UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E DO AMBIENTE DE ÁREA EM RECUPERAÇÃO FLORESTAL APÓS DEZ ANOS DE IMPLANTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ÍRIS CRISTINA BERTOLINI

GUARAPUAVA-PR
2019

ÍRIS CRISTINA BERTOLINI

CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E DO AMBIENTE DE ÁREA EM RECUPERAÇÃO FLORESTAL APÓS DEZ ANOS DE IMPLANTAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Orientador

Prof. Dr. Eleandro José Brun

Coorientador

Prof. Dr. Cristiano André Pott

Coorientador

GUARAPUAVA-PR

2019

Catalogação na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

Bertolini, Íris Cristina
B546c Caracterização da diversidade e do ambiente de área em recuperação florestal após dez anos de implantação / Íris Cristina Bertolini. – – Guarapuava, 2019.
vv, 137 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2019

Orientador: Luciano Farinha Watzlawick
Coorientadores: Eleandro José Brun, Cristiano André Pott
Banca examinadora: Luciano Farinha Watzlawick, Fernando Campanhã Bechara, Sebastião Brasil Campos Lustosa

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Espécie florestal nativa. 3. Crescimento diamétrico. 4. Diversidade florística. 5. Atributos físicos do solo. 6. Recuperação de áreas degradadas. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 630

Iris Cristina Bertolini

CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E DO AMBIENTE DE ÁREA EM RECUPERAÇÃO FLORESTAL APÓS DEZ ANOS DE IMPLANTAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
(UNICENTRO)

Prof. Dr. Fernando Campanhã Bechara
(UTFPR)

Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR

2019

A verdadeira coragem é ir atrás de seus
sonhos, mesmo quando todos dizem
que ele é impossível!
Cora Coralina.

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus por guiar e permitir minha caminhada todos os dias da minha vida.

À minha família que sempre me incentivou a continuar os estudos, principalmente minha mãe Irene Geteski Bertolini, que sempre me apoiou incondicionalmente e sempre foi e sempre será meu porto seguro.

O meu reconhecimento e gratidão pela amizade construída no mestrado, aos colegas do laboratório de Ciências Florestais: Joelmir, Michael, Richeliel, Paulinho e Luís Carlos que, de uma maneira ou outra, colaboraram na execução desse trabalho e, principalmente, à Talyta, Ana Paula e Jaqueline, por todo o auxílio nos trabalhos de campo, pela paciência, pela troca de experiências, com certeza essa caminhada foi mais leve com vocês do meu lado.

Ao professor Luciano Farinha Watzlawick, pela paciência, confiança e por fazer parte dessa jornada na orientação deste trabalho.

Ao professor Cristiano André Pott, coorientador deste trabalho, por ter iniciado este projeto ainda em 2006, onde hoje é possível verificar bons resultados, os quais tem uma importância imensurável. Obrigada pela confiança em mim depositada, pela amizade, acessibilidade e pela troca de experiências e conhecimento transmitido.

Ao professor Eleandro José Brun, coorientador deste trabalho pela amizade e pelo incentivo na carreira acadêmica e profissional sempre.

Ao professor Sebastião Brasil Campos Lustosa, por disponibilizar parte do seu tempo, por toda ajuda e paciência para desenvolver parte desta pesquisa, por sua acessibilidade e gentileza ao ensinar, pela troca de experiências, saberes e conhecimento. Meu muito obrigada.

Ao professor Thiago Stepka, pela colaboração neste trabalho.

Ao professor Sidnei Jadoski, por ceder os dados das variáveis climáticas, para a realização desta pesquisa.

Ao meu esposo Anderson Luiz Pires de Lima, pela paciência, compreensão, amor e apoio incondicional, por ser meu refúgio e porto seguro, que foi de extrema importância nessa caminhada e por todo apoio nos trabalhos de campo.

À UNICENTRO e ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal, muito obrigado pela oportunidade de realizar este trabalho, de forma gratuita e com qualidade.

À Lucília, Secretária do PPGA, por sempre estar à disposição, pela solicitude em sempre fazer o melhor e da melhor maneira, pela gentileza e sutileza, muito obrigada!

À CAPES, pelo suporte financeiro durante o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS ..... **vi**
LISTA DE FIGURAS ..... **x**
LISTA DE TABELAS ..... **xii**
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS ..... **xiii**
RESUMO ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
CAPÍTULO 1 - ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA **16**
1. INTRODUÇÃO **17**
2. REFERENCIAL TEÓRICO **20**
2.1 Recuperação de áreas degradadas 20
2.2 Regeneração Natural 21
2.3 Banco de Sementes 22
2.4 Dendrocronologia 23
2.5 Variáveis ambientais 24
2.6 Caracterização da espécie *Bauhinia forficata* Link 25
2.7 Caracterização da espécie *Mimosa scabrella* Benth 26
2.8 Caracterização da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi 27
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **28**
3.1 Caracterização da área de estudo 28
3.2 Histórico da área de estudo 28
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **33**
CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL APÓS DEZ ANOS **39**
RESUMO **39**
ABSTRACT **40**
1. INTRODUÇÃO **41**
2. OBJETIVO **43**
2.1 Objetivo geral 43
2.2 Objetivos específicos 43
3. MATERIAL E MÉTODOS **44**
3.1 Local de estudo 44
3.2 Amostragem 44
3.3 Estratificação 45
3.4 Coleta de dados do estrato da regeneração 45
3.5 Análise da suficiência amostral para a regeneração natural 47
3.6 Análises estatísticas 47
3.7 Análise da composição florística e estrutura fitossociológica 47
3.8 Caracterização dos grupos ecológicos e das síndromes de dispersão 47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **48**
4.1 Relação dos indivíduos implantados em 2007 e amostrados em 2017 48

4.2 Composição florística do estrato arbóreo 49
4.3 Composição florística da regeneração natural por tratamento 53
4.4 Composição florística da regeneração natural por classe (RNC) 57
4.5 Área basal do estrato arbóreo X área basal da regeneração 61

5. CONCLUSÕES 62

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63

CAPÍTULO 3 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO BANCO DE SEMENTES EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AOS DEZ ANOS DE IDADE NO SUL DO PAÍS 66

RESUMO 66

ABSTRACT 67

1. INTRODUÇÃO 68

2. OBJETIVO 69
2.1 Objetivo geral 69
2.2 Objetivos específicos 69

3. MATERIAL E MÉTODOS 70
3.2 Área de estudo 70
3.2 Coleta de dados 70
3.3 Análise dos dados 71

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO 72
4.1 Composição florística do banco de sementes 72
4.2 Banco de sementes por estação e por tratamento 75
4.3 Relação entre as espécies na borda e interna da floresta 78
4.4 Relação das espécies presentes no solo e na serapilheira 81

5. CONCLUSÕES 84

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85

CAPITULO 4 - INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO INCREMENTO DIAMÉTRICO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS: *Bauhinia forficata* Link, *Mimosa scabrella* Benth. E *Schinus terebinthifolius* Raddi. 87

RESUMO 87

ABSTRACT 88

1. INTRODUÇÃO 89

2. OBJETIVO 91
2.1 Objetivo geral 91
2.2 Objetivos específicos 91

3. MATERIAL E MÉTODOS 92
3.1 Área de estudo 92
3.2 Amostragem 92
3.3 Seleção das espécies para o estudo dendrocronológico 92
3.4 Coleta, preparo das amostras e medição dos anéis de crescimento 93
3.5 Datação cruzada das amostras e construção das cronologias 94
3.6 Determinação do crescimento 95

3.7 Correlação do crescimento com as variáveis ambientais 95
3.8 Análise Fatorial (AF) e Análise dos componentes principais (PCA) 95

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 97
4.1 Características das amostras 97
4.2 Comparação do incremento em diâmetro para as espécies 97
4.3 Datação cruzada e cronologias 98
4.4 Relação do crescimento com as variáveis ambientais 100

5. CONCLUSÕES 107

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108

CAPÍTULO 5 - PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM FLORESTA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO E FLORESTA EM SUCESSÃO SECUNDÁRIA. 112

RESUMO 112

ABSTRACT 113

1. INTRODUÇÃO 114

2. OBJETIVO 115
2.1 Objetivo geral 115
2.2 Objetivos específicos 115

3. MATERIAL E MÉTODOS 116
3.1 Área de estudo 116
3.2 Amostragem e análises de propriedades físicas do solo 116
3.3 Análises de dados 118

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 119

5. CONCLUSÃO 128

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 129

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 130

ANEXO 134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo no campus universitário da Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava – PR, 2019.....27

Figura 2. Vista da área após o plantio das mudas em janeiro de 2007 (A), croqui da disposição do plantio das mudas (B), em Guarapuava - PR.....30

Figura 3. Imagens referentes ao histórico de uso e ocupação da área. A: ano de 2006. B: ano de 2010. C: ano de 2014. D: ano de 2018.....30

Figura 4. Instalação das parcelas na área de estudo, Guarapuava – PR, 2019. 44

Figura 5. Estratificação da área basal para a definição dos tratamentos. T1: com 19 parcelas com área basal inferior (0,0215 m²) até valor de μ- ½ σ (0,0891 m²), identificado na cor amarela. T2: com 19 parcelas com valor de área basal intermediária de μ- ½ σ (0,0892 m²) até valor de μ+½ σ (0,1530 m²), identificado na cor vermelha. T3: com 12 parcelas com valor de área basal superior μ+½ σ (0,1531 m²) até a parcela de maior área basal (0,2642 m²), identificado na cor verde.....45

Figura 6. Instalação das subparcelas para a análise da regeneração natural em área em processo de recuperação, Guarapuava – 2019.....46

Figura 7. Indivíduos plantados no ano de 2007 e indivíduos amostrados no ano de 2017.....48

Figura 8. Relação do número de espécies e famílias em cada tratamento.....56

Figura 9. Curva de acumulação de espécies com intervalos de 95% de confiança, para o componente regenerante em uma área de recuperação florestal, Guarapuava – PR.....60

Figura 10. Relação da área basal das classes I, II e III com os tratatamentos T1, T2 e T3.....61

Figura 11. Valor absoluto do número de plântulas que emergiram de acordo com a estação, Guarapuava – PR, 2019.....76

Figura 12. Relação do número de indivíduos em cada tratamento e de acordo com a estação, Guarapuava – PR, 2019.....77

Figura 13. Relação do número total de espécies (A) e de espécies florestais (B), de acordo com a estação e com os tratamentos, Guarapuava – PR, 2019.....78

Figura 14. Número de plântulas na borda e na parte interna da floresta em processo de recuperação, Guarapuava - PR.....79

Figura 15. Relação do número de espécies presente na borda e na parte interna da floresta, e em relação às espécies florestais, Guarapuava – PR.....80

Figura 16. Relação do número total de espécies (A) e número de espécies florestais (B) presentes na borda e na parte interna da floresta, de acordo com as estações de coleta.....81

Figura 17. Relação do número total de indivíduos germinados nas amostras de solo e de serapilheira, em área de recuperação florestal, Guarapuava - PR, 2019.....82

Figura 18. Relação entre o número total de espécies e de espécies florestais encontradas nas amostras de solo e de serapilheira, Guarapuava – PR, 2019.....82

Figura 19. Relação do número total de espécies (A) e espécies florestais (B) amostradas no solo e na serapilheira de área em processo de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019.....83

Figura 20. Classe diamétrica dos indivíduos observados e indivíduos selecionados (A) *B. forficata.* (B) *S. terebinthifolius* e (C) *M. scabrella*.....93

Figura 21. Registro das variáveis climáticas temperatura média, máxima e mínima e precipitação total anual, Guarapuava – PR, 2019.....99

Figura 22. Série máster de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* (A), série *Standard* gerada pelo Arstan (B) correlacionada com a precipitação anual (mm), amostradas em uma área de recuperação florestal em Guarapuava.....100

Figura 23. Componentes Principais *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata*.....105

Figura 24. Curva da densidade máxima do solo em função da umidade, com ensaio de Proctor, na área de floresta em recuperação e na floresta em sucessão secundária, Guarapuava – PR, 2019.....118

Figura 25. (A) Valores de densidade do solo (Ds), (B) densidade relativa, (C) macroporosidade (Map), (D) microporosidade (Mip), (E) porosidade total (PT), (F) capacidade de aeração total (CAT), (G) Capacidade de campo (CC), (H) Capacidade de armazenamento de ar (CAT/PT) e (I) Capacidade de armazenamento de água (CC/PT) em área de floresta em sucessão secundária (FS) e área de floresta em recuperação (FR), Guarapuava – PR, 2019.....119

Figura 26. Resistência à penetração (RP) em área de floresta em sucessão secundária e floresta em recuperação, Guarapuava – PR, 2019.....125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das espécies implantadas em uma área de recuperação, de acordo com o grupo ecológico (GE) e com a síndrome de dispersão (SD), Guarapuava – PR, 2019.....29

Tabela 2. Características químicas e granulometria do solo da floresta em recuperação, 2006 e 2017, Guarapuava – PR.....31

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos em área de recuperação florestal plantada com 10 anos de idade, Guarapuava – PR, 2019. N= Número de indivíduos amostrados, por espécie; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoA= Dominância Absoluta; DoR= Dominância Relativa; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; VC= Valor de Cobertura; VI= Valor de Importância. GE= Grupo ecológico; P= pioneira; NP= não pioneira. SD= Síndrome de dispersão; Zoo= Zoocoria; Ane= Anemocoria; Auto= Autocoria.....50

Tabela 4. Composição florística da regeneração natural de floresta em recuperação, Guarapuava – PR, 2019. N-T1; N-T2; N-T3= Nº de indivíduos em cada tratamento. Grupo ecológico (GE); P= pioneira; NP= não pioneira; Síndrome Dispersão (SD); Ane= anemocoria.; Zoo= zoocoria; Aut= autocoria.....54

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos nas Classes I, II e III em área de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019. N (I, II, III) = Nº de indivíduos amostrados, por espécie e por Classe; DA (I, II, III) = Densidade Absoluta para cada Classe; RNCI= Regeneração Natural da Classe I; RNCII= Regeneração Natural da Classe II; RNCIII= Regeneração Natural da Classe III; GS= Grupo sociológico; P= Pioneira; NP= Não Pioneira.....58

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos do banco de sementes para as estações inverno, primavera, verão e outono, para as espécies florestais, em uma área em processo de recuperação, Guarapuava – PR, 2019. FV= Forma de vida; L= lenhosa; H= herbácea; A= arbustivo. GE= Grupo Ecológico; P= pioneira; NP= não pioneira; SD= Síndrome de Dispersão; Zoo= zoocoria; Aut= autocoria; Ane= anemocoria. Ni= Nº de indivíduos; DA= Densidade Absoluta.....73

Tabela 7. Valores do diâmetro médio, mínimo e máximo para as espécies estudadas, Guarapuava – PR, 2019.....96

Tabela 8. Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos incrementos em diâmetro das espécies *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, Guarapuava – PR, 2019.....97

Tabela 9. Descrição estatística da datação-cruzada dos anéis de crescimento dos indivíduos de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, em área de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019.....98

Tabela 10. Correlação do incremento de *B. forficata, S. terebinthifolius* e *M. scabrella* com as variáveis climáticas, Guarapuava – PR, 2019. Eva: evaporação ($mm.dia^{-1}$); Ins: insolação

(horas.dia); Ppt: precipitação anual (mm); Tmed: temperatura média (ºC); Tmax: temperatura máxima (ºC); Tmin: temperatura mínima (ºC); UR: umidade relativa ($g.H_2O.m^3$).....101

Tabela 11. Valores das comunalidades na análise fatorial para as espécies *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata* e as variáveis climáticas, Guarapuava – PR, 2019.....103

Tabela 12. Componentes principais (PCs), respectivos autovalores (λ_i), porcentagens da variância explicada e proporção acumulada em cada componente.....104

Tabela 13. Correlação dos atributos físicos em área de floresta em sucessão secundária nas camadas de 0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de profundidade, Guarapuava – PR, 2019.....123

Tabela 14. Correlação dos atributos físicos em área de floresta em recuperação nas camadas de 0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de profundidade, Guarapuava – PR, 2019.....124

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CAP	Circunferência à altura do peito
DAP	Diâmetro à altura do peito
DA	Densidade Absoluta
DR	Densidade Relativa
FA	Frequência Absoluta
FR	Frequência Relativa
DoA	Dominância Absoluta
DoR	Dominância Relativa
VC	Valor de cobertura
VI	Valor de Importância
GE	Grupo ecológico
SD	Síndrome de dispersão
H’	Índice de Diversidade de Shannon
ha	Hectares
Cfb	Clima subtropical
IAP	Instituto Ambiental do Paraná

RESUMO

Íris Cristina Bertolini. Caracterização da diversidade e do ambiente de área em recuperação florestal após dez anos de implantação.

Objetivou-se caracterizar a diversidade dos estratos: arbóreo, regenerante e banco de sementes, avaliar a influência das variáveis climáticas no incremento em diâmetro das espécies florestais, e analisar as propriedades físicas do solo, comparando a área em recuperação com floresta em sucessão secundária. O estudo foi desenvolvido na Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR, a área em recuperação tem aproximadamente um hectare, foi implantada em 2007, com o plantio de mudas intercalando entre pioneiras e não pioneiras (3 x 2 m). Após dez anos foi realizado o censo florestal dos indivíduos com DAP > 5 cm, e a estratificação em função da área basal: área basal inferior – T1, área basal intermediária – T2 e área basal superior – T3. Para avaliar a regeneração e o banco de sementes, foram selecionadas 50% das parcelas de cada tratamento. Para a regeneração foram instaladas três subparcelas, medidos os indivíduos com altura de 0,2 a > 1,3 m e Dap < 5 cm. Para avaliar o banco de sementes, foram coletadas amostras de serapilheira e solo de 0,25 x 0,25 x 0,05 m, ao final de cada estação, levadas para germinar em casa de vegetação e posterior quantificação das plântulas. Foram calculados os parâmetros fitossociológicos e de diversidade florística, para os três estratos. Para avaliar o incremento, foram tradadas 43 árvores de *S. terebinthifolius*, 38 *M. scabrella* e 30 *B. forficata*. Para avaliar os atributos físicos do solo, foram coletadas amostras nas profundidades de: 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m, nas duas áreas de floresta. No estrato arbóreo foram amostrados 729 ind.ha^{-1}, em 20 espécies e 15 famílias. Na regeneração, foram amostrados 832 ind.ha^{-1}, em 15 famílias e 22 espécies. No banco de sementes foram amostrados 11.074 ind.m², em 80 espécies e 42 famílias. O incremento médio do diâmetro para *M. scabrella* foi de 1,51 cm.ano^{-1}, para *S. terebinthifolius* foi 1,09 cm.ano^{-1} e 0,73 cm.ano^{-1} para *B. forficata*. As variáveis precipitação e temperatura influenciaram no crescimento das espécies. A área em processo de recuperação apresentou maior densidade do solo e resistência à penetração, menor macroporosidade e porosidade total em relação a floresta em sucessão secundária, nas três profunidades estudadas. O plantio de mudas facilitou a regeneração natural (13 espécies) e o banco de sementes apresentou grande número de espécies (80), sendo estas responsáveis pela manutenção da floresta, que se encontra em estágio inicial de regeneração.

Palavras-Chave: espécie florestal nativa, crescimento diamétrico, diversidade florística, atributos físicos do solo, recuperação de áreas degradadas.

ABSTRACT

Íris Cristina Bertolini. Characterization of the diversity and the area environment in forest recovery after ten years of implantation.

The objective was to characterize the diversity of substrates: arboreal, regenerator and seed bank, in order to reflect on the changes in forest species, and to analyze the physical properties of the soil, comparing an area with the recovery in the tropical forest. The study was developed at the State University of the Center-West, in Guarapuava - PR, with the objective of recovering one hectare. It was planted in 2007, planting seedlings intercalating between pioneers and non-pioneers (3 x 2 m). DBH > 5 cm, a stratification was performed according to the basal area: lower basal area - T1, basal intermediate area - T2 and upper basal area - T3. To evaluate the regeneration and the seed bank, 50% of the plots of each treatment were selected. For regeneration three subplots were installed, measured with a height of 0.2 to > 1.3 m and Dap < 5 cm. The plants were sampled and solubilized at 0.25 x 0.25 x 0.05 m at the end of each season, taken to germinate in domestic vegetation and as seedlings were quantified. The phytosociological and floristic diversity parameters were calculated for the three strata. To evaluate the increment, 43 trees of *S. terebinthifolius*, 38 *M. scabrella* and 30 *B. forficata* were translated. Physical soil samples were collected at depths of 0 - 0.1 m, 0.1 - 0.2 m and 0.2 - 0.3 m, in the two forest areas. In the arboreal stratum were sampled 729 ind.ha^{-1}, in 20 species and 15 families. At regeneration, 832 ind.ha^{-1} were sampled in 15 families and 22 species. In the bank of were were sampled 11,074 ind.m², in 80 species and 42 families. The mean diameter increase for *M. scabrella* was 1.51 cm.year^{-1}, for *S. terebinthifolius* was 1.09 cm.year^{-1} and 0.73 cm.year^{-1} for *B. forficata*. Combinations and effects increased in species growth. The area in recovery process is larger in relation to soil and penetration capacity, lower macroporosity and porosity in relation to a forest in secondary succession, in the three studied depths. Planting of seedlings facilitated natural regeneration (13 species) and the seed bank presented a large number of species (80), the first being the maintenance of the forest, which are present in the first phase of regeneration.

Keywords: native forest species, diametric growth, floristic diversity, physical attributes of the soil, recovery of degraded areas.

CAPÍTULO 1 - ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO

As áreas de floresta naturais estão constantemente sob pressão, devido à falta de planejamento no uso e ocupação do solo e a intensificação das atividades humanas, que auxiliam no processo de degradação desses ambientes. A cobertura florestal natural, apesar da sua importância incomensurável, aos poucos foi fragmentada, isolada, sofreu alterações e intervenções severas e, na maioria das vezes, foi removida de forma irracional.

