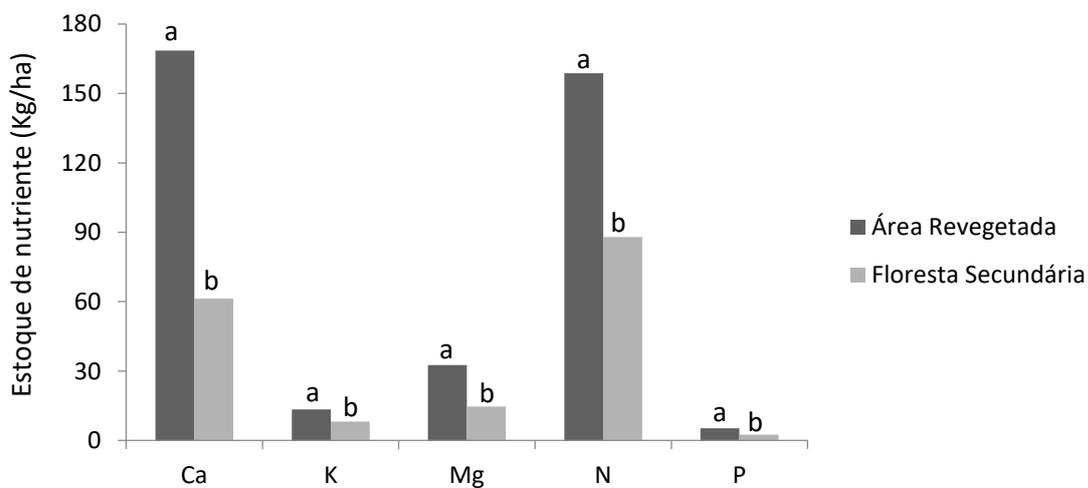


**Figura 24.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) na serapilheira coletada em período seco e chuvoso de floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ. Médias representadas por letras diferentes em cada nutriente representam diferença estatística entre os períodos, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Ao comparar as duas áreas de estudo observou-se que a área revegetada apresentou valores superiores para todos os nutrientes analisados nos dois períodos avaliados, com exceção do potássio que não apresentou diferença estatística entre as áreas no período seco (figuras 25 e 26). Costa (2014) também encontrou maior conteúdo de nutrientes produzido na serapilheira em áreas com coberturas de leguminosas do que em uma capoeira e atribuiu este resultado à capacidade da *Acacia auriculiformis* acumular biomassa e proteger o solo, e à eficiente taxa de decomposição de *Mimosa caesalpiniiifolia* disponibilizando nutrientes ao solo. Costa (1998) estudou a ciclagem de nutrientes nos mesmos fragmentos florestais deste trabalho e concluiu também que as espécies supracitadas depositaram maior quantidade de serapilheira, determinando a maior entrada de nutrientes. A partir disto sugere-se que a presença de *Acacia auriculiformis* e *Mimosa caesalpiniiifolia* na área revegetada, inclusive vistos fora da área amostral, favorece a maior entrada de nutrientes no solo via serapilheira.



**Figura 25.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) da serapilheira coletada no período seco em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ. Médias representadas por letras diferentes em cada nutriente representam diferença estatística entre as áreas, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.



**Figura 26.** Estoque de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e fósforo (P) da serapilheira coletada no período chuvoso em área revegetada e floresta secundária, no Campo Experimental da Embrapa, Seropédica/RJ. Médias representadas por letras diferentes em cada nutriente representam diferença estatística entre as áreas, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

#### **4. CONCLUSÃO**

A revegetação com leguminosas estruturantes inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares demonstra ser eficiente técnica para recuperação da fertilidade do solo. Após 28 anos do plantio o potencial de fertilidade de um solo no qual foram removidos seus horizontes superficiais foi restabelecido, em níveis superiores, a uma floresta secundária nativa próxima que não sofreu impacto de tamanha agressividade.

A produção de serapilheira é uma determinante fonte de entrada de nutrientes no solo, sendo um aspecto de destaque para o sucesso do uso destas espécies na recuperação de áreas degradadas.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

O plantio de leguminosas arbóreas inoculadas proporcionou o início da sucessão vegetal na área degradada e restabeleceu o potencial de fertilidade do solo através da entrada de nutrientes via serapilheira.