Em grande parte, a expansão de áreas para a agricultura, pecuária, infraestrutura, urbanização e outras, levou a fragmentação das florestas naturais, resultando no isolamento dos remanescentes, afetando a regeneração da vegetação e a dispersão de sementes (MAGNAGO et al., 2012). A fragmentação das florestas provoca diversas alterações estruturais e funcionais levando ao empobrecimento da vegetação, perda da biodiversidade nos fragmentos e da capacidade de perpetuação das espécies (BERNACCI et al., 2006).

Algumas características de um fragmento florestal permitem uma análise inicial do estádio sucessional, tais como a análise da regeneração natural e do banco de sementes. A regeneração natural da floresta está relacionada a um parâmetro fitossociológico, calculado em função da abundância relativa, da distribuição espacial e da estratificação por tamanho dos indivíduos de uma espécie ou de uma floresta (MARTINS et al., 2014). Nesse sentido, o conhecimento da estrutura florística e fitossociológica, é utilizada para um diagnóstico quali-quantitativo, que permite comparações dentro e entre as formações florestais em relação ao espaço e ao tempo, além de gerar dados sobre a riqueza e a diversidade de uma determinada área, que auxilia no prognóstico futuro da floresta (MELLO, 2004).

Para garantir a manutenção da biodiversidade local, há necessidade de se recuperar esses ambientes, visando amenizar os efeitos da perturbação, os quais comprometem a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais. Vários métodos foram elaborados, visando a recuperação de áreas degradadas, que viabilizem o retorno dessas áreas a uma condição ecológica próxima do original, num menor período de tempo e aliado ao baixo custo de implantação (ARAÚJO et al., 2006). A recuperação ecológica de um ambiente degradado pode ocorrer de modo natural ou por meio de técnicas que possibilitam o restabelecimento da vegetação, dependendo da capacidade de resiliência do local. A escolha varia de acordo com o histórico do processo de degradação do solo, o estádio inicial, a resiliência da área afetada e a disponibilidade de fonte de sementes e dispersores (QUADROS, 2009).

Segundo Lamprecht (1990), o crescimento das árvores é influenciado pelas condições proporcionadas pelo ambiente e por meio da interação entre as características da planta e a genética da espécie. Nesse sentido, as variáveis climáticas como a precipitação, temperatura, insolação, entre outros, aliado às características químicas, físicas e microbiológicas do solo, são fatores importantes que buscam entender o crescimento e o desenvolvimento das espécies na floresta (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982). De acordo com Rocha et al. (2015), a influência das árvores, por meio do aporte de serapilheira e do sistema radicular, da deposição de matéria orgânica no solo, podem influenciar na melhora da condição física do solo, tais como o aumento da porosidade, redução da densidade, aumentando a resistência do solo à compactação e auxilia positivamente na função estrutural.

O local de estudo era vegetado com campo nativo, vegetação arbustiva e gramíneas, além de área úmida e alagada, onde posteriormente foi construído um barramento artificial de água, no período anterior ao ano de 2002. A área que não foi alagada pela construção do lago era usada como pastagem até meados de 2002 e após permaneceu em pousio, porém, mesmo sem a presença de animais, a área não apresentou condições para que a regeneração natural se desenvolvesse. Provavelmente, a falta de vegetação que pudesse ser utilizada pela avifauna como refúgio e alimento, não possibilitava o aparecimento de novas espécies para colonizar a área, principalmente pela falta de fonte de propágulos nas proximidades. Outro fator também importante era a presença de gramíneas e plantas daninhas, que não permitiam a ocorrência de regeneração de espécies arbóreas. O processo de isolamento da área, visando sua recuperação, demonstrou que, além de ser um processo lento, não apresentava sucesso no desenvolvimento de espécies florestais, assim, o plantio de mudas foi a alternativa utilizada visando restaurar a área de forma mais rápida e eficiente.

Estudos em fragmentos florestais isolados, que relacionam a presença dos indivíduos de porte arbóreo com a vegetação da regeneração e do banco de sementes, em área degradada em processo de recuperação, ainda são escassos e alguns exemplos podem ser encontrados em Amador e Viana (2000) e Rotmeister et al. (2015). Assim, a hipótese do trabalho é que a floresta em processo de recuperação está em desenvolvimento e novas espécies estão colonizando a área, mesmo estando isolado de outros fragmentos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi caracterizar a diversidade de espécies florestais, tanto do porte arbóreo, quanto da regeneração e do banco de sementes em uma área em processo de recuperação após dez anos da implantação das mudas, verificar o incremento em diâmetro das três espécies com maior valor de importância e possíveis correlações com as variáveis climáticas, e verificar a diferença entre as propriedades físicas do solo entre a área de floresta em processo de recuperação e em floresta

em sucessão secundária, no município de Guarapuava – PR.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos:

CAPÍTULO 1: Aspectos gerais da pesquisa.

CAPÍTULO 2: Composição florística e fitossociológica em área de recuperação florestal após dez anos.

CAPÍTULO 3: Composição florística do banco de sementes em área de recuperação aos dez anos de idade.

CAPÍTULO 4: Influência das variáveis climáticas no incremento diamétrico das espécies florestais: *Bauhinia forficata* Link, *Mimosa Scabrella* Benth. e *Schinus terebinthifolius* Raddi.

CAPÍTULO 5: Propriedades físicas do solo em floresta em processo de recuperação e floresta em sucessão secundária.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Recuperação de áreas degradadas

Segundo a Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (SER) (2004), "um ecossistema é considerado recuperado e restaurado, quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais". Pela legislação brasileira, a recuperação ou a recomposição da vegetação nativa é a restituição da cobertura vegetal nativa por meio da implantação de sistema agroflorestal, de reflorestamento, de regeneração natural da vegetação, de reabilitação ecológica e de restauração ecológica (BRASIL, 2017).

Para o restabelecimento de um ecossistema, a análise da paisagem é fundamental e precisa ser considerada, pois o sucesso da recuperação ecológica pode depender basicamente de recursos disponíveis nela, para permitir a colonização da área por espécies específicas principalmente por meio da dispersão de sementes, além de minimizar possíveis impactos negativos de outros usos anteriores daquele local ou de áreas adjacentes, como a disseminação de espécies invasoras (OVERBECK et al., 2013).

A recuperação florestal auxilia no processo de regeneração, pois promove e acelera as mudanças microclimáticas do local, além de aumentar a complexidade estrutural e favorecer a entrada de propágulos em um ambiente (ENGEL e PARROTA, 2008). Além disso, proporciona ao sítio degradado, condições básicas para o estabelecimento dos processos ecológicos e ainda pode contribuir com o conhecimento da ecologia, pois permite observar e avaliar a funcionalidade das comunidades vegetais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000). Alguns indicadores permitem fazer uma avaliação da eficiência da área em processo de recuperação, os mais utilizados são: a presença da regeneração natural, sobrevivência e crescimento das mudas plantadas, chuva de sementes, banco de sementes do solo, abertura de clareiras, produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes (MARTINS, 2013).

A recuperação de ecossistemas florestais pode ser obtida por meio do plantio de espécies chamadas de facilitadoras, as quais atuam auxiliando na sucessão natural, em locais onde há uma série de barreiras que impedem o desenvolvimento do processo (FERREIRA et al., 2010). Nas áreas em processo inicial de sucessão florestal, o enriquecimento através do plantio de mudas tem a finalidade de atrair a fauna que anteriormente habitava o local, permitindo assim um aumento na dispersão de propágulos (CHIAMOLERA; ÂNGELO; BOEGER, 2011). O plantio de mudas é baseado no conceito de sucessão secundária, onde espécies denominadas

pioneiras, que necessitam de luz para se desenvolver, apresentam um crescimento rápido e geralmente com ciclo de vida curto, fazendo a cobertura do solo e a ciclagem rápida de nutrientes, conseguindo se desenvolver mesmo com a competição com outras espécies rasteiras e proporcionando sombra às espécies climácicas que são exigentes em sombra, apresentam menor produção de sementes, tem crescimento mais lento e se desenvolvem preferencialmente em comunidades de maior diversidade de espécies e menor densidade populacional (BRANCALION et al., 2007). Estas espécies provocam uma grande transformação, principalmente nas condições de solo, pois ocorre o aumento da matéria orgânica e da aeração, o solo passa a ficar sombreado, retêm maior umidade, estabelece um microclima com condições para as sementes que necessitam de umidade e sombra possam germinar (REIS, ZAMBONIM, NAKAZONO, 1999).

2.2 Regeneração Natural

A regeneração natural é vital para assegurar que as florestas desempenhem suas funções ecológicas, sendo responsável também pela reposição natural das espécies e o surgimento de outras, conforme o nível de desenvolvimento dos estágios que vão garantir o equilíbrio e a perpetuação dos ecossistemas (SOUSA JÚNIOR, 2005). A avaliação e o monitoramento da evolução dos processos de restabelecimento da vegetação em áreas que passaram pela degradação são imprescindíveis para o entendimento da maneira que ocorre a sucessão de uma floresta, além de orientar práticas de manejo e intervenção, além de auxiliar nos projetos futuros de recuperação (SOUZA e BATISTA, 2004).

Está relacionada à quantidade de plantas presentes na área, representa os processos de chegada, estabelecimento e persistência das espécies e, portanto, a sustentabilidade da comunidade arbórea, podendo ser utilizado como indicador ecológico relevante para avaliar o funcionamento de ecossistemas naturais (DARONCO et al., 2013). É uma alternativa para a recomposição da vegetação em uma área, pois a condução da regeneração natural tem apresentado resultados promissores em função dos aspectos ecológicos, silviculturais e principalmente econômicos, pois tem baixo custo de implantação (ALVARENGA; BOTELHO; PEREIRA, 2006), porém em área degradada a regeneração natural é limitada pela presença de barreiras, como a baixa composição do banco de sementes, presença de outras espécies que aumentam a competição por luz, nutrientes e água, como é o caso das gramíneas, a falta de dispersores ou fonte de propágulos próximo à área, entre outras (MARTINS, 2009). O restabelecimento da área se torna lento e incipiente em ambientes de pastagem degradada,

pois as gramíneas são altamente agressivas e inibidoras da regeneração (DAVIS et al., 2005).

A sucessão está diretamente relacionada a regeneração natural e também às mudanças que ocorrem em um conjunto de espécies que compõem um ecossistema particular. Essa mudança ocorre durante todos os estágios de sucessão, pois as árvores que se regeneram durante as primeiras fases de sucessão constituem um conjunto diferente de espécies que se regeneram durante fases posteriores de sucessão (CHAZDON, 2014).

2.3 Banco de Sementes

O banco de sementes é um dos componentes mais importantes dentro do processo de recuperação em áreas degradadas, sua caracterização e quantificação são de extrema importância, pois fornecem informações essenciais sobre o potencial regenerativo da área e faz inferência sobre o estado de sucessão da floresta (CALLEGARO et al., 2013). É considerado um sistema dinâmico, pois em função do acúmulo de sementes no solo, pode variar conforme as entradas e saídas (SEUBERT et al., 2016), segundo Gasparino et al. (2006), as entradas de sementes são provenientes principalmente da chuva de sementes, por meio dos mecanismos dos agentes dispersores, e as saídas são resultantes das respostas fisiológicas das sementes em relação ao meio em que ela se encontra, também em função da viabilidade e da predação das sementes.

O banco de sementes do solo é um estoque de sementes dormentes, mas potencialmente capazes de germinar e substituir plantas adultas anuais ou perenes, que desapareceram por causa natural ou não, por doenças, distúrbios ou consumo por animais (SOUZA, 2003), e pode ser formado por espécies presentes na vegetação atual, espécies que já estiveram anteriormente e espécies que nunca estiveram presentes na vegetação daquela área, mas que compõem o banco de sementes (SORREANO, 2002).

Este estoque de sementes, segundo Nóbrega et al. (2009), pode ser transitório e germinar rapidamente na floresta ou persistente e germinar ao longo do tempo em função de outros fatores intrínsecos da semente, da espécie e extrínseco em função do ambiente adequado para sua germinação. O banco de sementes juntamente com a serapilheira, é um importante reservatório de sementes, de matéria orgânica, de microorganismos do solo e nutrientes (BRANCALION, 2015).

Em função das diferentes condições ambientais das áreas em recuperação, o banco de sementes disponível no local, muitas vezes, não é suficiente para restaurar uma floresta, pois muitas espécies, principalmente dos estádios finais da sucessão, não estão presentes no banco.

Nesse sentido, algumas técnicas são indicadas para melhorar a condição da recuperação do ambiente, que pode ser desde o plantio em área total ou plantio adensado com o intuito de enriquecer o local (CALEGARI et al., 2013). Além da presença de plantas indesejáveis, espécies daninhas ou exóticas e invasoras, que competem por luz, água e nutrientes, gerando um efeito negativo com as espécies de interesse que estão se desenvolvendo no local (RESENDE e LELES, 2017).

2.4 Dendrocronologia

A dendrocronologia pode ser definida como a ciência baseada na datação dos anéis de crescimento das árvores, em função das características anatômicas de determinada espécie. A análise dendrocronológica é realizada em plantas com anéis de crescimento, formados em um período conhecido. Os anéis de crescimento são estruturas anatômicas presentes no xilema secundário que, quando são observadas em corte transversal, configuram círculos contínuos no entorno da medula (OLIVEIRA, 2007).

A existência de anéis de crescimento nas árvores em áreas de clima não temperado, onde as características climáticas não são bem definidas, não eram realizados ou tinham seus valores medidos questionados, devido a ausência de períodos em que o crescimento da árvore era limitado, o que favorece a formação dos anéis de crescimento (LIEBERMAN, 1985).

Com base na análise do tronco, é possível recompor o crescimento passado das árvores de maneira relativamente rápida e simples, pode-se avaliar a produtividade de um sítio, o crescimento e qualidade de determinado indivíduo em diferentes períodos de sua vida (FINGER, 1992). Para a análise dos anéis de crescimento das árvores em áreas de florestas tropicais, é importante a compreensão da ecologia, da dinâmica da floresta e das relações de crescimento com o clima, dados que são fundamentais para orientar as práticas do manejo florestal, de conservação e principalmente para avaliar os impactos que mudanças climáticas podem ter sobre as florestas ou sobre espécies (ROZENDAAL e ZUIDEMA, 2011).

De acordo com Kershaw Jr. et al. (2016), a árvore responde às condições variáveis de crescimento, como por exemplo as influências ambientais, fatores climáticos (precipitação, temperatura), incêndios, ataques de insetos ou outros fatores limitantes, essa resposta é indicada pela largura dos anéis anuais, porém esse padrão deve ser observado em duas ou mais árvores para o mesmo período de crescimento.

Trabalhos vêm sendo realizados com a finalidade de avaliar a influência das variáveis meteorológicas no crescimento das espécies tropicais e subtropicais, podendo destacar os

trabalhos de Oliveira (2007) com os anéis de crescimento da araucária no Rio Grande do Sul, Spathelf, Tomazello Filho e Tonini (2010) que estudaram a dendrocronologia das espécies *Ocotea pulchella* e *Nectandra megapotamica* em Santa Maria-Rio Grande do Sul, Mattos et al. (2010) que estudaram o crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista, (*Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*) em Caçador-Santa Catarina, Figueiredo Filho et al. (2017) que estudaram o crescimento das espécies *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis*, *Clethra scabra*, *Ilex paraguariensis* e *Ocotea puberula,* em Irati-Paraná, entre outros estudos.

2.5 Variáveis ambientais

O crescimento das árvores está diretamente relacionado aos fatores ambientais como luz, temperatura e umidade, edáficos, topográficos, tamanho e constituição genética das árvores, histórico de desenvolvimento da floresta, além de fatores relacionados à competição como, por exemplo, concorrência por espaços físicos para o crescimento e a densidade do povoamento (ANDRADE et al., 2007). A variabilidade sazonal da temperatura e da precipitação afetam a atividade cambial e induz a formação dos anéis de crescimento em muitas espécies tropicais e subtropicais (ALBUQUERQUE et al., 2016).

A presença de luz na recomposição de uma floresta é um fator essencial no estabelecimento das espécies, onde as denominadas de pioneiras são mais exigentes em luz e são as primeiras a colonizar o ambiente, sendo facilitadoras para o desenvolvimento de outras espécies menos exigentes em luz e que só se desenvolvem se a condição for favorável, estas denominadas de secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. O estádio herbáceo e arbustivo mantém um microclima adequado para o desenvolvimento da sucessão vegetal (QUADROS, 2009).

Uma espécie que é pouco abundante no estrato arbóreo pode ser abundante na regeneração, ou pode apresentar maior abundância como árvore e poucos ou nenhum indivíduo na regeneração (COELHO et al., 2003). A presença ou ausência de indivíduos nos diferentes estratos florestais dependerá do comportamento reprodutivo e da exigência das espécies por fatores como luz, umidade e nutrientes, principalmente, nos estágios iniciais de sucessão (RICHARDS, 1996).

As árvores apresentam alta taxa de ciclagem de nutrientes, formam uma camada de resíduos que é depositada e acumulada ao longo do tempo, a qual é chamada de serapilheira (restos de galhos, folhas, materiais reprodutivos, etc), o que é extremamente importante no

amortecimento do impacto causado pelas gotas de água da chuva no solo, evitando a erosão, a desagregação de partículas e o escorrimento superficial da água, consequentemente diminuindo a perda de água e permitindo maior taxa infiltração, além de reduzir as perdas de nutrientes (GONÇALVES, NOGUEIRA, DUCATTI, 2003).

Estudos mostram a influência da dinâmica da água na definição das características edáficas e vegetacionais na faixa ciliar (RODRIGUES e SHEPHERD, 2009) e nas propriedades do solo, aliado às práticas culturais e ao manejo do solo, a quantidade e intensidade da precipitação e o estágio de desenvolvimento, seja de uma cultura ou floresta, fatores que também afetam a umidade do solo (PALTINEANU e STARR, 1997).

2.6 Caracterização da espécie *Bauhinia forficata* Link

Popularmente conhecida como pata-de-vaca, unha-de-vaca ou mororó (CÔRREA, 1984), *Bauhinia forficata* Link, é uma espécie pertencente a família Fabaceae e subfamília Caesalpinoideae. A planta tem ampla ocorrência na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, da Paraíba ao Rio Grande do Sul. É uma arvoreta caducifólia, heliófita, medianamente tolerante a baixas temperaturas e pode chegar a medir 20 metros de altura e 30 cm de DAP na sua forma adulta, apresenta certa tortuosidade no tronco e presença de acúleos (CARVALHO, 2003). É facilmente reconhecida por sua folhagem exuberante, com folhas grandes e arredondadas.

A espécie é nativa e de dispersão autocórica, classificada como pioneira em função do desenvolvimento em pleno sol, pois é encontrada nas formações florestais iniciais de capoeirão e secundária (VACCARO et al., 1999), apresenta crescimento moderado, num estudo em Santa Helena – PR, obteve incremento médio em altura de 8,90 m aos 6 anos de idade (CARVALHO, 2003). A madeira é considerada moderadamente pesada, de textura grossa e de pouca durabibilidade, podendo ser utilizada na construção civil e como ferramentas, bem com ser utilizada para lenha e carvão (LORENZI, 1998).

Em função do crescimento considerado moderado, é uma planta recomendada para plantios mistos para a recuperação em ambientes degradados, pois consegue se estabelecer rapidamente além de ser indiferente quanto às condições de umidade do solo, tolerando áreas alagadas por um curto período de tempo (CARVALHO, 2003), e também por ser uma espécie caducifólia ou semi-caducifólia em determinado período do ano, produz grande quantidade de biomassa, auxiliando na ciclagem de nutrientes e na qualidade do solo.

É uma espécie com potencial paisagístico devido às características tais como, porte médio, copa de largura moderada, folhagem e flores com aspecto atrativo, o que a torna adequada para o uso na arborização urbana (ROSA et al., 2008). Também pode ser explorada em função das propriedades medicinais e fitoterapica, podendo ter folhas, flores e casca utilizadas, por ser fonte de substâncias potencialmente terapêuticas, e tem sido muito utilizado nas pesquisas principalmente no controle da diabetes, apresenta ação diurética, tônica renal, depurativa e hipoglicemiante (MENEZES et al., 2007).

2.7 Caracterização da espécie *Mimosa scabrella* Benth

A espécie *Mimosa scabrella* Benth, é popularmente conhecida como bracatinga, pertence a família Fabaceae e subfamília Mimosideae, ocorre de forma natural nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo que nas matas de pinheirais primários não perturbados, a bracatinga é pouco abundante (CARVALHO, 2003). É uma espécie do planalto Sul-Brasileiro e exclusiva da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista, nas formações Montana e Alto-Montana, que tem como característica a formação em aglomeração dos indivíduos em povoamentos puros e dispersos em várias regiões, formando os bracatingais (MACHADO et al., 2015).

É uma planta semidecídua, heliófita e pioneira, rústica que apresenta rápido crescimento, onde se estabelece praticamente como uma floresta pura (LORENZI, 1992). A madeira da bracatinga, apresenta diversas utilidades no mercado, podendo ser destinada a indústria de celulose, serrarias, painéis e um dos seus principais usos é como lenha, em função do potencial energético da espécie (MACHADO et al., 2015).

Na recuperação de áreas degradadas, é uma espécie que atua como facilitadora para o desenvolvimento de outras espécies, a qual é indicada, devido ao seu rápido desenvolvimento, apresenta copa ampla que recobre rapidamente o solo nu, inibindo a invasão de vegetação herbáceo - arbustiva e favorecendo o crescimento de espécies tolerantes ao sombreamento (CARPANEZZI et al., 1997). Segundo Caldeira et al. (2003) a bracatinga é uma espécie importante que atua na fixação do carbono, o qual é absorvido da atmosfera e armazenado em suas estruturas. Além de incorporar elevadores teores de nitrogênio e fósforo, pois é uma planta que apresenta associação com grupos de bactérias, chamados de rizóbios, que para Xavier et al. (2006), a associação entre plantas leguminosas e bactérias é uma simbiose biológica, que traz benefícios para ambas através da fixação biológica de nitrogênio – FBN.

A bracatinga apresenta os anéis de crescimento distintos e evidenciados por fibras de

paredes mais espessas e radialmente estreitas, são visíveis a olho nu e podem ser diferenciados em crescimento primaveril e outonal (MARCHIORI; MUNIZ; SANTOS; 2009). E segundo Steenbock et al. (2011), é uma espécie dependente de intervenções silviculturais desde o início do ciclo, para a formação e conservação do bracatingal, as quais são refletidas em crescimento em diâmetro, em área basal e não tendo a idade como um fator condicionante.

2.8 Caracterização da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi

A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi, popularmente conhecida como aroeira-vermelha ou aroeira-pimenteira, pertence à família Anacardiaceae, ocorre de forma natural na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil. No Brasil, ocorre em diversas regiões fitoecológicas, tais como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e também em sistemas edáficos de primeira ocupação (CARVALHO, 2003).

É uma espécie arbórea, heliófita e pioneira, sendo comum encontrá-la próxima de rios, em áreas úmidas de formações secundárias e também em terrenos secos e pobres, pode alcançar até 15 metros de altura, tem o caule cilíndrico e simpodial, com as cascas rugosas e estriadas. É uma das espécies mais procuradas pela avifauna, altamente dispersada, o que reflete na alta capacidade de regeneração natural, sendo muito útil nos reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 1992). É uma árvore dióica, de porte médio, apresenta folhas compostas e aromáticas, e as sementes são muito utilizadas na culinária como condimento alimentar por seu sabor e aroma como uma pimenta adocicada (CERKUS et al., 2007).

É uma planta pioneira e competitiva em um ambiente com alta taxa de luminosidade, e devido a sua tolerância higromórfica e boa interação biótica, garantem o sucesso regenerativo em ambientes antropizados (KAGEYAMA e GANDARA, 2000), além da forma ampla e globosa da copa que auxilia na rápida cobertura do solo exposto. Possui importância economia e ambiental, por apresentar diversidade na utilização, como a extração de compostos que podem ser utilizados na indústria de curtimento de couros, inseticidas, perfumes, pode ser utilizada na construção civil, para mourões e lenha, e ainda é muito requisitada na apicultura, devido a floração abundante, a produção de pólen e néctar que é atrativa para a entomofauna, além de resinas e dos frutos que são aproveitados pela fauna em geral (CARDOSO e SILVEIRA, 2000).

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na estação experimental do Departamento de Agronomia, Câmpus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, no município de Guarapuava, estado do Paraná. A altitude na área é de aproximadamente 1.033 m, e está situada entre as coordenadas geográficas 25º23'15" S e 51º29'24" W (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo no campus universitário da Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava – PR, 2019.
Fonte: O Autor (2019).

Segundo a classificação Climática de Köppen, o clima é do tipo Subtropical Úmido Mesotérmico - Cfb, característica da ocorrência de verões com temperatura amena, com chuvas bem distribuídas e sem estação seca definida, com temperatura média no mês mais frio de 18ºC e no mês mais quente inferior a 22 °C (IAPAR, 2000).

A precipitação média anual é de 1.961 mm (THOMAZ e VESTENA, 2003). E a caracterização do solo, segundo MichaloWicz (2012), localizado no terceiro planalto, o solo da região é caracterizado pela formação de Latossolo Bruno distrófico muito argiloso.

3.2 Histórico da área de estudo

A área experimental possui aproximadamente um hectare, a vegetação original era

formada por campo nativo, com vegetação arbustiva e gramíneas. Em função dos processos antrópicos recorrentes, expansão da urbanização, construção da ferrovia, construção do lago na parte inferior da área, a qual era alagadiça e de banhado, e uso da área superior com pastejo para cavalos, que corresponde ao período anterior ao ano de 2002. Após o local permaneceu em pousio totalmente degradado e sem condições de iniciar qualquer processo de regeneração.

Em dezembro de 2006, a área foi preparada para o plantio de mudas de espécies florestais, como forma de proteção do lago com mata ciliar, para estudo do crescimento das mudas implantadas na área em processo de recuperação, além de embelezamento paisagístico.

A área foi preparada com roçada mecanizada e abertura de sulcos nas linhas de plantio com arado de um disco, na profundidade de 0 a 0,20 m. Na época, os tratamentos foram baseados na avaliação do efeito de adubação com aplicação de:

Tratamento 1: Testemunha (sem adubação);

Tratamento 2: Calagem para correção da acidez do solo baseado no método de Saturação por Bases a 60% e adição de fertilizantes minerais na dose de 15 kg/ha de N, 80 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de K_2O (Calagem + NPK);

Tratamento 3: Adubação com esterco bovino curtido na dose de 10 Mg/ha (Esterco);

Tratamento 4: Adubação com esterco bovino curtido na dose de 10 Mg/ha e adubação com pó de rocha de basalto na dose de 5 Mg/ha (Esterco + Pó de Rocha) (Anexo 1).

No entanto, para este trabalho esses tratamentos de adubação não foram levados em consideração, em função do tempo decorrido da implantação das mudas, e que hoje certamente não teríamos influência no desenvolvimento, uma vez que as mudas já estão estabelecidas e desenvolvidas na área.

As mudas foram fornecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) do município de Guarapuava, e foram selecionadas para o plantio visando a recuperação do ambiente e baseadas nos critérios:

(i) ser natural da Floresta Ombrófila Mista;

(ii) distribuídas nas categorias de espécies pioneiras e não pioneiras;

(iii) ser atrativa para a fauna local.

Foram plantadas 1013 mudas, distribuídas em oito espécies nativas da região, pertencentes a sete famílias botânicas, sendo quatro espécies pioneiras e quatro espécies secundárias e no ano de 2011 foram plantadas 23 mudas de *Ilex paraguariensis* A. St. Hill. Na Tabela 1, estão as informações citadas acima, além da quantidade de mudas que foram plantadas de cada espécie e a classificação da forma de dispersão, sendo: três zoocóricas, três autocóricas e duas anemocóricas, e do grupo ecológico: pioneiras e não pioneiras.

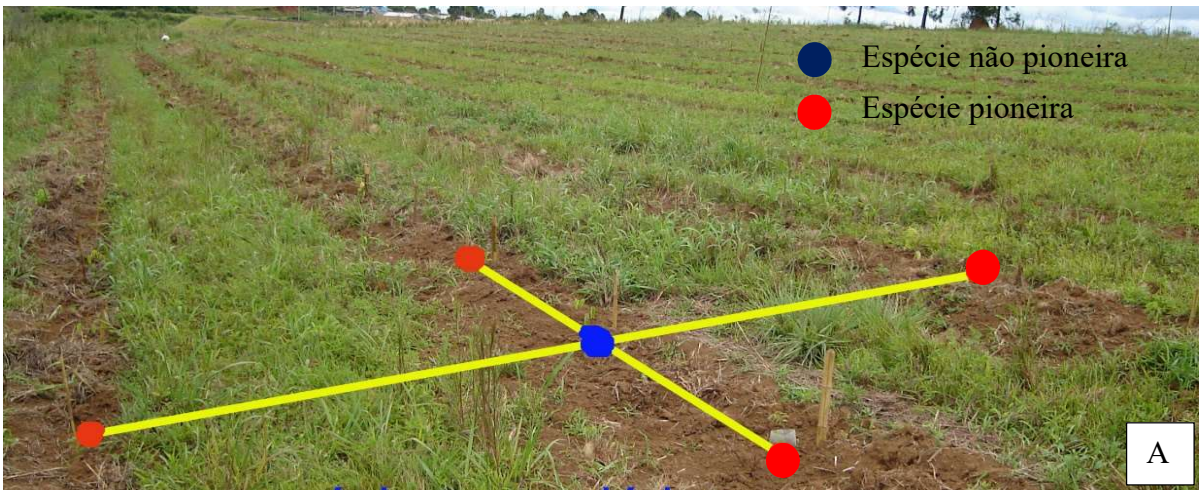
Tabela 1. Características das espécies implantadas em uma área de recuperação, de acordo com o grupo ecológico (GE) e com a síndrome de dispersão (SD), Guarapuava – PR, 2019.

Família	Nome científico	Nome popular	N	GE	SD
[1] Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolius* Raddi	Aroeira vermelha	128	Pioneira	Zoocoria
[2] Euphorbiaceae	*Gymnanthes Klotzchiana* Mull. Arg.	Branquilho	126	Pioneira	Autocoria
[3] Fabaceae	*Bauhinia forficata* Link	Pata de vaca	126	Pioneira	Autocoria
[4] Fabaceae	*Mimosa scabrella* Benth.	Bracatinga	128	Pioneira	Autocoria
[5] Lauraceae	*Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso	Imbuia	125	Não pioneira	Zoocoria
[6] Malvaceae	*Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna	Paineira	126	Não pioneira	Anemocoria
[7] Myrtaceae	*Eugenia uniflora* L.	Pitanga	126	Não pioneira	Zoocoria
[8] Meliaceae	*Cedrela fissilis* Vell.	Cedro	128	Não pioneira	Anemocoria
[9] Aquifoliaceae	*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.	Erva mate	23	Não pioneira	Zoocoria

N: quantidade de mudas plantadas de cada espécie.

Fonte: [1] Cardoso e Silveira (2010); [2] Lorenzi (1992); [3] Vaccaro et al. (1999); [4] Embrapa (1988); [5, 6, 8] Carvalho (1994); [7] Zama et al. (2012).

O plantio foi realizado no mês de janeiro de 2007, as mudas apresentavam em média 40 cm de altura, o espaçamento adotado foi de 2 m entre plantas x 3 m entre linhas. A distribuição das mudas foi realizada de forma sistemática, as quais foram implantadas de forma intercalada entre as espécies pioneiras e não pioneiras (Figura 2A e 2B).



[1] Arquivo pessoal: Cristiano André Pott, autor da implantação da área de estudo.

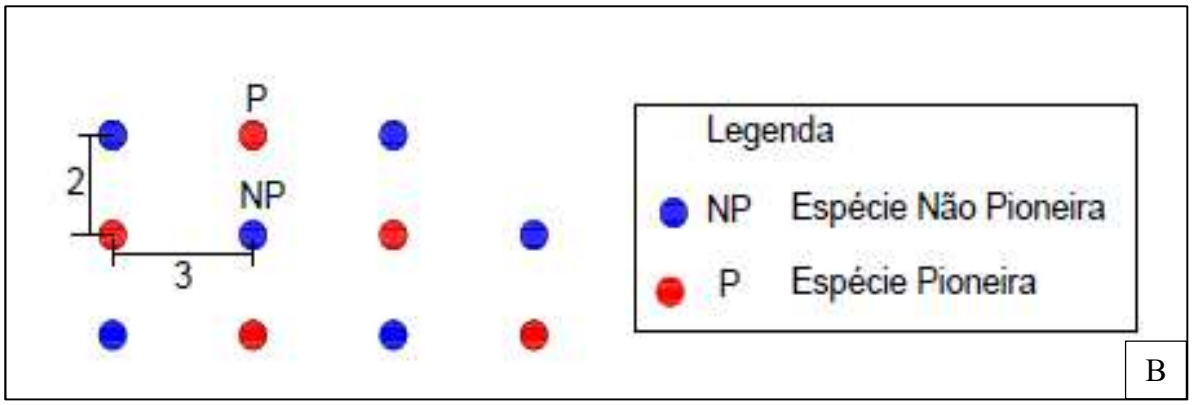


Figura 2. Vista da área após o plantio das mudas em janeiro de 2007 (A), croqui da disposição do plantio das mudas (B), em Guarapuava - PR.
Fonte: Pott (2017) [1].

Na Figura 3, observa-se o estado inicial da área no ano de 2006 e o desenvolvimento das mudas implantadas, ao longo dos anos.

Figura 3. Imagens referentes ao histórico de uso e ocupação da área. A: ano de 2006. B: ano de 2010. C: ano de 2014. D: ano de 2018.
Fonte: Google Earth, 2019.

Na fase de implantação das mudas em 2006, o solo apresentou as características químicas, na profundidade de 0 a 0,2 m e, na sequência, as características químicas e granulometria do solo em 2017, na profundidade de 0 a 0,3 m (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas e granulometria do solo da floresta em recuperação, 2006 e 2017, Guarapuava – PR.

Área de estudo	pH (SMP)	pH (CaCl)	C mg/dm³	MO g/dm³	Bases V%	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al
							Cmol/dm³			
----------Profundidade 0 – 0,3 (m)----------										
FR (2006) [1] *	-	4,4	24,9	-	38,4	2,6	0,14	2,2	2,0	0,2
FR (2017)	4,4	5,7	22,0	39,6	43,0	2,5	0,15	2,9	1,5	0,3

----------Granulometria g kg $^{-1}$----------			
Área de estudo	**Areia**	**Silte**	**Argila**
FR (2006)	-	-	-
FR (2017)	46	187	767

FR: Floresta em recuperação. [1] Profundidade avaliada em 2006 foi de 0 a 0,2 m.

Fonte: * KUNZ et al. (2009).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; NETO, J. A. M.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2006.

ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, A. S.; PEREIRA, I. M. Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região Sul de Minas Gerais. **CERNE**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 360-372, 2006.

AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Dinâmica de capoeiras baixas na restauração de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis,** Piracicaba, n. 57, p. 69-85, 2000.

ÁVILA, M. A.; SOUZA, S. R.; VELOSO, M.D. M.; SANTOS, R. M.; FERNANDES, L. A.; NUNES, Y. R. F. Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forests. **CERNE**, Lavras, v. 22, n. 1, p.1-10, 2016.

BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D.C.; ÀRBOCZ, G. F.; CATHARINO, E. L. M.; DURIGAN, G.; METZGER, J. P. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP**). Revista do Instituto Florestal**, v.18, n.1, p. 121-166, 2006.

BRANCALION, P. H. S. Métodos de restauração florestal: áreas que não possibilitam o aproveitamento inicial da regeneração natural. In: BRANCALION, P. H. S. GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Restauração Florestal.** São Paulo: Oficina e Textos. p. 252-285. 2015.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Decreto nº 8.972 de janeiro de 2017.** Institui a Politica Nacional de Recuperação da vegetação Nativa. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm>. Acesso em: 13 março 2019.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de Acacia mearnsii de Wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 47-54, 2003.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; CAMPOS, L. C.; SILVA, E.; GLERIANI, J. M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore,** Viçosa, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CALLEGARO, R. M.; ANDRZEJEWSKI, C.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; SERRA, G. C. Potencial de três plantações homogêneas como facilitadoras da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 331-341, 2013.

CARDOSO, J. H.; SILVEIRA, J. V. L.; Embrapa Clima Temperado Estação Experimental Cascata Área de Sistemas Agroflorestais Espécies Nativas da Encosta da Serra do Sudeste: **Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi).** 2010. Disponível em: < ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32431/1/Aroeira.Vermelha.pdf>. Acesso em 06 ago 2018.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA/CNPF. 1994. 639 p.

CERKUS, M.; ROMOFF, P.; FÁVERO, O. A.; LAGO, J. H. G. Constituíntes fenólicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 597-599, 2007.

CHAZDON, R. L. **Second Growth: The promise of tropical forest regeneration in na age of deforestation.** University of Chicago Press, Chiacago, 2014. 449 p.

CHIAMOLERA, L. DE B.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **Floresta,** Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 76 -778, 2011.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecossistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 3, p. 485-498, 2013.

DAVIS, M. A.; BIER, L.; BUSHELLE, E.; DIEGEL, C.; JOHNSON, A.; KUJALA, B. Non-indigenous grasses impede woody sucession. **Plant Ecology**, v. 178, p.249-264, 2005.

DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. 2001. A fragmentação da Paisagem. In: OLIVEIRA, A. A. e DALY, D. C. (Eds.). **Florestas do Rio Negro**. São Paulo: Companhia das Letras: UNIP, 2001. Cap. 9. p. 283-301.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **MANUAL TÉCNICO DA BRACATINGA (Mimosa scabrella Benth).** Colombo: EMBRAPA-CNPF, Documentos, 20. 1988. 70p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais.** In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008. p.1-26.

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**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

FONSECA, D. A.; BACKES, A. R.; ROSENFIELD, M. F.; OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 521-534, 2017.

GASPARINO, D.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; SOUZA, I. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.1, p. 1-9, 2006.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA, L. R.; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados.** In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Eds). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. 340 p.

GOOGLE. Google Earth Pro. **Mapas.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-25.38745678,-51.49050093,1034.44640113a,291.33173908d,35y,0h,0t,0r>. Acesso em: 08 fev 2018.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.** 3ª ed. New York: John Wiley & Sons. 1982. 402 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: < http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>. Acesso em: 07 ago 2018.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas especies arboreas - possibilidades e metodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn: GTZ; 1990. 343 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual para identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa, SP. Ed: Plantarum, 1998. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP. Ed: Plantarum. 1992. 352 p.

MACHADO, S. A.; SOUZA, R. F.; APARECIDO, L. M. T.; RIBEIRO, A.; CZELUSNIAK, B. H. Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 199-207, 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 restauração florestal. In: S.V. Martins (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados.** Viçosa: UFV, 2012, p. 69-100.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 143 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2013.

MARTINS, S. V**. Ecologia de florestas tropicais do Brasil.** Viçosa: UFV, 2009, 261 p.

MARTINS, S. V.; SARTORI, M., RAPOSO FILHO, F. L.; SIMONELI, M.; DADALTO, G.; PEREIRA, M. L.; SOUZA DA SILVA, A. E. **Potencial de regeneração natural de florestas nativas nas diferentes regiões do estado do Espírito Santo.** 2014. CEDAGRO. VITÓRIA. 102p.

MELLO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no nordeste do Pará-Brasil.** 2004. 134 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MENEZES, F. S.; MINTO, A. B. M.; RUELA, H. S.; KUSTER, R. M.; SHERIDAN, H.; FRANKISH, N. Hypoglycemic activity of two Brazilian *Bauhinia* species: *Bauhinia forficata* L. and *Bauhinia monandra* Kurz. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 08-13, 2007.

MICHALOWICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em Plantio Direto.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – PPGA/UNICENTRO. Guarapuava, 2012.

NÓBREGA, A. M. F.; VALREI, S. V.; PAULA, R. C.; PAVANI, M. C. M. D.; SILVA, S. A. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do rio Mogi-Guaçu – SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 403- 411, 2009.

OVERBECK, G. E.; HERMANN, J. M.; ANDRADE, B. O.; BOLDRINI, I. I.; KIEHL, K.; KIRMER, A.; KOCH, C.; KOLLMANN, J.; MEYER, S. T.; MÜLLER, S. C.; NABINGER, C.; PILGER, G. E.; TRINDADE, J. P. P.; VÉLEZ-MARTIN, E. WALKER; E. A., ZIMMERMANN, D. G.; PILLAR, V. D. Restoration Ecology in Brazil – Time to step out of the Forest. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n.1, p. 92-95, 2013.

PALTINEANU, I. C.; STARR, J. L. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: laboratory calibration. Soil **Science Society of America Journal,** v. 61, p. 1576-1585, 1997.

QUADROS, E. L. **Recuperação de áreas degradadas.** Florianópolis: Intei, 2009. 104p.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de florestas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal.** São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. Caderno n. 14, 42p.

RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. **O problema do controle de plantas daninhas na restauração florestal.** In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. (Eds.). Controle de plantas daninhas em restauração florestal. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 13-26.

ROCHA, S. P.; PREVEDELLO, J.; REINERT, D. J.; FLEIG, F. D.; VOGELMANN, E. S.; SOARES, J. C. W.; HEINZ, B. B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n.108, 2015.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.** In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). Matas Ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Edusp/ Fapesp, 2000. p. 233-247.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. **Fatores condicionantes da vegetação ciliar.** In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2009. p. 101-107.

ROSA, D. D.; BASSETO, M. A.; OHTO, C. T.; SOUZA, H. G.; SOUZA, N. L.; FURTADO, E. L. Ocorrência de Oídio (*Oidium caesalpiniacearum* Hosag & W. Braum) em pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link.) no Brasil. **Summa Phytopathologica,** Botucatu, v. 34, n. 2, p. 196, 2008.

ROTMEISTER, K.; RAYMUNDO, D.; RIBEIRO, J. H. C.; FONSECA, C. R. DA; ALMEIDA, V. C.; CARVALHO, F. A. Estrutura e diversidade da regeneração florestal na nascente do Córrego São Pedro, Juiz de Fora, MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 59-69, 2015.

SEUBERT, R. C.; MAÇANEIRO, J. P.; BUDAG, J. J.; FENILLI, T. A. B.; SCHORN, L. A. Banco de sementes do solo sob plantios de *Eucalyptus grandis* no município de Brusque, Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 165-172, 2016.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNACIONAL. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica.** Tucson, 2004. Disponível em: < https://c.ymcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Prim er/ser-primer-portuguese.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2018.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades**. 2002. 154 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUSA JÚNIOR, G. A. **Zoneamento da faixa tampão do reservatório da UHE - Camargos e avaliação de sua regeneração natural.** 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil:

influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management,** n. 191, p. 185–200, 2004.

SOUZA, M. A. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.** 2004. 393 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SOUZA, P. A. **Efeito da sazonalidade da serapilheira sobre o banco de sementes visando seu uso na recuperação de áreas degradadas.** 2003. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

STEENBOCK, W.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. Ocorrência da bracatinga (Mimosa scabrella Benth.) em bracatingais manejados e em florestas secundárias na região do planalto catarinense. **Revista Árvore,** Viçosa, v.35, n.4, p.845-857, 2011.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos climáticos de Guarapuava – PR**. Guarapuava: Ed. UNICENTRO, 2003. 106 p.