Apesar de a área ter pouca conectividade com fragmentos florestais conservados, as condições de fertilidade e microclimáticas permitem o avanço da sucessão vegetal, através do recrutamento natural de espécies ao ambiente a longo prazo, ou pela intervenção humana enriquecendo a área com novas espécies, especialmente as que despertam interesse da fauna dispersora favorecendo a interação da área com outros fragmentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, DENISE BITTENCOURT; VIANA, VIRGÍLIO M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 105-110, 1998.
- ARONSON, J., DURIGAN, G., BRANCALION, P. H. S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **IF Sér. Reg.**, 44: 1-38, 2011.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O Banco de Sementes de um Trecho de Floresta Atlântica Montana (Sao Paulo. Brasil). **Revista brasileira de Biologia**, v. 59, n.2 p. 319-328, 1999.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic Forest regeneration in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 01, p. 35-44, 2001.
- BALIEIRO, F.C. OLIVEIRA, W. C., PEREIRA, M. G., ANJOS, L. H. C., PICCOLO, M. C., JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, v. 32, n. 01, p. 153-162 2008.
- BARBOSA, L. M.; BARBOSA, T. C.; BARBOSA K. C.; PARAJARA F. C. P. Práticas e políticas públicas para a restauração ecológica a partir de reflorestamentos com alta diversidade de espécies regionais . MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, ed. 1, p 240-261, 2012.
- BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G.; GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v.34, p.455-470, 2010.
- BRANCALION, P. H. S., VIANI, R. A. G., RODRIGUES, R. R., Gandolfi, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. Martins, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, ed. 1, p 262-293, 2012.
- CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G., JÚNIOR, A. E. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 02, 2009.
- CAMPELLO, E. F. C., AVÍLIO, A. F., FARIA, S. M. F. Aspectos ecológicos da seleção de espécies para sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas." Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p 467-482, 2005.
- CARPANEZZI, A. A., COSTA, L. G. S., KAGEYAMA, P. Y., CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, **Anais...** São Paulo: 1990, p. 216-217.
- CARVALHO, F. A., NASCIMENTO, M. T., BRAGA, J. M. A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). **Revista Árvore**, v. 31, n. 04, p. 717 - 719, 2007.

CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, 2004.

CLEMENTS, F. E. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. **Carnegie Institution of Washington**, n. 242, 1916.

CORRÊA, R. S. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado. Brasília, DF: **Universa**, 178 p. 2009.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V.. Banco de Sementes do Solo de Floresta Restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 79-87, 2015.

COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas e em um fragmento florestal em crescimento secundário (capoeira). 1998. 87f. **Dissertação (Mestrado em Geociências)-Universidade Federal Fluminense**, Niteroi.

COSTA, G. S., FRANCO, A. A., DAMASCENO, R. N., FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214235013>.

COSTA, M. G., RODRIGUES, A. C. G, ZAIA, F. C., RODRIGUES, E. F. G. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 42, n. 1, p. 101-112, 2014.

COSTA, M. P. NAPPO, M. E., CAÇADOR, F. R. D., BARROS, H. H. D. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na Bacia do Rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, v. 34, n. 05, p. 835-851, 2010.

ELLIOTT, S., NAVAKIBUMRUNG, P., ZANGKUM, S., KUARAK, C., KERBY, J., BLAKESLEY, D., ANUSARNSUNTHORN, V. Performance of six native tree species, planted to restore degraded forestland in Northern Thailand and their response to fertilizer. In: ELLIOTT, S. et al. (Eds). **Restoration for wildlife conservation. Tropical Timber Organization and the Forest Restoration Research Unit**. Thailand: Chiang Mai University, 245-254. 2000.

EMBRAPA-SNLC. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, v.01,1979.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **The Journal of Ecology**, v.64, n.1, p 293-308, 1976.

FERREIRA, W. C., BOTELHO, S. A., DAVIDE A. C., FARIA, J. M. R., FERREIRA, D. F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 651-660 , 2010.

FLORA DO BRASIL, *Mimosa* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18776>>. Acesso em: 27 Nov. 2017.

FLORA DO BRASIL, *Machaerium* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23059>>. Acesso em: 27 Nov.. 2017

FLORA DO BRASIL, Lohmann, L.G. *Cybistax* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB114028>>. Acesso em: 01 Dez. 2017

FRANCO, A.; DIAS, L. E; FARIA, S. M. DE; CAMPELLO, E.F. C., SILVA, E. M. R. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p 459-467, 1995.

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 897-903, 1997.

FRANCO, B. K. S., MARTINS, S. V., FARIA, P. C. L., RIBEIRO, G. A. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 36, n. 03, p.423-432, 2012.

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

GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v.53 n.1, p. 7-26, 1926.

GOLLEY, F. B., J. T., MCGINNIS, R. G. C. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. **EPU/EDUSP**, 1978.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. São Paulo, Nobel, 1987. 467 p.