VACCARO, S., LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza - RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.1-18, 1999.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, v.19. n.1, p.25-33, 2006.

ZAMA, M. Y.; BOVOLENTA, Y. R.; CARVALHO, E. D.; RODRIGUES, D. R.; ARAUJO, C. G.; SORACE, M. A. F.; LUZ, D. G. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas no Parque Estadual Mata São Francisco, PR, Brasil. **Hoehnea** [online], v.39, n.3, p.369-378, 2012.

CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL APÓS DEZ ANOS

RESUMO

Esta pesquisa avaliou a composição florística e fitossociológica em área de recuperação florestal de dez anos de idade, no município de Guarapuava, Paraná. Foram instaladas 55 parcelas de área fixa (10 m x 10 m), foi realizado o censo florestal dos indivíduos com DAP > 5 cm. Em função da área basal, foram definidos três tratamentos: área basal inferior – T1, área basal intermediária – T2 e área basal superior – T3. Para a regeneração, foi selecionado 50% das parcelas em cada tratamento, instaladas três subparcelas e avaliado os indivíduos com altura de > 0,2 m a > 1,3 m, e Dap < 5 cm. Foram calculados os parâmetros fitossociológicos: Densidade, Frequência, Dominância Absoluta e Relativa; Valor de Cobertura, Valor de Importância, Diversidade de Shannon-Weaver, Dominância de Simpson, Similaridade de Jaccard, Índice de impacto ambiental de exóticas e Regeneração Total (RNT) de cada espécie. No estrato arbóreo foram amostrados 729 ind.ha^{-1}, distribuídos em 20 espécies e 15 famílias. O índice de Shannon (H') foi de 2,13 nats.ind^{-1}. Na regeneração, foram amostrados 832 ind.ha^{-1}, distribuídos em 15 famílias e 22 espécies. O índice de Shannon foi de 2,37 nats.ind^{-1}. O número de espécies foi maior nos tratamentos 2 e 3 e, respectivamente, nas parcelas com área basal intermediária e superior. Houve baixa dissimilaridade entre estrato arbóreo e regenerantes, sendo que 50% das espécies do componente arbóreo não tiveram representantes na regeneração. Existe baixa capacidade de regeneração por parte das espécies, fato provavelmente associado a idade da floresta e ao processo de sucessão.

Palavras-chave: diversidade, recuperação de áreas degradadas, regeneração natural, sucessão florestal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the floristic and phytosociological composition of an area of forest restoration implemented in 2007, in the city of Guarapuava, Paraná. The forest census was carried out in an area of 0.5 ha, fixed area plots (10 m X 10 m) were installed, and all individuals with a breast height diameter> 5 cm were measured. Based on the basal area three treatments were defined: T1 - plots with low basal area, T2 - mean basal area and T3 - high basal area. To evaluate the regeneration, 50% of the plots were selected in each treatment and 3 subplots were installed in the center of each plot, and was evaluated individuals with height from > 0.2 m to < 0.5 m and Dap < 5 cm were identified. The phytosociological parameters were calculated: Density, Frequency, Absolute and Relative Dominance; Coverage Value and Importance Value, Shannon-Weaver Diversity Index, Simpson Dominance, and Exotic Environmental Impact Index. In the arboreal stratum were found 729 ind.ha^{-1}, distributed in 20 species and 15 families. The Shannon index (H ') was 2.13 nats.ind^{-1}. In the regeneration, 832 ind.ha^{-1} were found, distributed in 15 families and 22 species. The Shannon index was 2.37 nats.ind^{-1}. The number of species was higher in treatments 2 and 3 and, respectively, in the plots with higher basal area. There was low dissimilarity between arboreal strata and regenerants, and 50% of tree species had no representatives. There is a low regeneration capacity on the part of the species, a fact associated with forest age and the process of sucession.

Keywords: floristic diversity, natural regeneration, restoration of degraded área.

1. INTRODUÇÃO

Em pouco mais de um século houve exploração excessiva das florestas, principalmente pela colheita das espécies araucária e erva mate, o que levou ao desflorestamento de mais de 70% da área de florestas do estado do Paraná. Em 1890, a área de cobertura florestal que era de aproximadamente 83,41% da área total, passou para 23,92 % em 1965. E a partir da década de 1970, a expansão das áreas para a agricultura, o desenvolvimento das cidades, infraestrutura e entre outros fatores, aumentou o impacto na biodiversidade, com a perda de áreas com florestas naturais (MAACK, 2012).

Segundo Reis et al. (1999), uma área é conceituada como degradada, quando a possibilidade de regeneração através de seus meios naturais, sem que haja intervenções humanas, são extintas. Nesse caso, a utilização de técnicas de restauração, auxilia no processo da sucessão ecológica, atua como facilitadora ao propiciar um ambiente com condições para a diversificação, estruturação e manutenção da floresta, ao longo dos anos após a implantação (CORREIA et al., 2016).

Outro fator importante, é a avaliação das condições em que a área se encontra, o histórico de uso e ocupação do solo nos últimos anos, para que se possa aplicar a técnica de forma correta e eficaz (CARPANEZZI e NICODEMO, 2009). Além de que as estratégias adotadas para a recuperação de ecossistemas degradados, na maioria das vezes incluem procedimentos como a eliminação da fonte de distúrbios, intervenções no solo, eliminação ou manejo de espécies invasoras e introdução de espécies desejadas (FONSECA et al., 2017).

Conhecer a florística e a estrutura da regeneração natural são importantes para compreender o processo sucessional da floresta em recuperação, pois auxilia no entendimento da dinâmica da comunidade, na ecologia das espécies e mostra a direção que o ecossistema está caminhando em relação à sucessão ecológica (ÁVILA et al., 2016). Além de descrever a estrutura e os processos envolvidos nesse ambiente, mediante a quantificação da composição florística e dos grupos funcionais, aliados à dinâmica da floresta, a qual mostra a previsão de mudanças estruturais ao longo de um período (LEYSER et al., 2012).

Estudos sobre o desenvolvimento de floresta plantada em área degradada e isolada de outras áreas florestadas, que se encontram em processo de sucessão, são fundamentais para o conhecimento da dinâmica da floresta, de espécies que melhor se adaptam e são eficazes na introdução de novos indivíduos, além de auxiliar no aprimoramento de técnicas que facilitam a colonização e o estabelecimento de novas espécies no ambiente.

Há a necessidade de se recuperar parte das áreas que foram degradadas no passado, para

que tenhamos um ambiente preservado, com diversidade de espécies da fauna e flora, garantindo a perpetuação, o equilíbrio, a variabilidade genética, e ainda atuando na melhora dos fatores como a qualidade do solo, do ar e principalmente da água.

Este capítulo tem como objetivo analisar e comparar a composição florística e fitossociológica do estrato arbóreo e da regeneração natural em um fragmento isolado de floresta que está em processo de sucessão florestal.

Este trabalho teve os seguintes questionamentos a serem respondidos: a) as espécies implantadas estão auxiliando na recuperação do ambiente? Estão facilitando o desenvolvimento de novas espécies na regeneração? b) O tempo de implantação das espécies foi suficiente para a recuperação da área? c) As espécies foram adequadas para iniciar o processo de recuperação?

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Comparar a estrutura arbórea da comunidade implantada no ano de 2007 com as espécies regenerantes que se instalaram posteriormente;

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar a composição da regeneração natural e comparar por meio dos parâmetros florísticos e fitossociológicos o componente arbóreo com a regeneração natural.

Avaliar o efeito da competição em função da área basal na regeneração natural.

Avaliar os grupos funcionais e a síndrome de dispersão das espécies presentes na regeneração.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

A área de estudo está localizada na estação experimental do Departamento de Agronomia, Câmpus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, no município de Guarapuava, estado do Paraná. A altitude na área é de aproximadamente 1.033 m, e está situada entre as coordenadas geográficas 25º23'15" S e 51º29'24" W.

3.2 Amostragem

Para a amostragem dos indivíduos, foram instaladas 55 parcelas permanentes, utilizando o método de área fixa com 10 x 10 m (100 m²) cada parcela. O levantamento florístico foi realizado por meio do censo florestal no estrato arbóreo, contemplando todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm, conforme mostra a Figura 4.

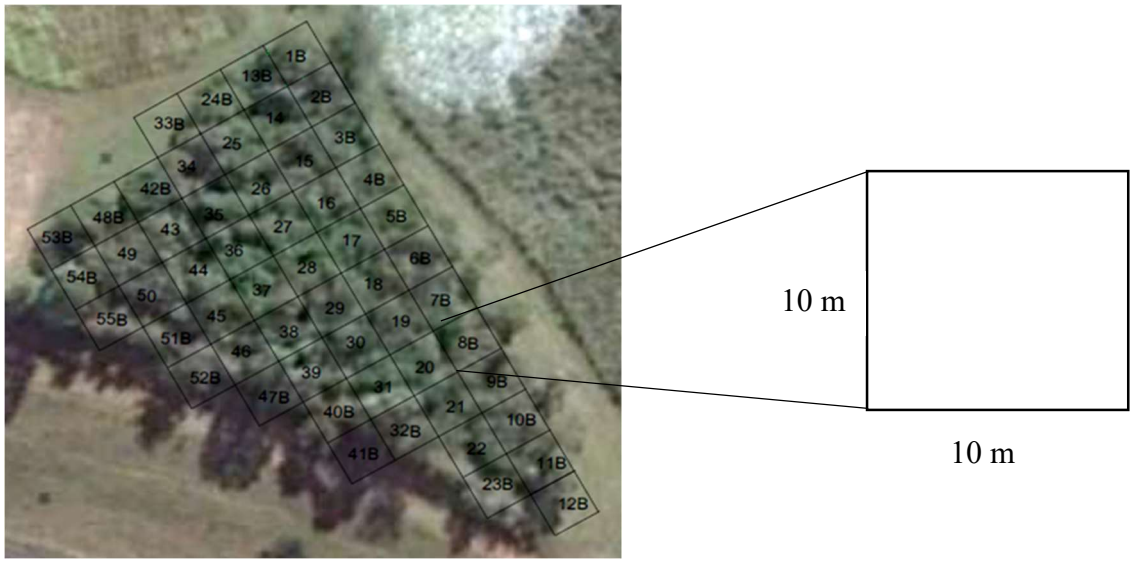


Figura 4. Instalação das parcelas na área de estudo, Guarapuava – PR, 2019.
Fonte: O Autor (2019).

Para a identificação botânica dos indivíduos amostrados na área de estudo, foi coletado material para a confecção de exsicatas e posterior comprovação no herbário da UNICENTRO – Campus Irati, sendo identificados quanto a classificação botânica em nível de espécie, nome popular, científico e família, seguindo o sistema de taxonomia vegetal *Angiosperm Phylogeny*

Group (APG IV, 2016).

3.3 Estratificação

A área basal foi utilizada como critério na estratificação para definir os tratamentos, pois é um importante parâmetro da densidade do povoamento de uma determinada área. Os valores da área basal das 55 parcelas foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmorogov-Smirnov e Shapiro-Wilk, nesse processo foram desconsideradas 5 parcelas de borda, que continham um ou dois indivíduos apenas, e que a maior porção da área da parcela se encontrava descoberta.

Os tratamentos foram definidos em função da área basal das 50 parcelas e de acordo com a distribuição normal dos dados, conforme mostra a Figura 5:

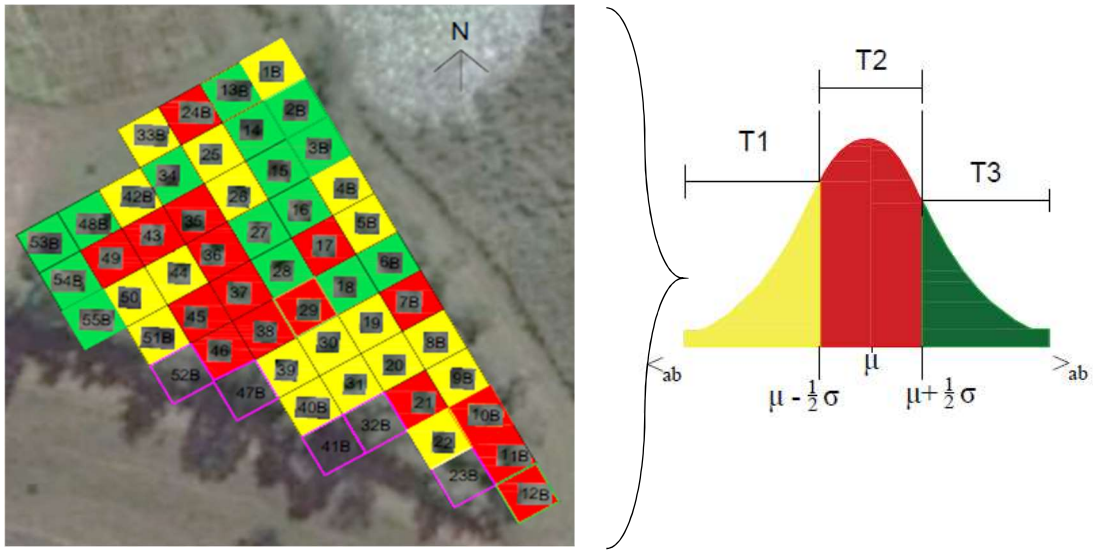


Figura 5. Estratificação da área basal para a definição dos tratamentos. T1: com 19 parcelas com área basal inferior (0,0215 m²) até valor de μ- ½ σ (0,0891 m²), identificado na cor amarela. T2: com 19 parcelas com valor de área basal intermediária de μ- ½ σ (0,0892 m²) até valor de μ+½ σ (0,1530 m²), identificado na cor vermelha. T3: com 12 parcelas com valor de área basal superior μ+½ σ (0,1531 m²) até a parcela de maior área basal (0,2642 m²), identificado na cor verde.

Fonte: O Autor (2019).

3.4 Coleta de dados do estrato da regeneração

Para avaliar o estrato da regeneração, foram amostradas 50% das parcelas de cada

tratamento, onde foram alocadas três subparcelas circulares, partindo sistematicamente do centro da parcela do censo, conforme a metodologia adotada nos estudos realizados por Volpato (1994) e Klein et al. (2009), baseando-se na classificação da altura:

Classe I: Todos os indivíduos com altura ≥ 0,2 m e ≤ 0,5 m.

Classe II: Todos os indivíduos com altura ≥ 0,51 m e ≤ 1,3 m.

Classe III: Todos os indivíduos com altura > 1,3 m e diâmetro a altura do peito (Dap) < 5 cm, conforme a Figura 6.

No total os indivíduos da Classe I foram amostrados em 25 subparcelas de 1 m² (25 m²), da Classe II, em 25 subparcelas de 4 m² (100 m²) e da Classe III, em 25 subparcelas de 9 m² (225 m²). A área da subparcela foi delimitada com linha de nylon partindo do centro da parcela, com sobreposição das medidas nas três classes. A altura das mudas foi medida com régua graduada, o diâmetro à altura do colo (Dac) foi medido com o uso de paquímetro digital, e o diâmetro à altura do peito foi medido com fita métrica. Todos os indivíduos medidos foram identificados quanto a classificação botânica em nível de espécie, nome popular, científico e família, seguindo o sistema de taxonomia vegetal *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016).

Figura 6. Instalação das subparcelas para a análise da regeneração natural em área em processo de recuperação, Guarapuava – 2019.

Fonte: O Autor (2019).

3.5 Análise da suficiência amostral para a regeneração natural

A suficiência amostral foi realizada para a regeneração natural, por meio da construção da curva de acumulação de indivíduos. Para fazer a estimativa do número acumulado de indivíduos, foi utilizado o programa *EstimateS* 9.10 (COLWELL; MAO; CHANG, 2004), utilizando o método de *Mao Tao*, com intervalo de confiança de 95%, onde as matrizes de dados foram montadas a partir dos valores para a abundância e ausência de cada espécie (y) para cada subparcela (x), em cada unidade amostral. E então plotados na forma de figura no *Software Microsoft Excel* 2016.

3.6 Análises estatísticas

Para a análise do estrato da regeneração, foi comparada a competição da área basal dos indivíduos presente nos tratamentos T1, T2 e T3 e nas Classes I, II e III, em um delineamento inteiramente casualizado, análise de variância e teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

3.7 Análise da composição florística e estrutura fitossociológica

Para a caracterização da estrutura horizontal da vegetação arbórea foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade, Frequência, Dominância em valores absolutos e relativos, Valor de Importância (VI), Valor de Cobertura (VC).

Para a caracterização da regeneração natural foi calculado apenas a Densidade, e a Regeneração Natural por Classe (RNC) e Total (RNT). A diversidade florística foi calculada por meio dos índices de Shannon (H'), Dominância de Simpson (D), Similaridade de Jaccard (J), para os dois estratos estudados.

3.8 Caracterização dos grupos ecológicos e das síndromes de dispersão

As espécies foram classificadas de acordo com o grupo ecológico, considerando: espécies pioneiras e não pioneiras, conforme Barbosa et al., (2015).

E a síndrome de dispersão, foi realizada de acordo com Van Der Pijl (1982), classificada como: autocórica que é a capacidade da planta de auto dispersar, zoocórica quando a dispersão é realizada por animais e anemocóricas quando a dispersão é feita pelo vento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relação dos indivíduos implantados em 2007 e amostrados em 2017

Considerando os indivíduos que foram plantados no ano de 2007, para os que foram amostrados em 2017 com medida de DAP > 5 cm, houve uma alta taxa de mortalidade nesse processo de desenvolvimento das mudas, pois, ao observar os valores apresentados na Figura 7, a média de sobrevivência das espécies foi de 25,4%, esse fato deve-se principalmente pela época de plantio, período de alta temperatura e baixa precipitação, que influenciou no pegamento das mudas, e além das características quanto a necessidade de luz ou de sombreamento de cada espécie.

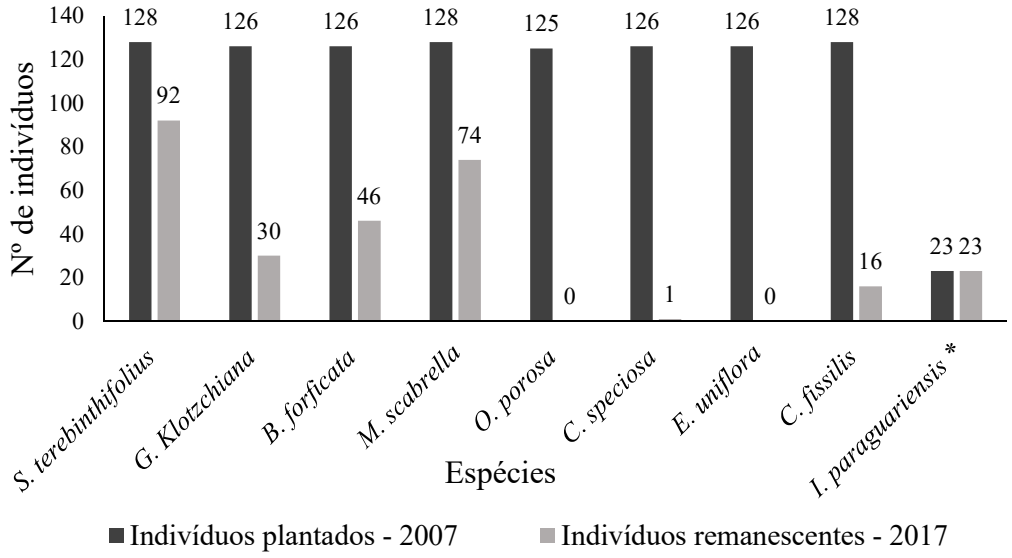


Figura 7. Indivíduos plantados no ano de 2007 e indivíduos amostrados no ano de 2017.

* Plantada no ano de 2011.

Fonte: O Autor (2019).

Nota-se na Figura 7, que as espécies pioneiras apresentaram média de sobrevivência de 47,5%, enquanto as espécies secundárias apresentaram 3,3% de sobrevivência. Em relação às espécies plantadas, *E. uniflora* não obteve indivíduos com DAP > 5 cm, em função do crescimento lento e possivelmente devido às condições de alta luminosidade na fase inicial do plantio. A espécie *O. porosa* não sobreviveu nesse modelo de plantio, pois é uma planta que necessita de sombreamento na fase inicial de desenvolvimento para o seu estabelecimento.

4.2 Composição florística do estrato arbóreo

A Tabela 3, apresenta os parâmetros fitossociológicos para os indivíduos do estrato arbóreo presente na área em processo de recuperação florestal, bem como o grupo ecológico e a síndrome de dispersão para cada espécie.

Após 10 anos do plantio das mudas, foram encontrados 401 indivíduos no estrato arbóreo com DAP ≥ 5,0 cm, pertencentes a 15 famílias, 17 gêneros e 20 espécies. As famílias mais representativas foram: Fabaceae (32,02%) com 3 espécies, Anacardiaceae (23,95%) com 2 espécies, Lauraceae (21,35%) com 2 espécies e Euphorbiaceae (7,81%) com uma espécie (Tabela 3).

Foram identificadas 20 espécies, destas sete foram plantadas em 2007 e 13 se estabeleceram durante o processo de recuperação. Este valor corresponde a 65% das espécies que provavelmente foram trazidas pela fauna e pelo vento de locais próximos a área de estudo, indicando que as espécies implantadas foram essenciais na introdução e no desenvolvimento destas novas espécies. Ao todo foram identificadas 16 famílias, destas seis são referentes às espécies plantadas e 11 em relação às espécies que se instalaram após o plantio, cerca de 62,5%.

Das 13 espécies que se estabeleceram na área em recuperação, 11 são espécies nativas e duas *Pinus taeda* e *Hovenia dulcis*, que são espécies exóticas com potencial invasor, ou seja, cerca de 10% do total de espécies, que apresentam elevada produção e alta taxa de dispersão de sementes, e que em menos de 10 anos apresentaram diâmetro de 14,3 e 5,2 cm, respectivamente. O que indica o quanto elas se adaptam facilmente aos ambientes, mesmo em condições adversas competem por espaço, luz, nutrientes e muitas vezes inibem o desenvolvimento de espécies nativas na regeneração natural.

Segundo Callegaro et al. (2013) a uva-do-japão é uma espécie com alta capacidade invasora, de fácil adaptação às condições adversas do ambiente e estabelecimento de plântulas, apresenta alta densidade de indivíduos nos ambientes em que se estabelece, crescimento rápido, com produção elevada de sementes e alta dispersão pelos animais, por apresentar fruto atrativo.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos em área de recuperação florestal plantada com 10 anos de idade, Guarapuava – PR, 2019. N= Número de indivíduos amostrados, por espécie; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoA= Dominância Absoluta; DoR= Dominância Relativa; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; VC= Valor de Cobertura; VI= Valor de Importância. GE= Grupo ecológico; P= pioneira; NP= não pioneira. SD= Síndrome de dispersão; Zoo= Zoocoria; Ane= Anemocoria; Auto= Autocoria.

Família / Nome científico	Nome Comum	N	DA (n/ha^{-1})	DR (%)	DoA ($m^2.ha^{-1}$)	DoR (%)	FA	FR (%)	VC (%)	VI (%)	GE	SD
Anacardiaceae												
[1] *Schinus terebinthifolius* Raddi	Aroeira vermelha	92	167,3	22,9	2,92	26,2	81,8	19,3	24,1	22,5	P	Zoo
Fabaceae												
[1] *Bauhinia forficata* Link	Pata de vaca	46	83,6	11,5	0,356	3,08	60,0	14,2	7,27	9,57	P	Auto
[1] *Mimosa scabrella* Benth.	Bracatinga	74	134,5	18,5	6,582	56,8	74,5	17,6	37,6	31,0	P	Auto
Euphorbiaceae												
[1] *Gymnanthes klotzchiana* Mull. (Arg)	Branquilho	30	54,5	7,5	0,212	1,83	34,5	8,15	4,65	5,82	P	Zoo
Malvaceae												
[1] *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna	Paineira	1	1,8	0,3	0,006	0,06	1,82	0,43	0,15	0,24	NP	Ane
Meliaceae												
[1] *Cedrela fissilis* Vell.	Cedro	16	29,1	4,0	0,138	1,19	25,4	6,01	2,59	3,73	NP	Ane
Aquifoliaceae												
[2] *Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.	Erva mate	23	41,8	5,7	0,123	1,06	25,4	6,01	3,40	4,27	NP	Zoo
Anacardiaceae												
Schinus molle L.	Aroeira salsa	2	3,6	0,5	0,016	0,14	3,64	0,86	0,32	0,50	P	Zoo
Fabaceae												
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Angico vermelho	1	1,8	0,3	0,147	1,27	1,82	0,43	0,76	0,65	P	Ane
Asteraceae												
Baccharis punctulata DC.	Vassoura	1	1,8	0,3	0,009	0,07	1,82	0,43	0,16	0,25	P	Ane
Baccharis trinervis sp.	Vassoura	2	3,6	0,5	0,007	0,06	3,64	0,86	0,28	0,47	P	Ane
Caricacae												
Vasconcellea quercifolia A.St.-Hil.	Mamoeiro do mato	1	1,8	0,3	0,010	0,09	1,82	0,43	0,17	0,26	P	Zoo
Lauraceae												
Cinnamomum sellowianum (Nees & Mart.) Kosterm.	Canela raposa	1	1,8	0,3	0,004	0,03	1,82	0,43	0,14	0,24	NP	Zoo
Ocotea puberula (Rich.) Nees	Canela guaicá	81	147,3	20,2	0,526	4,54	58,2	13,7	12,4	12,8	NP	Zoo
Pinaceae												
Pinus Taeda L.	Pinus	1	1,8	0,3	0,029	0,25	1,82	0,43	0,25	0,31	P	Ane

Tabela 3. *Continua...*

Família / Nome científico	Nome Comum	N	DA (n/ha^{-1})	DR (%)	DoA ($m^2.ha^{-1}$)	DoR (%)	FA	FR (%)	VC (%)	VI (%)	GE	SD
Quilajaceae												
Quillaja brasiliensis (A. St.- Hil & Tul.) Mart.	Quilaja	1	1,8	0,3	0,006	0,05	1,82	0,43	0,15	0,24	P	Ane
Rhamnaceae												
Hovenia dulcis Thunb.	Uva do japão	1	1,8	0,3	0,004	0,03	1,82	0,43	0,14	0,24	P	Zoo
Rosaceae												
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	Pessegueiro bravo	1	1,8	0,3	0,005	0,04	1,82	0,43	0,15	0,24	P	Zoo
Rutaceae												
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Mamica de cadela	3	5,5	0,8	0,012	0,10	5,45	1,29	0,43	0,71	P	Zoo
Solanaceae												
Solanum granuloso-leprosum Dunal	Fumeiro bravo	6	10,9	1,5	0,028	0,24	9,09	2,15	0,87	1,29	P	Zoo
Morta	Morta	17	30,9	4,2	0,441	3,81	24,45	6,01	4,03	4,69	-	
Total		401	729,1	100	11,6	100	423,6	100	100	100		

[1] Espécie plantada no ano de 2007. [2] Espécie plantada no ano de 2011.

Fonte: O Autor (2019).

Das espécies amostradas 75% são pioneiras e 25% de espécies não-pioneiras, o que evidencia que o processo de sucessão florestal se encontra em uma fase inicial e que ocorre de forma lenta, porém são elas que atuam como facilitadoras para o estabelecimento de novas espécies, que ocorre se o ambiente oferecer as condições ideais para a germinação e desenvolvimento da regeneração.

Nesse sentido, 55% das espécies foram dispersas por zoocoria, 35% por anemocoria e 10% por autocoria, evidenciando a importância das espécies implantadas que serviram de abrigo e descanso, para os animais, principalmente as aves para que pudessem atuar como dispersores, pois são espécies que possuem copas amplas e frutos atrativos que servem de alimento.

Das espécies plantadas *M. scabrella*, *S. terebinthifolius* e *B. forficata* foram as que apresentaram os maiores índices de valor de importância, com 30,96%, 22,5% e 9,57%, respectivamente, e juntas somaram 63,03%. Enquanto que *O. puberula*, espécie regenerante que se estabeleceu após o plantio, apresentou índice de valor de importância de 12,83 %. As espécies citadas acima como as mais importantes são as mesmas que representam o valor de cobertura (VC), isso mostra que na área há uma alta dominância por estas espécies.

Em um período de 10 anos, a área em processo de recuperação apresentou a densidade de 729 ind.ha^{-1} com DAP > 5 cm, o índice de diversidade florística de Shannon (H') obtido foi de 2,13 nats.ind^{-1}, esse valor é considerado bom, pois expressa a diversidade de espécies da comunidade vegetal, e indica a evolução do local de estudo de 0 a 2,13 em 10 anos. O índice de dominância de Simpson encontrado foi de 0,15. Esse valor informa que a probabilidade de dois indivíduos da mesma espécie serem sorteados aleatoriamente é de 15%, demonstrando que no local há uma certa dominância por uma determinada espécie.

Biz (2017) estudou em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial e encontrou 1995,3 ind.ha^{-1} com DAP > 5 cm, distribuídos em 21 famílias e 34 espécies, o índice de Shannon (H') obtido foi de 2,22 nats.ind^{-1}, e o índice de Simpson (D) foi de 0,23.

Mazon (2014) estudou a composição florística e fitossociológica na Floresta Ombrófila Mista em manejo silvipastoril e em sucessão secundária, encontrou no levantamento a densidade de 580,5 ind.ha^{-1} na área com manejo silvipastoril, distribuídos em 23 famílias, 33 gêneros e 44 espécies e 1411,7 ind.ha^{-1} na área de sucessão florestal distribuídos em 33 famílias, 52 gêneros e 68 espécies. Obteve os índices de diversidade de Shannon (H'), para a área em sistema silvipastoril de 1,9 nats.ind^{-1}, e na área de floresta em processo de sucessão florestal 3,25 nats.ind^{-1}.

Martins et al. (2017) estudaram a dinâmica da vegetação arbórea em uma área de Floresta com Araucaria antropizada, em Boa Ventura do São Roque – PR, amostraram 2596 ind. ha^{-1} e 2558 ind. ha^{-1} com DAP > 5 cm, respectivamente. Os autores registraram o aumento da composição florística, distribuídos em 27 famílias e 47 espécies.

Fonseca et al. (2017) estudaram em uma área em processo de restauração também em área plantada com 10 anos de idade, em Cachoeirinha - RS, no levantamento florístico encontraram no estrato superior 232 indivíduos (580 $ind.ha^{-1}$) medindo DAP > 5 cm, com 28 espécies presentes, distribuídas em 18 famílias, destas Fabaceae foi a família com maior representatividade e dos indivíduos não plantados a espécie *Myrsine coriaceae* (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult, foi a que apresentou maior densidade.

Soares et al. (2016) estudaram a influência da composição de grupos ecológicos, espaçamento e arranjo de plantio na recuperação de matas ciliares em margem de reservatório artificial no Sudeste do Brasil, aos 12 anos após a implantação com cinco modelos de plantios mistos, no estrato arbóreo foram identificados no total 845 indivíduos, ou 489 $ind.ha^{-1}$ pertencentes a 32 espécies, 29 gêneros e 22 famílias. O índice de diversidade de Shannon foi de 2,37 $nats.ind^{-1}$ e riqueza de 0,75.

4.3 Composição florística da regeneração natural por tratamento

No levantamento florístico da regeneração natural, considerando os três tratamentos, foram amostrados 208 indivíduos entre 0,3 m de altura e Dap < 5 cm, distribuídos em 15 famílias e 22 espécies. As famílias mais representativas foram: Lauraceae (29,8 %) com duas espécies, Anacardiaceae (14,5 %) com duas espécies, Asteraceae (10,5 %) com duas espécies, Rutaceae (7,4 %) e Myrtaceae (6,1 %) com apenas uma espécie em cada, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Composição florística da regeneração natural de floresta em recuperação, Guarapuava - PR, 2019. N-T1; N-T2; N-T3= Nº de indivíduos em cada tratamento. Grupo ecológico (GE); P= pioneira; NP= não pioneira; Síndrome Dispersão (SD); Ane= anemocoria.; Zoo= zoocoria; Aut= autocoria.

Nome científico / Família	Nome Comum	N T1	DA (n/ha^{-1}) T1	N T2	DA (n/ha^{-1}) T2	N T3	NA (n/ha^{-1}) T3	GE	SD
Anacardiaceae									
Lithraea brasiliensis Marchand.	Bugreiro	-	-	-	-	1	4	P	Zoo
Schinus terebinthifolius Raddi.	Aroeira vermelha	16	64	10	40	6	24	P	Zoo
Aquifoliaceae									
Ilex paraguariensis A. St.- Hil.	Erva mate	4	16	3	12	-	-	NP	Zoo
Asteraceae									
Baccharis sp.	Vassoura	14	56	6	25	3	12	P	Ane
Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	Vassourão-branco	-	-	1	4	-	-	P	Ane
Canellaceae									
Cinnamodendron dinisii Schwacke	Pimenteira	-	-	-	-	1	4	NP	Zoo
Euphorbiaceae									
Gymnanthes klotzchiana Mull. Arg.	Branquilho	4	16	2	8	2	8	P	Auto
Fabaceae									
Bauhinia forficata L.	Pata de vaca	1	4	-	-	-	-	P	Auto
Mimosa scabrella Benth.	Bracatinga	-	-	1	4	-	-	P	Auto
Lauraceae									
Cinnamomum amoenum (Nees) Kosterm.	Canela raposa	-	-	1	4	-	-	NP	Zoo
Ocotea puberula (Rich.) Nees	Canela guaicá	13	52	35	140	19	76	NP	Zoo
Moraceae									
Morus nigra L.	Amora-preta	1	4	3	12	3	12	P	Zoo
Myrtaceae									
Eugenia uniflora L.	Pitanga	3	12	5	20	6	24	NP	Zoo
Primulaceae									
Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Capororoquinha	-	-	-	-	1	4	P	Zoo

Tabela 4. *Continua…*

Nome científico / Família		N T1	DA (n/ha^{-1}) T1	N T2	DA (n/ha^{-1}) T2	N T3	NA (n/ha^{-1}) T3	GE	SD
Myrsine umbellata Mart.	Capororoca	-	-	2	8	2	8	NP	Zoo
Rosaceae									
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	Pessegueiro bravo	-	-	1	4	1	4	NP	Zoo
Rutaceae									
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Mamica de cadela	6	24	8	32	3	12	NP	Zoo
Salicaceae									
Casearia decandra Jacq.	Guaçatunga	-	-	-	-	1	4	NP	Zoo
Sapindaceae									
Allophylus edulis (A. St.-Hil. Cambess e A. Juss) Radlk.	Vacum	3	12	3	12	1	4	P	Zoo
Matayba eleagnoides Radlk	Miguel pintado	-	-	1	4	-	-	NP	Zoo
Xylosma ciliatifolia (Clos.) Eichler	Sucará	1	4	-	-	-	-	NP	Zoo
Solanaceae									
Vassobia breviflora (Sendtn.) Hunz.	Esporão-de-galo	3	12	5	20	2	8	P	Zoo
Total		69	276	87	348	52	208		

Nota-se que das 22 espécies amostradas na regeneração natural, 95,4% são espécies nativas e apenas uma é exótica (4,6%). Na Tabela 4, é possível verificar que 77,3% das espécies amostradas, foram dispersas por animais, 9,1% foram dipersas pelo vento e 13,6% dispersas pela própria planta, isso demonstra a importância das espécies implantadas que podem ter servido de abrigo, alimento ou poleiros para a fauna local.

As espécies que mais apareceram na regeneração nos três tratamentos foram *O. puberula*, seguida de *S. terebinthifolius*, *Z. rhoifolium*, *E. uniflora* e *Baccharis* sp. É importante salientar que ao longo do processo de recuperação houve evolução no aumento do número de espécies e famílias presente na área de estudo, comparando com a implantação e o censo florestal dos indivíduos de porte arbóreo. É possível perceber ainda o estabelecimento de espécies pioneiras e não pioneiras, que não tinham sido implantadas, e que se estabeleceram posteriormente, tais como *A. edulis*, *L. brasiliensis*, *V. discolor* e *C. dinisii*, *C. amoenum*, *O. puberula*, *M. umbellata*, respectivamente.

Na Figura 8, é apresentada a relação do número de espécies e de famílias amostrados em cada tratamento.

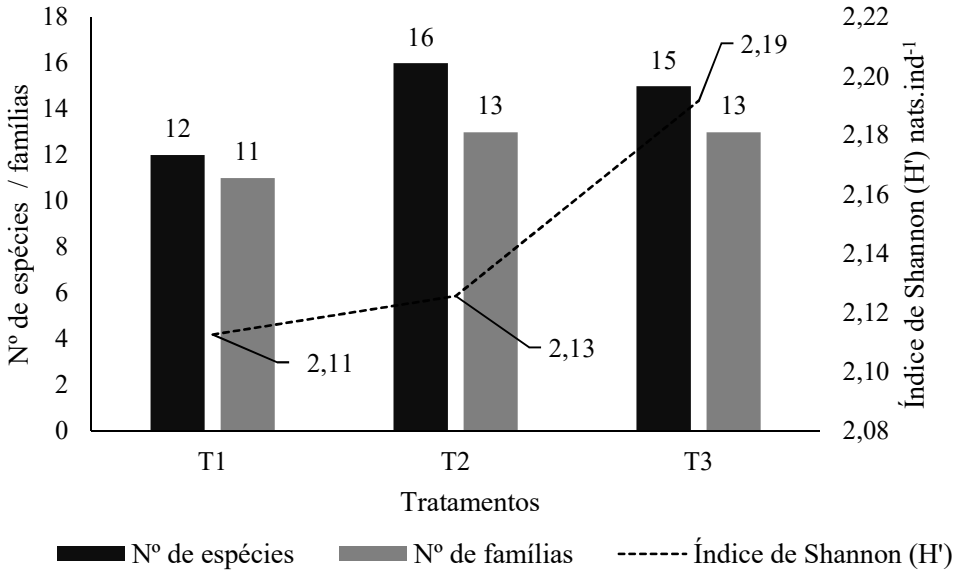


Figura 8. Relação do número de espécies e famílias em cada tratamento.

Os tratamentos T2 e T3, foram os que apresentaram maior número de espécies classificadas como não pioneiras, demonstrando que no ambiente com média intensidade de luz em função do sombreamento, outras espécies estão se desenvolvendo, aumentando a diversidade da floresta, e no T1, a maior parte dos indivíduos amostrados são espécies pioneiras

que necessitam de maior intensidade de luz para o desenvolvimento.

O mesmo pode ser observado para os valores do índice de diversidade de Shannon (H'), aumentou de acordo com o tratamento em função da área basal, pois, nas parcelas com menor incidência de luz solar, foi possível o estabelecimento de novas espécies.

4.4 Composição florística da regeneração natural por classe (RNC)

Dos 208 indivíduos amostrados, foram 128 na Classe III com altura > 1,3 m e DAP < 5 cm, 58 na Classe II com altura > 0,51 m e < 1,3 m, e 22 na Classe I com altura de 0,2 m e < 0,5 m, distribuídos em 15 famílias e 22 espécies, e destas 50% são pioneiras e 50% não pioneiras. As famílias mais representativas foram: Lauraceae (29,8%) com duas espécies, Anacardiaceae (14,5%) com duas espécies, Asteraceae (10,5 %) com duas espécies, Rutaceae (7,4%) e Myrtaceae (6,1%) com apenas uma espécie em cada (Tabela 5).

A classe III apresentou o maior número de espécies (17), seguida da classe II com 10 espécies e a classe I com 6 espécies. É possível perceber, que o número de indivíduos recrutados na classe I é pequeno, fato que aliado a dificuldade da germinação das sementes e das condições não favoráveis a sobrevivência das plântulas, pode afetar no desenvolvimento da floresta. Por outro lado, as espécies pioneiras foram as mais presentes na área e consequentemente elas apresentam crescimento rápido passando de uma classe para outra.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos nas Classes I, II e III em área de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019. N (I, II, III) = Nº de indivíduos amostrados, por espécie e por Classe; DA (I, II, III) = Densidade Absoluta para cada Classe; RNCI= Regeneração Natural da Classe I; RNCII= Regeneração Natural da Classe II; RNCIII= Regeneração Natural da Classe III; GS= Grupo sociológico; P= Pioneira; NP= Não Pioneira.

Nome científico	N III	DA III (n/ha^{-1})	N II	DA II (n/ha^{-1})	N I	DA I (n/ha^{-1})	RNC I	RNC II	RNC III	RNT	GE
Baccharis sp.	18	72	4	16	1	4	4,00	6,57	12,45	23,02	P
Eugenia uniflora L.	5	20	7	28	2	8	7,99	12,28	4,96	25,23	SI
Gymnanthes klotzschiana Müll. (Arg.)	5	20	1	4	2	8	6,27	1,90	4,36	12,53	SI
Ocotea puberula (Rich.) Nees.	39	156	17	68	11	44	37,07	26,11	26,1	89,28	SI
Schinus terebinthifolius Raddi.	22	88	8	32	2	8	6,27	13,15	15,82	35,24	P
Cinnamodendron dinisii Schwanke.	-	-	1	4	-	-	0,0	1,90	0,0	1,9	ST
Ilex paraguariensis A. St.-Hil.	5	20	2	8	-	-	0,0	2,76	4,36	7,12	C
Matayba elaeagnoides Radlk.	-	-	1	4	-	-	0,0	1,90	0,0	1,9	ST
Morus nigra L.	6	24	1	4	-	-	0,0	1,90	5,36	7,26	E
Myrsine umbellata Mart.	1	4	3	12	-	-	0,0	5,71	0,99	6,7	P
Vassobia breviflora (Sendtn.) Hunz.	8	32	2	8	-	-	0,0	3,81	7,94	11,75	P
Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	-	-	1	4	-	-	0,0	1,90	0,0	1,9	P
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	7	28	10	40	-	-	0,0	14,87	6,35	21,22	P
Allophylus edulis (A. St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	3	12	-	-	4	8	15,99	0,0	2,38	18,37	SI
Bauhinia forficata Link.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	P
Casearia decandra Jacq.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	ST
Cinnamomum amoenum (Nees) Kosterm.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	ST
Lithraea brasiliensis Marchand.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	P
Mimosa scabrella Benth.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	P
Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult.	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	SI
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	2	8	-	-	-	-	0,0	0,0	1,99	1,99	SI
Xylosma ciliatifolia (Clos) Eichler	1	4	-	-	-	-	0,0	0,0	0,99	0,99	P
Total	128	512	58	232	22	88	77,59	94,79	99,99	272,34	-

O Índice de Shannon encontrado neste estudo foi de 2,37 nats.ind^{-1}, e o índice de dominância de Simpson foi de 0,14 indicando que há uma certa dominância de alguma espécie, nesse caso a espécie *O. puberula*, pois a possibilidade de encontrarmos esse indivíduo aleatoriamente é de 14%.

Pastório, Bloemer e Gasper (2018) estudaram a composição florística da regeneração natural na Floresta Atlântica Subtropical, encontraram nas três classes de tamanho semelhantes ao desse trabalho, 1.048 indivíduos, distribuídos em 112 espécies e 37 famílias. Quanto a classificação aos grupos ecológicos, 16,07% eram pioneiras, 48,21% eram secundárias e 28,57% eram clímax e 7,14% não foi possível classificar. O índice de Shannon (H') foi de 3,61 nats.ind^{-1} para as classes um e dois, e de 3,47 nats.ind^{-1} para a classe três.