GUEDES, J.; KRUPEK, R. A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa do estado de São Paulo. **Acta Biológica Catarinense**, v. 3, n. 01, 2016.

GUIMARÃES, S., MARTINS, S. V., NERI, A. V., GLERIANI, J. M., SILVA, K. A. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

HOPKINS, M. S.; TRACEY, J. G.; GRAHAM, A. W. The size and composition of soil seed banks in remnant patches of three structural rainforest types in North Queensland, Australia. **Australian Journal of Ecology, Melbourne**, v.15, n. 01, p. 43-50, 1990.

HARPER, J. L.; HARPER, J. L. Population biology of plants. London: **Academic press**, 1977.

JACOMINE, T. K. P. A Nova Classificação Brasileira de Solos. Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 5 e 6, **Anais...** Recife, 2008-2009, p.161-179.

KLUMPP, A.. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: **EDUC**, p. 145-171, 2001.

KURTZ, B. C., ARAÚJO, D. S. D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 51, n. 78/79, p. 69-111, 2000.

LASTE, K. C.D. Monitoramento de uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas na mata atlântica após 17 anos do plantio. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LORENZI, H.. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1 ed. Editora Nova Odessa, São Paulo, 2003.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, v. 02, 2 ed. Editora Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum. 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, v. 01, 1 ed. Editora Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2., 1 ed. Editora Nova Odessa, Brazil: Instituto Plantarum, 1998.

MACHADO, M. R., RODRIGUES, F., PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v 32, n.1, p 143-151, 2008.

MACHADO, L. V., RANGEL, O. J. P., MENDONÇA, E. S., MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MACHADO, D. L., PEREIRA, M. G., CORREIA, M. E. F., DINIZ, A. R., SANTOS, L. L., MENEZES, C. E. G.. Ciclagem de nutrientes em diferentes estádios sucessionais

da Mata Atlântica na bacia do rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 04, 2015.

MAGNAGO, L. F. S, Martins, S. V., Venzke, T. S., & Ivanauskas, N. M. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. **Martins, SV Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 01, p. 69-100, 2012.

MARTINS, S. V.; NETO, A. M.; RIBEIRO, T. C. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, ed. 1, p 17-40, 2012.

MARTINS, S. V., ALMEIDA, D. P., FERNANDES, L. V., RIBEIRO, T. M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**,v.32, n.06, p.1081-1088, 2008.

MELO, F. P. L., AGUIAR, N. A. D., SIMABUKURO, E. A., TABARELLI, M. FERREIRA, A. G., BORGHETTI, F. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: **Artmed**, p. 237-250, 2004.

MORAES, L. F. D., CAMPELLO, E. F. C., PEREIRA, M. G., LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 02, p. 193 – 206, 2008.

MORAES, L.F.D. de; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Restauração Florestal: do Diagnóstico de Degradação ao Uso de Indicadores Ecológicos para o Monitoramento das ações. **Oecologia brasiliensis**, v. 14, p. 437-451, 2010.

MORAES, R. M., BICUDO, D., FORTI, M., BICUDO, C. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**, São Paulo, p. 133-142, 2002.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation analysis**. New York: Ed. J. Wiley & Sons, 547 p., 1974.

NETO, A. M, MARTINS, S. V., SILVA, K. A., GLERIANI, J. M. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p, 609-620, 2014.

NOGUEIRA, A. R. A., MACHADO P. L. O. A., CARMO, S. C. D., FERREIRA J. R. Análise de alimentos. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, v. 01, p. 2001-2329, 2005.

PAIVA, R. V. E., RIBEIRO, J. H., CARVALHO, F. A. Estrutura, diversidade e heterogeneidade do estrato regenerante em um fragmento florestal urbano após 10 anos de sucessão florestal. **Floresta**, v. 45, n. 03, p. 535-544, 2015.

PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H. Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita na Amazônia. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.;

ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Org). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, p. 309-330, 2008.

PEIXOTO, G. L, MARTINS, S. V., SILVA, A. F., SILVA, E.. Composição florística do componente arbóreo de um trecho de Floresta Atlântica na Área de Proteção Ambiental da Serra da Capoeira Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 01, p. 151-160, 2004.

PHILLIPS, J. Succession, Development, the Climax, and the Complex Organism: An Analysis of Concepts. Part I. **Journal of Ecology**, v22, n.02, 1934.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York, John Wiley & sons. 1975. 165 p.

PINTO, L.V. A., BOTELHO, S. A., FILHO, A. T. O., DAVIDE, A. C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v.29, n. 5, p. 775-793, 2005.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G. S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO São Paulo, **Anais.... SBSSBEF**, 1990. p. 676-684.