Aguiar et al. (2017) estudaram a regeneração natural em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Sul Catarinense, encontraram nas três classes de tamanho 503 individuos, pertencentes a 58 espécies e 29 famílias, sendo as famílias mais representativas a Myrtaceae (13) e Salicaceae (4), e o índice de Shannon (H') foi de 3,34 valor superior ao deste estudo.

A classe III dos regenerantes foi responsável por 36,7% do RNT, seguida pelas classes II (34,8%) e I (28,5%). As espécies de maior RNT foram: *O. puberula* (89,28%), seguida de *S. terebinthifolius* (35,24%), *E. uniflora* (25,23%), *Baccharis* sp. (23,02%), *Z. rhoifolium* (21,22%) e *A. edulis* (18,37%). Destas espécies apenas quatro estão presentes no componente arbóreo adulto, isto indica a capacidade e o potencial de germinação das sementes desses indivíduos, além da manutenção e da provável perpetuidade ao longo do tempo na floresta.

A similaridade das espécies entre o estrato arbóreo e a regeneração foi de 28%, das 20 espécies do componente arbóreo adulto, 10 espécies (50%) não foram amostradas na regeneração natural, destas duas são exóticas (*P. taeda* e *H. dulcis*) e as demais podem ser consideradas jovens para a produção de sementes e dependem principalmente de agentes dispersores. Das 22 espécies da regeneração, treze (59%) não estavam presentes no componente adulto, o que sugere a ação de agentes dispersores, tais como animais e o vento, e consequentemente a evolução sucessional da floresta.

Na Classe I, foram amostrados 88 ind.ha^{-1} distribuídos em seis espécies e seis famílias. Deste total, a *O. puberula* foi a espécie com maior representatividade com 11 indivíduos, seguida da espécie *A. edulis* com quatro representantes. Na Classe II, foram amostrados cerca de 232 ind.ha^{-1} distribuídos em 12 espécies nativas e uma espécie exótica (*M. nigra* L.), sendo a espécie O. *puberula*, com maior representatividade (17 indivíduos), seguida da *Z. rhoifolium*

(10 indivíduos), *S. terebinthifolius* (8 indivíduos) e *E. uniflora* (7 indivíduos). Na Classe III , foram amostrados 512 ind.ha^{-1} distribuídos em 21 espécies nativas e uma espécie exótica. A espécie com maior representatividade foi *O. puberula* com 67 indivíduos, seguida da *S. terebinthifolius* com 37, *Baccharis* sp com 18, *Z. rhoifolium* com 17 e *E. uniflora* com 14 indivíduos.

A floresta em estudo está se desenvolvendo, pois, novas espécies estão sendo inseridas naturalmente, pois o ambiente sombreado proporcionado pelas espécies pioneiras, está possibilitando o estabelecimento de espécies que necessitam desta condição para se desenvolver neste local. De acordo com a legislação que define as formações vegetais e estágios sucessionais de vegetação secundária no estado do Paraná, a floresta em estudo é considerada em estágio inicial de sucessão, em função das características apresentadas (BRASIL, 1994).

Na Figura 9, encontra-se a curva de acumulação de espécies do componente regenerante em função do número de parcelas, com intervalos de 95 % de confiança que variaram em torno de 4 espécies para mais ou para menos.

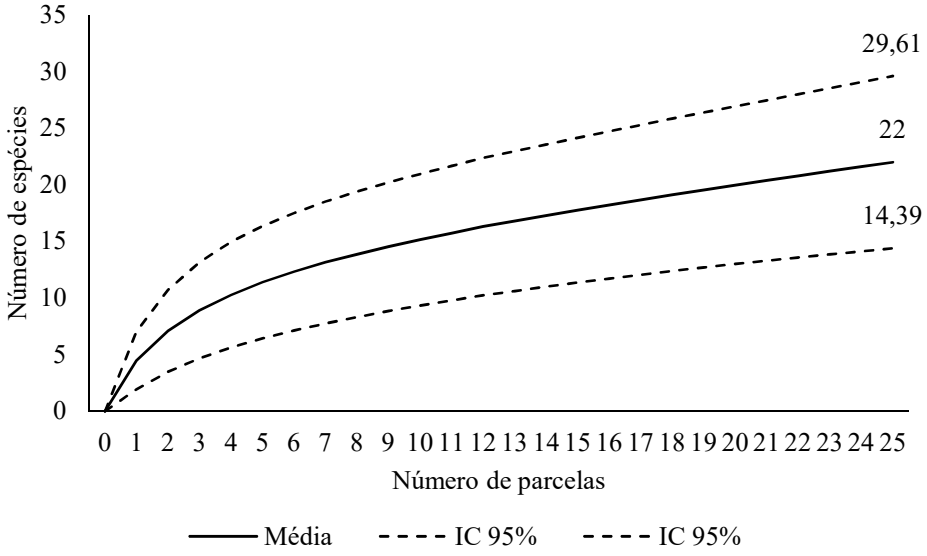


Figura 9. Curva de acumulação de espécies com intervalos de 95% de confiança, para o componente regenerante em uma área de recuperação florestal, Guarapuava – PR.
Fonte: O Autor (2019).

A curva de acumulação de espécies indicou tendência para a estabilização, pois com o acréscimo da última parcela, o aumento médio para o número de espécies foi de 2,32% inferindo que a amostragem foi adequada para a caracterização florística da área de estudo.

4.5 Área basal do estrato arbóreo X área basal da regeneração

Na Figura 10, tem-se a relação da área basal medida nos indivíduos presente nas classes em relação aos tratamentos.

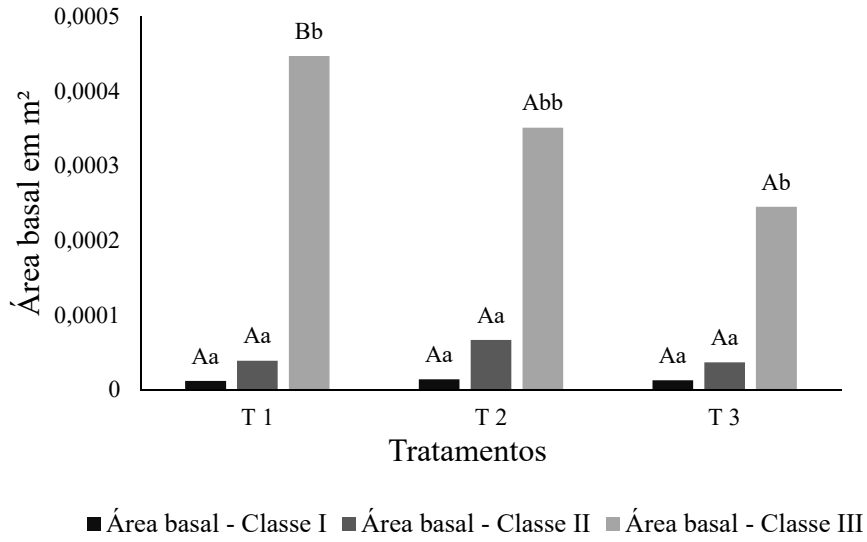


Figura 10. Relação da área basal das classes I, II e III com os tratatamentos T1, T2 e T3.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre classes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A classe III, apresentou maior valor de área basal nos três tratamentos, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos e das classes, o que era esperado devido a sobreposição da área amostrada (maior que as demais classes) e em função dos indivíduos amostrados possuírem maiores dimensões.

Nota-se ainda que na classe III, o comportamento da área basal para a regeneração em relação ao estrato arbóreo foi inversamente proporcional. Enquanto que, nas parcelas onde a área basal é maior (tratamento 3) a área basal da regeneração foi menor, diferindo estatisticamente das parcelas onde a área basal é menor (tratamento 1) e a área basal da regeneração foi maior, fato este não evidenciado nas demais classes (Figura 10).

Isto ocorreu, porque nas parcelas do tratamento 1, as espécies *S. terebinthifolius* e *Baccharis* sp. apresentaram maiores dimensões no DAP e no Dac das plantas, fato aliado a existência de menor competição por água, luz, nutrientes e principalmente espaço nas parcelas em que o estrato arbóreo ainda está em desenvolvimento, favoreceu o desenvolvimento e estabelecimento das plantas na regeneração.

5. CONCLUSÕES

O processo de recuperação da floresta, após 10 anos do plantio das mudas, mostrou que as espécies plantadas foram essenciais para o desenvolvimento do processo de sucessão florestal e foi fundamental para o estabelecimento de novas espécies.

É importante salientar que mesmo em um curto período de tempo do processo de recuperação, nota-se a presença de espécies exóticas na área com alto potencial invasor *P. taeda* e *H. dulcis*, indicando a necessidade de intervenção, tanto para controlar e evitar a disseminação de novos propágulos, pois são espécies que tem como característica a dominância de locais mesmo que em condições adversas.

É evidente o aumento do número de espécies e famílias do componente arbóreo adulto para a regeneração natural. A estratificação indicou que nas parcelas com média e alta área basal favoreceu-se o desenvolvimento de espécies não pioneiras enquanto que nas parcelas com menor área basal, foram identificados apenas indivíduos com característica pioneira.

A maior parte das espécies amostradas tanto no porte arbóreo, quanto na regeneração natural, são espécies características que indicam que a floresta está no estágio inicial de sucessão e que a maioria foi dispersa por animais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. D.; DA SILVA, A. C.; H. P.; NEGRINI, M.; SCHOLLEMBERG, A. L. Similaridade entre adultos e regenerantes do componente arbóreo em floresta com araucária. **Floresta e ambiente**, v. 24, 2017.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society.** v. 181, p. 1-20, 2016.

BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; LIMA, F. C. de; ORTIZ, P. R. T. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo. Anais do VI Simpósio de Restauração Ecológica. 2015.

BIZ, S. **Dinâmica e sequestro de carbono em Floresta Ombrófila Mista Aluvial urbana.** 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, Guarapuava, 2017.

BRASIL. Mnistério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução do Conama nº 002**, de 18 de março de 1994. Biomas – Estágios sucessionais da vegetação da Mata Atlântica.

CALLEGARO, R. M.; ANDRZEJEWSKI, C.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; SERRA, G. C. Potencial de três plantações homogêneas como facilitadoras da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 331-341, 2013.

CARPANEZZI, A. A.; NICODEMO, M. L. F. **Recuperação de mata ciliar e reserve legal florestal no noroeste paulista.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 35 p.

COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpoling, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, v. 85, n.10, p. 2717 – 2727, 2004.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; SILVA, K. A. Estoque de serapilheira em Floresta Atlântica de tabuleiro no sudeste brasileiro. **Revista Árvore**, v. 40, n.1, p. 13-20, 2016.

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B. LONGHI, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferente Índices Alfa. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567-577, 2010.

KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; LOPES, R. P.; DOS SANTOS, R. Regeneração natural em área degradada pela mineração de carvão em Santa Catarina, Brasil. **Rem: Ver. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 62, n. 3, p. 297-304, 2009.

KUNZ, E.T.; KUTZ. E.; POTT, C. A.; WATZLAWICK, L. F. Crescimento de espécies florestais nativas do Paraná em diferentes condições de adubação em área degradada. In: **Anais**...SIEPE – Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão, 2009. Guarapuava.

LEYSER, G.; ZANIN, E. M.; BUDKE, J. C.; MÉLO, M. A.; HENKE-OLIVEIRA, C. REgeneração de espécies arbóreas e relações com componente adulto em uma Floresta estacional nmo vale do rio Uruguai, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n.1, p. 74-83, 2012.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** 4 ed. Ponta Grossa, Editora UEPG, 2012, 526 p.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey. 1988, 179p.

MARTINS, P. J.; MAZON, J. A.; MARTINKOSKI, L. BENIN, C. C.; WATZLAWICK, L. F. Dinâmica da vegetação arbórea em Floresta Ombrófila Mista Montana antropizada. **Floresta e Ambiente.** v. 24, 2017.

MAZON, J. A. **Composição florística e fitossociológica de Floresta Ombrófila Mista em áreas sob manejo silvipastoril e sucessão secundária.** 2014. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, Irati, 2014.

PASTÓRIO, F.; BLOEMER, H.; GASPER, A. Floristic and structural composition of natural regenertaion in a Subtropical Atlantc Forest. **Floresta e ambiente**, v. 25, n.4, 2018.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de florestas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal.** São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. Caderno n. 14.

RODRIGUES, E. R.; GALVÃO, F. Florística e fitossociologia de uma área de reserva legal recuperada por meio de sistema agroflorestal na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, 2006.

SOARES, A. A. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration od riparian forest on reservoir shores. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 26, n.4, p. 1107 – 1118, 2016.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Illinois: University of Illinois Press, 1949. 125p.

VAN DER PIJL. **Principles of dispersal in higher plants**. New York: Springer-Verlag, 1982. 214 p.

VOLPATO, M. **Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio da Mata Atlântica: uma análise fitossociológica.** 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1994.

CAPÍTULO 3 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO BANCO DE SEMENTES EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AOS DEZ ANOS DE IDADE.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo conhecer a densidade e a composição de espécies florestais do banco de sementes da serapilheira e do solo em uma área de recuperação, em Guarapuava, PR. Foram instaladas 50 parcelas de área fixa (10 m x 10 m), foi realizado o censo florestal, e em função da área basal, foram definidos três tratamentos: área basal inferior – T1, área basal intermediária – T2 e área basal superior – T3. Para avaliar o banco de sementes, foram selecionadas 50% das parcelas em cada tratamento, foram coletadas 25 amostras de solo e 25 de serapilheira com dimensões de 0,25 x 0,25 x 0,05 m, as coletas foram realizadas ao final de cada estação. As amostras foram levadas para a casa de vegetação onde permaneceram por um período de 8 meses para a emergência das plântulas, com avaliação mensal, identificação e contagem. Foram identificados 17.303 indivíduos, pertencentes a 80 espécies e 42 famílias. Destas, 89,6 % são herbáceas, pertencentes a 62 espécies e distribuídas em 31 famílias e 10,4%, são espécies florestais/arbustivas, pertencentes a 18 espécies e 14 famílias. As espécies florestais/arbustivas mais representativas foram *M. scabrella* e *Baccharis* sp. com 492 e 1.051 indivíduos, respectivamente. A estação inverno foi a que obteve maior número de plântulas, seguido da estação verão e outono, diferindo estatisticamente da estação primavera que obteve menor número. Em relação aos tratamentos, o T3 apresentou o menor número de espécies para todas as estações, fato observado também para as espécies florestais. Na parte interna da floresta foram amostrados o maior número de espécies, de indivíduos e de espécies florestais do que em relação à borda da floresta, tendência observada nas estações e também em relação às amostras de solo quando comparadas às amostras de serapilheira. A similaridade entre o banco de sementes e a regeneração foi alta (0,48) e entre o banco de sementes e o estrato arbóreo foi menor (0,28). Sugere-se que a área sem intervenção tem conseguido se desenvolver e estabelecer novas espécies.

Palavras-chave: espécies florestais, herbáceas, regeneração, serapilheira, borda da floresta.

ABSTRACT

The present work had as objective to know the density and the composition of forest species of the litter bank of the litter and the soil in a recovery area, in Guarapuava, PR. Fifty - five plots (10 m x 10 m) were installed, the forest census was carried out, and three basal areas were defined: basal area - T1, basal area - T2 and basal area - T3. To evaluate the seed bank, 50% of the plots were selected in each treatment, 25 soil samples and 25 litter samples were collected with dimensions of 0.25 x 0.25 x 0.05 m, collections were performed at the end of every season. Samples were taken to the greenhouse where they remained for a period of 8 months for the emergence of seedlings, with monthly evaluation, identification and counting. A total of 17,303 individuals belonging to 80 species and 42 families were identified. Of these, 89.6% are herbaceous, belonging to 62 species and distributed in 31 families and 10.4%, are forest / shrub species, belonging to 18 species and 14 families. The most representative forest / shrub species were M. scabrella and Baccharis sp. with 492 and 1,051 individuals, respectively. The winter season was the one that obtained the largest number of seedlings, followed by the summer and autumn season, differing statistically from the spring season, which obtained lower numbers. In relation to the treatments, T3 presented the lowest number of species for all seasons, a fact also observed for forest species. In the inner part of the forest were sampled the largest number of species, individuals and forest species than in relation to the edge of the forest, trend observed in the seasons and also in relation to the soil samples when compared to the litter samples. The similarity between the seed bank and the regeneration was high (0.48) and between the seed bank and the arboreal stratum was lower (0.28). It is suggested that the area without intervention has been able to develop and establish new species.

Keywords: forest species, herbaceous, regeneration, litter, forest edge.

1. INTRODUÇÃO

A análise do banco de sementes, é um indicador da capacidade de resiliência de um ambiente, pois na abertura de clareiras são as espécies presentes no banco de sementes que se desenvolvem, dando continuidade no desenvolvimento da floresta; além de ser muito importante para a regeneração, demonstra o potencial para a manutenção de espécies em uma área.

Segundo Nobrega et al. (2009) a presença do banco de sementes é essencial para determinar a composição florística de uma área, e por meio dele é possível realizar previsões sobre o potencial da biodiversidade existente no processo de sucessão em que se encontra a floresta. Para Calegari et al. (2013), por meio da avaliação do banco de sementes é possível conhecer o processo de regeneração natural e a sua dinâmica no solo ao longo do tempo.

Um ambiente degradado, é quando este passou por um distúrbio e teve a vegetação natural parcialmente ou totalmente eliminada, incluindo as formas de regeneração, tais como o banco de sementes, plântulas, chuva de sementes, órgãos ou partes que possibilitem a rebrota, juntamente com a perda da camada fértil do solo (MARTINS, 2001; SOUZA, 2004), assim a avaliação do banco de sementes é imprescindível, e se o processo de regeneração natural é passível de ocorrer, sem a necessidade de outras intervenções que possam auxiliar no enriquecimento e diversidade de espécies na área.

No entanto, estudos sobre a dinâmica da sucessão ecológica, da regeneração natural e da avaliação do banco de sementes são necessários para o entendimento do comportamento e da evolução em uma floresta. Outro fator essencial, que influencia diretamente no banco de sementes, é a presença de florestas em áreas próximas, pois o processo de regeneração natural se dá por meio da chuva de sementes e da ativação do banco de sementes existentes no solo (SEUBERT et al., 2016), e principalmente a existência de dispersores que possam auxiliar nesse processo.

Nesse sentido, a hipótese deste trabalho é que o banco de sementes presente na área está relacionado com as espécies existentes no estrato arbóreo e na regeneração. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição florística do banco de sementes do solo e da serapilheira coletados em uma área de recuperação, com a finalidade de avaliar o comportamento do banco ao longo do ano, em função dos tratamentos baseados na área basal da floresta e em relação ao efeito de borda.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar as espécies presentes no banco de sementes em área de recuperação florestal.

2.2 Objetivos específicos

Relacionar a estrutura arbórea e da regeneração com as espécies encontradas no banco de sementes;

Verificar o comportamento das espéceis em relação aos tratamentos e as estações;

Avaliar o efeito de borda no banco de sementes;

Avaliar as diferenças entre as espécies florestais encontradas na serapilheira e no solo;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.2 Área de estudo

A área de estudo está localizada em uma área de recuperação pertencente à Universidade Estadual do Centro-Oeste, em Guarapuava – PR, que está situada a 1033 metros em relação ao nível do mar, e está situada entre as coordenadas geográficas 25º23'15" S e 51º29'24" W.

A floresta em estudo tem área de aproximadamente 1 ha, tem 10 anos de idade, foi implantada em 2007, por meio do plantio de mudas em linha, intercalando entre espécies pioneiras e não pioneiras.

3.2 Coleta de dados

Na área de estudo foram instaladas 50 parcelas de área fixa (10 m x 10 m), foi realizado o censo florestal, e em função da área basal, foram definidos três tratamentos: área basal inferior – T1, área basal intermediária – T2 e área basal superior – T3.

Para avaliar o banco de sementes, foram selecionadas 50% das parcelas em cada tratamento, e para caracterizar a densidade e composição do banco de sementes, foram coletadas 25 amostras de serapilheira e 25 amostras de solo superficial de 0,25 x 0,25 x 0,05 m, de forma sistemática, no centro de cada parcela.

Após as coletas, as amostras foram depositadas em bandejas plásticas de coloração preta e levadas para a casa de vegetação para a emergência das plântulas. A temperatura média da casa de vegetação foi de 25 ºC e a umidade relativa média de 70%. As bandejas receberam irrigação diariamente durante o período de emergência das plântulas, e o solo foi revolvido mensalmente a cada coleta de identificação do material.

As coletas de solo e de serapilheira foram realizadas ao longo do período de um ano, sempre ao final das estações, sendo elas: inverno de 2017, primavera de 2017, verão de 2018 e outono de 2018.

As plântulas do banco de sementes foram identificadas com auxílio de literatura específica de acordo com Kissmann e Groth (1997, 1999, 2000), e classificação botânica em nível de espécie, nome popular e científico e/ou família, segundo a APG IV (2016), e os nomes científicos foram conferidos através do banco de dados do site Flora do Brasil 2020 (REFLORA, 2018).

3.3 Análise dos dados

Para cada estação estudada, a análise do banco de sementes foi realizada a partir da emergência e contagem mensal das plântulas, por um período de oito meses. Foi analisada a densidade, e calculado a similaridade de Jaccard entre as espécies florestais presentes no banco de sementes e as espécies presentes no estrato arbóreo e na regeneração.

Considerando cada estação do ano como um tratamento e cada amostra como uma repetição foi realizado os testes de normalidade e homocedasticidade, e foi realizada a análise de variância (teste F) e comparação de médias por meio do Teste Tukey a 5% de propabilidade.

Para as espécies florestais presente no banco de sementes foi avaliada a classificação quanto a sua forma de dispersão, conforme Van Der Pijl (1972) e quanto a sua classificação por grupo ecológico entre pioneira e não pioneira (Barbosa et al., 2015).

Foi analisada a diversidade de espécies florestais e relacionado com os tratamentos em função da área basal, foi verificado possíveis diferenças da presença das espécies com relação as parcelas localizadas na borda do fragmento e em relação às parcelas mais ao centro do fragmento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição florística do banco de sementes

No levantamento das plântulas emergentes, avaliando juntas as amostras tanto da serapilheira quanto do solo, foram identificados no total 17.303 indivíduos, ou seja, 11.074 ind.m² distribuídos em 80 espécies e pertencentes a 42 famílias, destas quatro espécies não foram identificadas e uma foi identificada apenas ao nível da família.

Do total dos indivíduos identificados que germinaram, 15.503 são herbáceas aproximadamente 89,6 %, pertencentes a 62 espécies e distribuídas em 31 famílias. Os 1.800 indivíduos arbustivos/arbóreos representam cerca de 10,4%, pertencem a 18 espécies e 14 famílias, isto indica que houve uma alta predominância de espécies herbáceas em relação às espécies arbustivas/arbóreas, isso acontece segundo Miranda Neto et al. (2014) em razão do histórico de perturbação da área, pois muitas destas foram ocupadas por atividades agrícolas. As estimativas dos parâmetros fitossociológicos, de todas as estações para as espécies florestais estão na Tabela 6 e das espécies de plantas herbáceas estão no Anexo 2.

As famílias Brassicaceae (19,8%), Asteraceaae (15,9%), Oxalidaceae (9,9%), Poaceae (6,5%), Cyperaceae (6,2%) e Rubiaceae (6,1%), foram as mais representativas em número de indivíduos. As famílias Asteraceae e Poaceae foram as que obtiveram maior número de espécies sendo 15 e 6, respectivamente. Esse resultado corrobora com o estudo de Martins et al. (2017) em que as famílias com maior número de indivíduos no banco de sementes foram Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae.

Em relação as espécies arbustivas e arbóreas, *Baccharis* sp. foi responsável por 58,4% do banco de sementes, *M. scabrella* (27,3%), *S. granuloso-leprosum* (8,7%), *S. terebinthifolius* (2%) e *O. puberula*, *M. nigra* e *E. uniflora* juntas somaram 2,3%. Esse resultado indica a dominância principalmente por espécies pioneiras (72,2%) e não pioneiras (27,8%), demonstrando a capacidade da floresta de se autorregenerar caso ocorra a abertura de clareiras e demonstra também aque a floresta está em estágio inicial da regeneração, por isso a presença de poucos indivíduos característicos de florestas em estágio mais avançado de regeneração.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos do banco de sementes para as estações inverno, primavera, verão e outono, para as espécies florestais, em uma área em processo de recuperação, Guarapuava – PR, 2019. FV= Forma de vida; L= lenhosa; H= herbácea; A= arbustivo. GE= Grupo Ecológico; P= pioneira; NP= não pioneira; SD= Síndrome de Dispersão; Zoo= zoocoria; Aut= autocoria; Ane= anemocoria. Ni= Nº de indivíduos; DA= Densidade Absoluta.

Família/Espécie	FV	GE	SD	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
				Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA
Anacardiaceae											
Schinnus mole L.	L	P	Zoo	1	0,64	1	0,64	0	0	0	0
Schinus terebinthifolius Raddi.	L	P	Zoo	0	0	1	0,64	24	15,36	3	1,92
Aquifoliaceae											
Ilex paraguariensis A. St. Hill.	L	NP	Zoo	0	0	1	0,64	0	0	0	0
Asteraceae											
Baccharis sp	A	P	Ane	324	207,4	169	108,2	373	238,7	185	118,4
Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	L	P	Ane	1	0,64	1	0,64	1	0,64	1	0,64
Caricaceae											
Vasconcellea quercifolia A. St.-Hil.	L	P	Zoo	1	0,64	1	0,64	0	0	0	0
Euphorbiaceae											
Gymnanthes klotzchiana Mull. Arg.	L	P	Zoo	1	0,64	2	1,28	0	0	0	0
Fabaceae											
Parapitadenia rigida (Benth). Brenan	L	P	Ane	2	1,28	1	0,64	0	0	2	1,28
Bauhinia forficata Link.	L	P	Auto	3	1,92	0	0	1	0,64	0	0
Mimosa scabrella Bentham	L	P	Auto	302	193,3	114	72,9	37	23,7	39	24,96
Lauraceae											
Ocotea puberula (Rich.) Nees	L	NP	Zoo	4	2,56	8	5,1	2	1,28	2	1,28
Moraceae											
Morus nigra L.	A	P	Zoo	7	4,48	5	3,2	3	1,92	0	0
Myrtaceae											
Eugenia uniflora L.	L	NP	Zoo	7	4,48	4	2,56	0	0	0	0
Pinaceae											

Tabela 6. *Continua…*

Espécie / Família	FV	GE	SD	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
				Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA
Pinus sp.	L	P	Ane	0	0	0	0	0	0	1	0,64
Rosaceae											
Prunus campanulata Maxim.	L	P	Zoo	0	0	0	0	1	0,64	0	0
Rutaceae											
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	L	NP	Zoo	2	1,28	1	0,64	2	1,28	0	0
Sapindaceae											
Allophylus edulis (St.-Hil) Radlk.)	L	NP	Zoo	0	0	1	0,64	1	0,64	0	0
Solanaceae											
Solanum granuloso-leprosum Dunal.	L	P	Zoo	82	52,5	56	35,8	13	8,32	6	3,84
Total				737	471,7	366	234,3	458	293,1	239	152,9

Em relação à síndrome de dispersão para as espécies florestais, cerca de 66,7% foram dispersas por meio da zoocoria, 22,2% foram dispersas pelo vento (anemocoria) e 11,1% foram dispersas pela própria planta.

Em um trabalho de Martins et al. (2017), avaliando a transposição de serapilheira e do banco de sementes em uma área degradada no Planalto Catarinense por um período de dez meses, amostraram 1527 indivíduos, pertencentes a 59 espécies, a espécie *M. scabrella* foi uma das que apresentou maior densidade e frequência. Os autores observaram ainda que as espécies pioneiras compuseram 78% do banco de sementes, 15% eram espécies secundárias iniciais e 2% de secundárias tardias. Quanto à estratégia de dispersão encontraram 39% por anemocoria, 36% autocoria e 19% zoocoria.

Guimarães et al. (2014) avaliaram o banco de sementes em quatro áreas em restauração florestal em Aimorés, MG, amostraram 2.911 plântulas, distribuídas em 69 espécie e 26 famílias. As famílias com maior riqueza foram Asteraceae (15 espécies), Fabaceae (oito espécies) e Poaceae (seis espécies).

Em relação a similaridade das espécies entre o banco de sementes e a regeneração foi de 0,48, das 18 espécies arbustivo/arbóreas amostradas no banco de sementes, apenas 5 espécies (28%) não foram amostradas na regeneração, destas 2 são exóticas (*Pinus* sp. e *P. campanulata*). Das 22 espécies presente na regeneração, nove (40,9%) não estavam presentes no banco de sementes.

A similaridade das espécies entre o estrato arbóreo e o banco de sementes também foi de 0,48, das 18 espécies florestais amostradas no banco de sementes, apenas cinco espécies (28%) não foram amostradas no estrato arbóreo, destas duas são exóticas (*M. nigra e P. campanulata*). Das 20 espécies do estrato arbóreo, seis (30%) não estavam presentes no banco de sementes.

4.2 Banco de sementes por estação e por tratamento

Na Figura 11, observa-se a variação da quantidade total de indivíduos que emergiram de acordo com a estação avaliada, levando em consideração tanto as coletas da serapilheira quanto do solo.

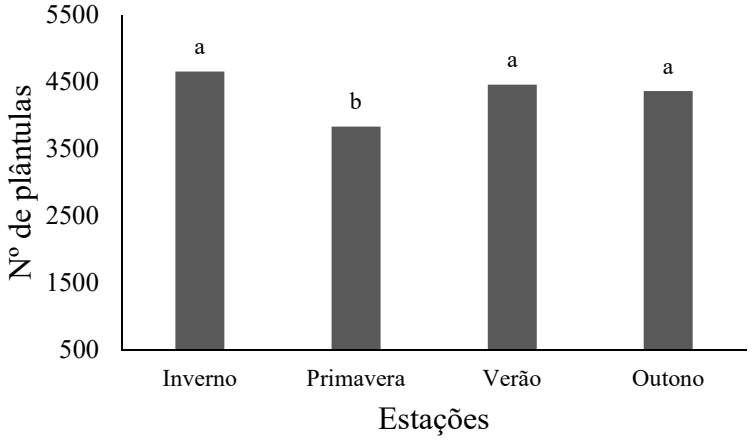


Figura 11. Valor absoluto do número de plântulas que emergiram de acordo com a estação, Guarapuava – PR, 2019.

* Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, nível de significância de 5% pelo Teste Tukey.

Fonte: O Autor (2019).

A estação primavera apresentou menor número de indivíduos que emergiram, diferindo estatisticamente das demais estações. Verifica-se que a maior produção de sementes variou nas estações de verão, outono e inverno, compreendendo os meses de dezembro à setembro. Diferentes resultados foram obtidos em um estudo de Sccoti et al. (2016) que avaliaram a dinâmica da chuva de sementes em remanescente de floresta estacional subtropical, encontraram que os períodos de maior produção de sementes foram nas estações do inverno e da primavera.

Toscan, Guimarães e Temponi (2017) estudaram a chuva de sementes em uma reserva de Floresta Estacional Semidecidual, e obtiveram maior produção de sementes nos meses de setembro, outubro, novembro e março, o que corresponde às estações da primavera e outono, sendo que as espécies arbóreas foram predominantes nos meses de janeiro e maio.

Em relação aos tratamentos em função da área basal, o banco de sementes se mostrou sensível às parcelas em que a incidência de luz solar foi menor, percebe-se que em todas as estações as parcelas com área basal superior apresentaram menor número de indivíduos emergidos, diferindo estatisticamente nas estações inverno e primavera (Figura 12).

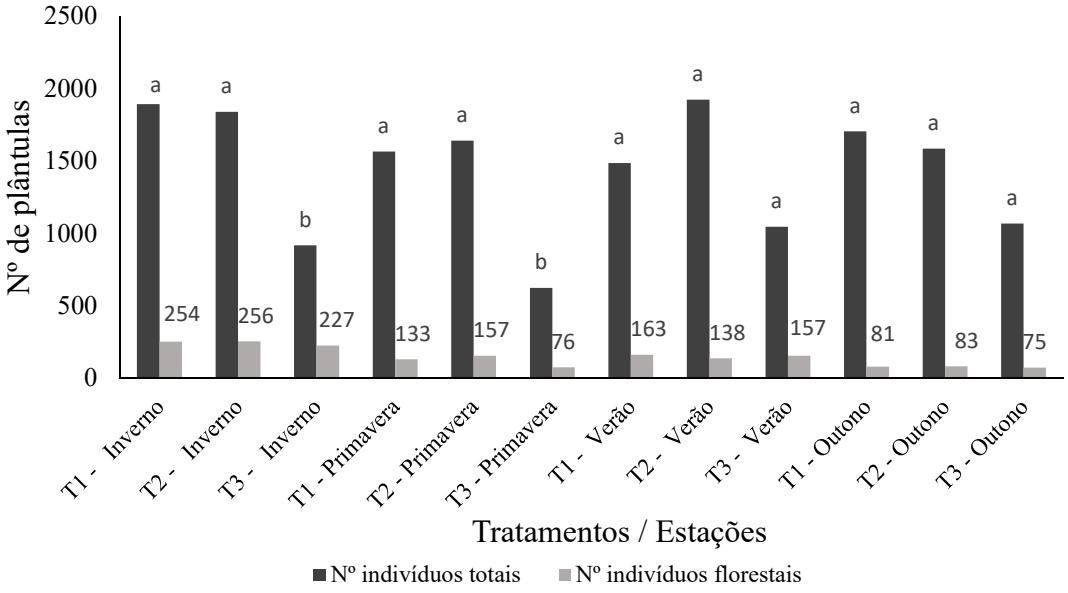


Figura 12. Relação do número de indivíduos em cada tratamento e de acordo com a estação, Guarapuava – PR, 2019.

* Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, nível de significância de 5% pelo Teste Tukey.

Fonte: O Autor (2019).

Em relação ao número de indivíduos florestais, a estação inverno foi a que apresentou os maiores valores para os três tratamentos, nas estações primavera e verão obtiveram valores intermediários e a estação outono foi a que apresentou os menores valores. O T3 das estações primavera e outono obtiveram os menores valores de plântulas que emergiram, esse fato se refere ao baixo número de sementes de *Baccharis* sp que germinaram nessas parcelas (Figura 12).

A relação entre a luminosidade e as condições proporcionadas pelo ambiente sombreado das parcelas com área basal intermediária e superior, não favoreceram o estabelecimento das espécies principalmente as herbáceas pioneiras, pois estas espécies necessitam de maior intensidade de luz para seu desenvolvimento, e consequentemente diminui a competição com as espécies florestais não pioneiras. Esse é um fato importante a ser analisado, pois quanto maior a disponilidade de espaço e luminosidade, são fatores que favorecem o desenvolvimento das espécies herbáceas e poáceas, pois são espécies que apresentam características de baixo metabolismo e sementes pequenas, que formam banco de sementes viáveis e longevas que germinam quando as condições estão favoráveis (MIRANDA NETO et al., 2014).

Na figura 13 (A e B), têm-se a relação do número total de espécies e de espécies florestais, que foram amostradas na área em recuperação. Houve pouca variação do número de

espécies entre uma estação e outra, e que apenas a estação outono apresentou menores valores.

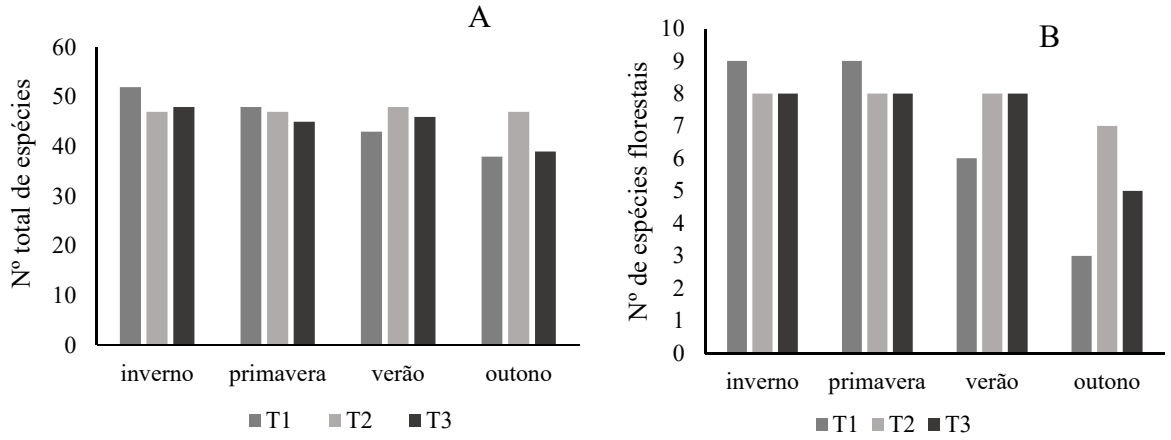


Figura 13. Relação do número total de espécies (A) e de espécies florestais (B), de acordo com a estação e com os tratamentos, Guarapuava – PR, 2019.

Fonte: O Autor (2019).

Observa-se também na Figura 13 A, que em relação a área basal não houve variação para o número total de espécies, para as espécies florestais a estação outono obteve o menor número de espécies nos três tratamentos (Figura 13 B). A variação encontrada no banco de sementes da estação inverno, pode estar relacionada segundo Souza et al. (2017), com o banco de sementes transitório de espécies que são dispersas em um curto período de tempo e apresentam curta longevidade. Ainda pode estar relacionado com a existência de dormência das sementes e com a viabilidade das sementes que pode ter interferência pela ação de patógenos e de agentes predadores.

4.3 Relação entre as espécies na borda e interna da floresta

Analisando a relação entre o número total de plântulas que emergiram na borda e na parte interna da floresta, verifica-se na Figura 14, que as parcelas localizadas na parte interna da floresta obtiveram maior número de indivíduos emergidos do que as parcelas localizadas na borda da floresta. Esse fato pode estar relacionado a metodologia aplicada, pois das 25 parcelas amostradas, 10 estão localizadas na borda e 15 localizadas na parte interna da floresta. Além de fatores externos que podem interferir principalmente na viabilidade das sementes.

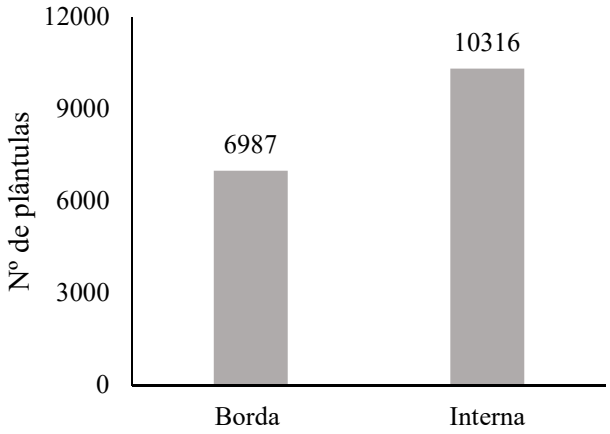


Figura 14. Número de plântulas na borda e na parte interna da floresta em processo de recuperação, Guarapuava - PR.

Fonte: O Autor (2019).

As espécies que mais apareceram na borda da floresta foram: S*inapis* sp. (com 964 indivíduos), *Indeterminada 2* (756), *O. corniculata* (746), *Digitaria* sp. (637) e C*yperus* sp. (472), essas espécies foram responsáveis por 51,2% do total de indivíduos germinados nas parcelas de borda. Das espécies arbustivas e arbóreas mais representativas: *Baccharis* sp. (486 indivíduos) e *M. scabrella* (148), essas espécies representam 9,1% do total.

As espécies mais representativas da parte interna da floresta foram: *Sinapis* sp. (com 2.468 indivíduos), *O. corniculata* (975), *Indeterminada 2* (669), *Pteridium* sp. (663) e *Gamochaeta* sp. (530), essas representam 51,4% dos indivíduos germinados nas parcelas localizadas na parte interna da floresta. Das espécies arbustivas e arbóreas novamente *Baccharis* sp. (565 indivíduos) e *M. scabrella* (344), essas espécies representam 8,8% do total.

Segundo Rodrigues, Martins e Leite (2010), a abundância de espécies herbáceas pode dificultar a regeneração de espécies arbustivas-arbóreas que são responsáveis pela sucessão secundária. O fato de ter muitos indivíduos herbáceos deve-se ao fato do uso anterior da área pela pastagem e pela proximidade de áreas agrícolas no entorno da floresta, que atuam como fonte de propágulos pois muitas das espécies herbáceas são dispersadas pelo vento.

Em relação ao número de espécies lenhosas, as parcelas localizadas na parte interna da floresta obtiveram maior número de espécies do que as parcelas de borda (Figura 15).

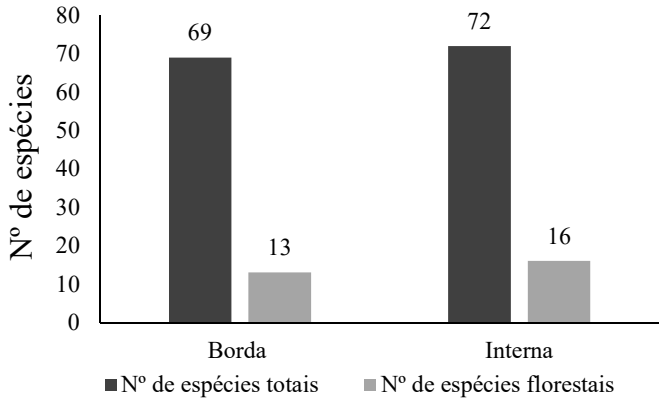


Figura 15. Relação do número de espécies presente na borda e na parte interna da floresta, e em relação às espécies florestais, Guarapuava – PR.

Fonte: O Autor (2019).

Das espécies arbustivas e arbóreas, *Baccharis* sp., *M. scabrella* e *S. granuloso-leprosum* foram as que mais germinaram tanto nas parcelas de borda, quanto nas parcelas internas da floresta. Sendo que essas espécies obtiveram mais indivíduos germinados nas parcelas internas do que na borda da floresta, fato associado à característica de dispersão das sementes dessas espécies anemocórica, autocórica e zoocórica, respectivamente. Para Souza, Rodrigues e Joly (2017), o fato das espécies pioneiras, dos estágios sucessionais iniciais se encontrarem em grande quantidade, está relacionado às características fisiológicas, pois são espécies que produzem grande quantidade de sementes e estas são leves, o que torna favorável a sua dispersão.

Vários fatores podem interferir no banco de sementes, principalmente quando localizado nas bordas das florestas, nesse caso, basta levar em consideração o histórico de uso anterior da área (pastagem), processo de recuperação recente, aliado ao fato da área vizinha ser utilizada com atividade agrícola, nas quais se faz o uso de agrotóxicos, além de outras interferências antrópicas como limpezas, roçadas, aceiros, estradas, etc, e fatores abióticos como maior exposição aos ventos, maior intensidade luminosa (CALEGARI, 2009), aumento da temperatura e menor umidade do solo, podem influenciar na germinação e no desenvolvimento das plântulas.

Em relação ao número total de espécies amostradas na borda e na parte interna da floresta e relacionada com as estações de coleta, a estação inverno apresentou maior número de espécies e nas demais estações esse valor foi decrescente. Observa-se ainda que em todas as estações a borda da floresta apresentou menor valor para as espécies e o menor número foi observado na estação outono (Figura 16 A).