PORTAL RFF, disponível em <https://www.restauracaoflorestalrj.org/restauracao-restauradora>. Acessado em: 10 de abril de 2018.

PORTES, M. C. G. O., KOEHLER, A., GALVÃO, F. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrotila Densa Altomontana no morro do Anhangava-PR. **Floresta**, v. 26, n. 1/2, p. 3-10, 1996.

PROCTOR, J. Nutrient cycling in primary and old secondary rainforests. **Applied Geography**, v.07., n.02, p. 135-152, 1987.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F. & CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. *Pesq. Agropec. Bras., Série Agron.*, 8:1-27, 1973.

RESENDE, A. S., LELES, P. S. S. Controle de plantas daninhas em restauração florestal. **Embrapa Agrobiologia-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

RESOLUÇÃO do CONAMA nº 429/2011. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=644>.> Acesso em: Abril de 2017.

RODRIGUES, R. R., GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Ornamental Horticulture**, v. 02, n. 01, 1996.

RODRIGUES, Elisângela Ronconi et al. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, p. 941-948, 2007.

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

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

ROJAS, P. E & SIQUEIRA, O. J. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.01, p.103-114, 2000.

SCHORN, L. A., FENILLI, T. A. B., KRIEGER, A., PELLENS, G. C., BUDAG, J. J., NADOLNY, M. C. Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 49-58, 2013..

SCORIZA, R. N. CORREIA, M. E. F., SILVA, E. M. R. O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta?. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 01, p. 79-85, 2017.

SILVA, A. P. M., MARQUES, H. R., LUCIANO, M. S. F.; SANTOS, T. V. M. N., TEIXEIRA, A. M. C.; SAMBUICHI, R. H. R. Desafios da cadeia de restauração florestal para implementação da lei 12.651/2012 no Brasil. Em: MONASTERIO, L. M.; NERI, M. C.; SOARES, S. S. D. **Brasil em Desenvolvimento 2014: Estado, planejamento e políticas públicas**, IPEA v. 2, 2014.

SIQUEIRA, J. O. Soares, C. R. F. S., Santos, J. D., Schneider, J., & Carneiro, M. A. C. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 05, p. 219-305, 2007.

SOARES, A. C. F., SOUSA, C. S., GARRIDO, M. S., Lima, F.S. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n.01, p. 47-54, 2012.

SOUTO, M. A. G., BOEGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato de regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 03, p. 393 - 407, 2011.

SOUZA, P. A., VENTURIN, N., GRIFFITH, J. J. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, v. 12, n. 01, p. 56-67, 2006.

SOUZA, S. C. P. M., RODRIGUES, R. R., JOLY, C. A. The seed bank and its implications for the diversity of the Submontane Ombrophilous Dense Forest in the Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 44, n. 03, p. 378-393, 2017.

STEWART, J. L.; DUNSDON, A. J. & HUGHES, C. E. Wood biomass estimation in Central American dry zone species. Oxford: **Forestry Institute**, v. 26, p.83, 1992.

SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica. In: GUEDES-BRUNI, R. R.; MORIM, M. P.; LIMA, H. C.; SYLVESTRE, L. S. **Inventário Florístico**. Seropédica, RJ: EDUR, 2002.

SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica. In: VUONO, Y. S. **Inventário Fitossociológico**. Seropédica, RJ: EDUR, 2002.

TIFFNEY, B. H. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, p. 1-29, 2004.

VALCARCEL, R., D'ALTÉRIO, C. F. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Floresta e ambiente**, v.05, n.01, p. 68-88, 1998.

VARELLA, C A. A. Análise de componentes principais. **Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2008. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads>. Acessado em: 10 jan. 2018.

VIANI, R. A., HOLL, K. D., PADOVEZI, A., STRASSBURG, B. B., FARAH, F. T., GARCIA, L. C., BRANCALION, P. H. Protocol for Monitoring Tropical Forest Restoration: Perspectives From the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Tropical Conservation Science**, 10, 1940082917697265. 2017.

WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of ecology**, v.35, n.01/02, p.1-22, 1947.

## ANEXOS



**Figura 27.** Perfil do solo em local de coleta (0 – 20 cm), com evidente diferença física.



**Figura 28.** Solo coletado em processo de secagem ao ar.



**Figura 29.** Ponto de coleta de serapilheira e banco de sementes com gabarito de metal utilizado.



**Figura 30.** Banco de sementes alocado em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia.



**Figura 31.** Indivíduo de *Begonia fischeri* germinado no banco de sementes da área revegetada.



**Figura 32.** Etapa do levantamento florístico e fitossociológica com auxílio de régua graduada para estimar a altura total das árvores.