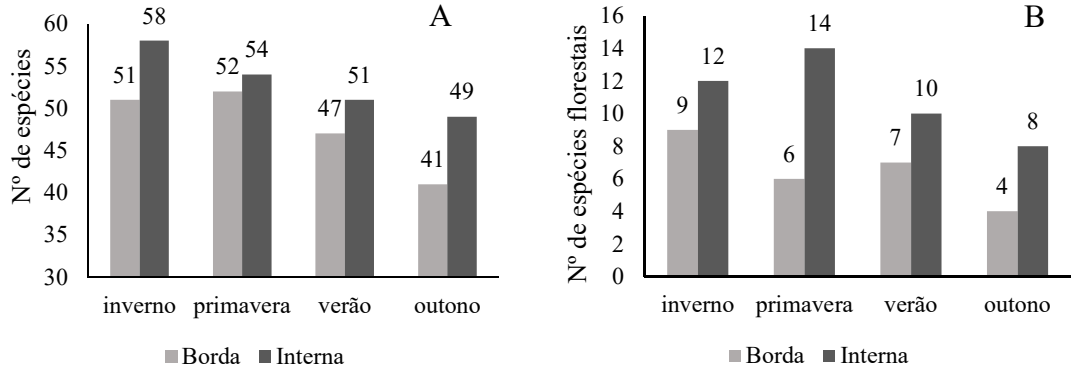


Figura 16. Relação do número total de espécies (A) e número de espécies florestais (B) presentes na borda e na parte interna da floresta, de acordo com as estações de coleta.
Fonte: O Autor (2019).

Weber et al. (2012) encontraram resultados semelhantes à estes, quando avaliaram a variação sazonal do banco de sementes em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, nas estações inverno, primavera e verão, constataram que a estação inverno foi a que apresentou maior número de indivíduos, seguida da estação verão e por fim a estação primavera com o menor número de indivíduos, no total identificaram 34.780 indivíduos pertencentes a 205 espécies e 54 famílias.

Em relação às espécies arbustivas e arbóreas presente no banco de sementes das parcelas de borda e na parte interna da floresta, as estações: primavera e inverno, apresentaram maior número de espécies nas parcelas interna da floresta, as estações inverno e verão apresentaram maior número de espécies nas parcelas de borda da floresta (Figura 16 B).

A estação outono apresentou os menores valores para as espécies tanto nas parcelas de borda quanto nas parcelas internas da floresta. Segundo Longhi et al. (2005), que também encontraram resultados semelhantes ao deste estudo ao avaliarem a sazonalidade do banco de sementes, e a estação outono também obteve decréscimo no número de sementes germinadas em relação às demais estações, associou o fato à dormência das sementes, e pela pouca dispersão de sementes nessa estação.

4.4 Relação das espécies presentes no solo e na serapilheira

Analisando a relação de plântulas que emergiram nas amostras coletadas do solo e da serapilheira (Figura 17), percebe-se maior presença de sementes no solo do que na serapilheira,

isso pode ser devido a quantidade de material coletado, enquanto no solo a camada coletada foi padrão de 5 cm de profundidade, já nas amostras de serapilheira foi coletado apenas a camada superficial.

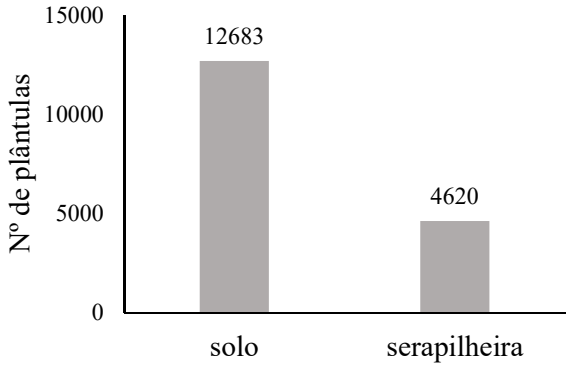


Figura 17. Relação do número total de indivíduos germinados nas amostras de solo e de serapilheira, em área de recuperação florestal, Guarapuava - PR, 2019.
Fonte: O Autor (2019).

Esse resultado é semelhante ao estudo de Rodrigues, Martins e Leite (2010) que avaliaram a densidade e riqueza de espécies por meio da transposição apenas da serapilheira, apenas do solo, e juntos (solo + serapilheira), e constataram que na serapilheira a germinação de sementes foi inferior ao solo e que juntos solo e serapilheira foram mais eficientes para estimular a restauração.

Na Figura 18, verifica-se a relação do número total de espécies presentes no solo e na serapilheira, e em relação às espécies arbustivo-arbóreas. Nas amostras de solo, tanto o número total de espécies quanto de espécies arbustivo-arbóreas, foram superiores quando comparados com os valores encontrados para as amostras da serapilherira.

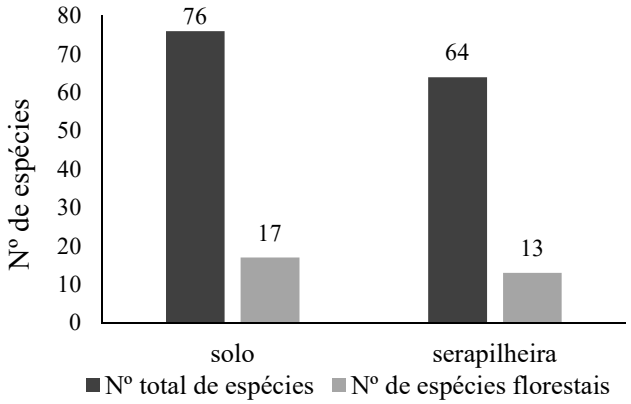


Figura 18. Relação entre o número total de espécies e de espécies florestais encontradas nas

amostras de solo e de serapilheira, Guarapuava – PR, 2019.

Fonte: O Autor (2019).

Segundo Calegari (2009) as sementes que estão presentes no solo à certa profundidade (superior a 3 cm), necessitam de estímulos como a exposição à luz para a germinação. Nesse caso como o solo foi revolvido da área de coleta e depositado em ambiente com umidade, temperatura e luminosidade, foram fatores favoráveis à germinação das sementes, resultando num grande número de indivíduos e espécies que em condições ideais se desenvolvem no ambiente.

As Figuras 19 A e 19 B, apresentam a relação do número total de espécies e a relação de espécies florestais que germinaram nas amostras de solo e da serapilheira na área em processo de recuperação, nas respectivas estações de coleta.

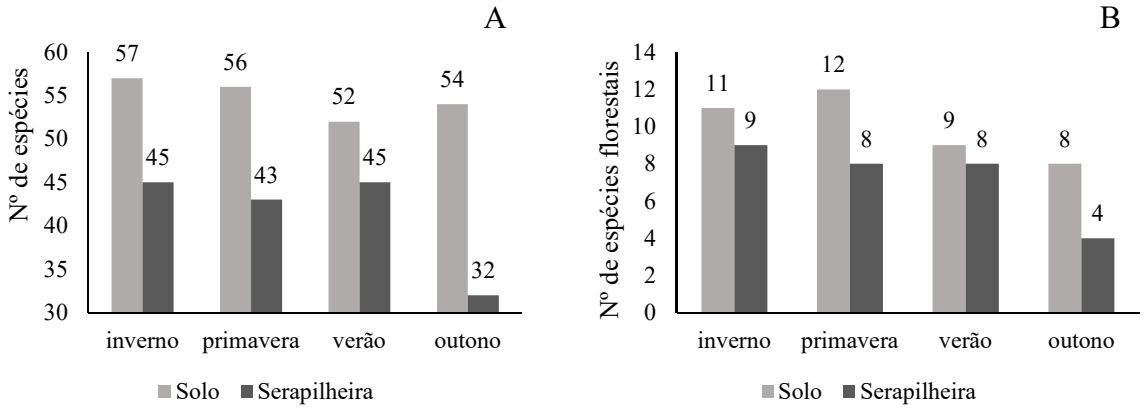


Figura 19. Relação do número total de espécies (A) e espécies florestais (B) amostradas no solo e na serapilheira de área em processo de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019.

Fonte: O Autor (2019).

As amostras do solo obtiveram maiores valores para o número de espécies e para as espécies arbustivo arbóreas quando comparado com a serapilheira. A estação outono apresentou o menor número de espécies nas amostras da serapilheira, quando comparado às outras estações que se mantiveram semelhantes. Esse fato pode estar relacionado com a baixa dispersão de sementes nessa época.

Segundo Rodrigues, Martins e Leite (2010), a serapilheira atua como um filtro que pode inibir a germinação das espécies herbáceas, pois estas sementes são pequenas e penetram a serapilheira até chegar ao solo, como necessitam de luz para germinar, e a incidência/passagem de luz pela serapilheira é menor, essas espécies herbáceas tem maior dificuldade de germinar.

5. CONCLUSÕES

Houve variação sazonal das plântulas amostradas ao longo das estações no ano, devido ao histórico de uso anterior da área e pelo grau de degradação pela pastagem, mostrou grande número de espécies herbáceas, muitas vezes indesejadas em uma área em processo de recuperação como é o caso das gramíneas.

A estação primavera apresentou menor número de indivíduos germinados em relação às demais estações. E o tratamento 3 apresentou o menor número de indivíduos totais e florestais em todas as estações.

A maior produção de sementes está associada às espécies pioneiras e secundárias iniciais, que se encontram na floresta e também está relacionada com as condições do ambiente de maior luminosidade.

Recomenda-se o enriquecimento com espécies clímax, uma vez que poucos indivíduos deste grupo foram encontrados nas análises, como forma de acelerar o desenvolvimento da floresta e o processo de sucessão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society.** v. 181, p. 1-20, 2016.

BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; LIMA, F. C. de; ORTIZ, P. R. T. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo. In: **Anais do VI Simpósio de Restauração Ecológica.** São Paulo – SP. 2015.

CALEGARI, L. **Estudo sobre o banco de sementes do solo, resgate de plântulas e dinâmica da paisagem para fins de restauração florestal, Carandaí, MG.** 2009. 158 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2009.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; CAMPOS, L. C.; SILVA, E.; GLERIANI, J. M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore,** Viçosa, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

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.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, 1997. Tomo I. 825 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. Tomo II. 978 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, 2000. Tomo III. 726 p.

LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; OLIVEIRA, D. M.; FIALHO, L. E. B.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; VACCARO, S. Banco de sementes do solo em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual em Santa Terza, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 359-370, 2005.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 143 p.

MARTINS, D. A. P.; LANZARINI, A. C.; HEINZ, C. F.; VIEIRA, F. S.; BONATTO, R. A. KANIESKI, M. R. Avaliação da transposição de serapilheira e do banco de sementes do solo em uma área degradada no Planalto Catarinense. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 237-246, 2017.

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

NOBREGA, A. M. F.; VALERI, S. V.; DE PAULA, R. C.; PAVANI, M. C. M. D.; DA SILVA, S. A. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do Rio Mogi-Guaçu – SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.403-411, 2009.

REFLORA. **Reflora-Plantas do Brasil: Resgate Histórico e Herbário Virtual para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira**. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do>. Acesso em: 14 dez. 2018.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010.

SCCOTI, M. S. V.; ARAUJO, M. M.; TONETTO, T. S.; LONGHI, S. J. Dinâmica da chuva de sementes em remanescente de Floresta Estacional Subtropical. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1179-1188, 2016.

SOUZA, M. A. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.** 2004. 393 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SOUZA, S. C. P. M.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. O banco de sementes e suas implicações na diversidade da Floresta Ombrófila Densa Submontana no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 378-393, 2017.

TOSCAN, M. A. G.; TEMPONI, L. G.; GUIMARÃES, A. T. B. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de Floresta Estacional Semidecidual, PR. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 415-427, 2017.

VAN DER PIJL. **Principles of dispersal in higher plants**. New York: Springer-Verlag, 1982. 214 p.

WEBER, A. J. C. S.; NOGUEIRA, A. C.; CARPANEZZI, A. A.; GALVÃO, F. WEBER, S. H. Composição florística e distribuição sazonal do banco de sementes em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Araucária, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 193, 207, 2012.

CAPITULO 4 - INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO INCREMENTO DIAMÉTRICO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS: *Bauhinia forficata* Link, *Mimosa scabrella* Benth. E *Schinus terebinthifolius* Raddi.

RESUMO

Este trabalho verificou a influência das variáveis climáticas no incremento diamétrico das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Mimosa scabrella* Benth. e *Bauhinia forficata* Link em uma floresta em processo de recuperação implantada no ano de 2007, em Guarapuava, Paraná. Foram amostradas 43 árvores da espécie *S. terebinthifolius*, 38 da espécie *M. scabrella* e 30 da espécie *B. forficata*. Foram retiradas duas amostras de cada árvore, os anéis de crescimento foram marcados e mensurados com o *Software* Image J, as medidas foram submetidas ao controle de qualidade com o *Software* Cofecha e as cronologias geradas com o *Software* Arstan. As variáveis climáticas foram evaporação, insolação, precipitação anual (mm), temperatura máxima, média e mínima (ºC) e umidade relativa, obtidas para o período de 2007 a 2018, disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava – PR. Foi utilizada a Correlação de Pearson, a análise fatorial e de componentes principais para verificar a relação entre as variáveis climáticas e o incremento. Os resultados mostraram correlação significativa positiva do incremento em diâmetro da espécie *B. forficata* e *S. terebinthifolius* com as variáveis evaporação, precipitação, temperatura máxima, média e mínima e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa. A espécie *M. scabrella* apresentou correlação significativa positiva com as variáveis evaporação, precipitação e temperatura mínima, e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa e não apresentou correlação significativa com as variáveis temperatura máxima e média. Os anos característicos de altos e baixos crescimentos são os mesmos para as três espécies, que demonstraram alta correlação entre as cronologias e alta sensibilidade aos fatores climáticos. As variáveis precipitação e temperatura influenciaram no crescimento das espécies. O incremento médio do diâmetro para *M. scabrella* foi 1,51 cm.ano^{-1}, 1,09 cm.ano^{-1} para *S. terebinthifolius* e 0,73 cm.ano^{-1} para *B. forficata*.

Palavras-Chave: fatores climáticos, anéis de crescimento, dendrocronologia.

ABSTRACT

This work aimed to verify the influence of climatic variables on the diametric increase of forest species *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Mimosa scabrella* Benth. and *Bauhinia forficata* Link. The forest census of all individuals with Dap> 5 cm was carried out. Stratification was performed in three treatments according to the basal area of each plot: T1 - plots with low basal area, T2 - basal area and T3 - basal area. To evaluate the increment in diameter, 111 trees were traded, corresponding to 50% of the trees present in the site and in each treatment, being: 43 trees of *S. terebinthifolius*, 38 *M. scabrella* and 30 *B. forficata*, two samples of each tree with the aid of the *Pressler* test, the growth rings were marked and measured using ImageJ *Software*, and after the measurements of the rings were submitted to quality control through Cofecha *Software* and the chronologies were generated using the Arstan *Software*. The climatic variables were obtained for the period from 2007 to 2018, made available by the meteorological station of the State University of the Center-West - UNICENTRO, Guarapuava - PR. The variables were evaporation, insolation, annual precipitation (mm), maximum temperature, average and minimum (ºC) and relative humidity. The Pearson correlation, factor analysis and principal components were used to verify the relationship between the climatic variables and the increment. The results showed a significant positive correlation of the increase in diameter of *B. forficata* and *S. terebinthifolius* with the variables evaporation, precipitation, maximum, medium and minimum and negative variables with the insolation and relative humidity variables. The species *M. scabrella* showed a positive correlation with the variables evaporation, precipitation and minimum temperature, and negative with the variables insolation and relative humidity and did not present significant correlation with the variables maximum and average temperature. It was observed that the characteristic years of high and low growth are the same for the three species, the species showed high correlation between the chronologies and high sensitivity to the climatic factors. The mean diameter increment for *S. terebinthifolius* was 1.09 cm.year^{-1}; 1.51 cm.year^{-1} for *M. scabrella* and 0.73 cm.year^{-1} *B. forficata*. The variables precipitation and temperature influenced the growth of the species.

Keywords: climatic factors, growth rings, dendrochronology.

1. INTRODUÇÃO

Áreas que passaram pelo processo de degradação, tendem a responder e interferir no crescimento das árvores, uma vez que o ambiente foi perturbado e teve suas características alteradas. As espécies com anéis visíveis como é o caso da *Bauhinia forficata* Link., *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Mimosa scabrella* Benth., tornam possível os estudos e análises do crescimento principalmente diamétrico, de como as espécies respondem aos fatores climáticos e a competição.

Nesse sentido, é de suma importância o conhecimento do efeito do ambiente, do clima e das características pedológicas na compreensão da ecologia das espécies florestais em um determinado ambiente (SOUZA et al., 2017). A técnica denominada de análise de tronco, é um método retrospectivo que analisa e determina o crescimento da árvore, seja em altura, diâmetro e volume, baseados na datação dos anéis anuais de crescimento, sendo possível realizar outros estudos na dendroclimatologia e na dendroecologia (FINGER, 2006). As técnicas para a análise de tronco, seja parcial ou total, permitem recompor o crescimento passado das árvores com eficiência e simplicidade.

A dendroclimatologia se refere ao estudo da interpretação das relações do crescimento da árvore com os fatores climáticos, pois os anéis de crescimento das árvores nos permitem estudar a variabilidade do crescimento num determinado ano e sua resposta à variabilidade climática (SCHWEINGRUBER, 1996).

Nas regiões com clima subtropical, como na região Sul do Brasil, vários autores trabalharam com a dendrocronologia em espécies folhosas e coníferas, relacionando o crescimento com as variáveis climáticas, podendo destacar os trabalhos de Spathelf et al. (2000) com a espécie *Ocotea pulchella*, Nuto e Watzlawick (2002) estudaram as espécies *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. E *Zanthozylum hyemale* St. Hil., Zanon e Finger (2010) estudaram a *Araucaria angustifolia*, Andreacci (2012) estudou a espécie *Cedrela fissilis*, Kanieski et al. (2012) estudaram as espécies *Allophylus edulis*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Myrrhinium loranthoides*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania comersoniana*, *Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum*, Stepka (2012) estudou as espécies *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa*, Kanieski et al. (2017) estudaram as espécies *Sebastiania commersoniana* e *Hovenis dulcis*.

Sobre a dendrocronologia de *Bauhinia forficata* Link., não foram encontrados estudos referentes, para *Schinnus terebinthifolius* Raddi., Kanieski et al. (2012), estudaram a influência da precipitação no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR em indivíduos presentes no dossel e sub-dossel da floresta, e obtiveram como resultados para esta

espécie, que o crescimento foi constante no período de um ano de avaliação, e que obteve crescimento levemente superior nos meses de janeiro a maio nos indivíduos do dossel.

Para a *Mimosa scabrella* Benth., alguns autores estudaram o crescimento em diâmetro em povoamentos naturais, como Bamberg (2014), Amaral Machado et al. (2015), Da Silva et al. (2016).

Tendo em vista a importância da recuperação de áreas degradadas, visando a diversidade, a manutenção ecológica, a perpetuação das espécies e principalmente que essas áreas sirvam de fonte de alimento e refúgio para a fauna local, a escolha das espécies se deu em função do maior valor de importância obtido para estas três espécies, também pela presença de anéis de crescimento anuais, por serem espécies muito utilizadas na recuperação de áreas degradadas e pela plasticidade das espécies com ampla distribuição na região sul do Brasil.

Estudos sobre a dendrocronologia de árvores que foram implantadas em ambientes degradados e submetidos a recuperação são escassos, porém são necessários para compreender a relação do crescimento das espécies florestais com os fatores climáticos e a sua importância para a manutenção das funções ecológicas no local. Este trabalho teve como hipóteses que o incremento em diâmetro das espécies tenha sido influenciado e esteja relacionado às variáveis meteorológicas estudadas.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento do crescimento em diâmetro das espécies florestais implantadas em uma área em recuperação florestal no ano de 2007.

2.2 Objetivos específicos

Estudar o incremento em diâmetro das espécies *Bauhinia forficata*, *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolius* em uma área de recuperação florestal;

Verificar possíveis correlações entre o crescimento em diâmetro das espécies com as variáveis climáticas.

Gerar conhecimento sobre a dinâmica de crescimento das espécies estudadas *Bauhinia forficata* Link., *Mimosa scabrella* Benth. e *Schinus terebinthifolius* Raddi.;

Verificar a sensibilidade da formação de anéis de relacionado às variáveis climáticas no período;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em área de floresta em processo de recuperação, que pertence à Universidade Estadual do Centro-Oeste, em Guarapuava – PR, está situada a 1033 metros em relação ao nível do mar, e está situada entre as coordenadas geográficas 25º23'15" S e 51º29'24" W.

A floresta em estudo se encontra em processo de recuperação, com 10 anos e área de aproximadamente um ha, tendo histórico de uso e ocupação do solo por pastagem, sendo que em 2007, em função do alto grau de degradação foi realizado o plantio em linha de espécies florestais nativas, intercalando entre espécies pioneiras e não pioneiras, deixando que a regeneração natural se desenvolvesse.

3.2 Amostragem

No censo florestal todos os indivíduos no estrato arbóreo, foram mensurados, identificados taxonomicamente e com uma placa de alumínio numerada, contemplando todos os indivíduos com DAP $\geq$ 5,0 cm.

A medida do CAP foi realizada com o auxílio de uma fita métrica e posteriormente convertida em DAP. Para os indivíduos com ramificação abaixo de 1,3 m foi adotado o método do diâmetro médio quadrático (MACDICKEN; WOLF; BRISCOE, 1991), obtido por meio da raiz da soma dos quadrados dos diâmetros.

3.3 Seleção das espécies para o estudo dendrocronológico

A escolha das árvores se deu em função da presença de anéis de crescimento anuais, por serem espécies importantes para a recuperação de áreas degradadas e pela plasticidade que as espécies apresentam com ampla distribuição.

Os indivíduos foram amostrados de acordo com a quantidade de cada espécie e em função da classificação diamétrica de cada espécie, seguindo o critério de que pelo menos um indivíduo fosse amostrado em cada classe de diâmetro (Figura 20).

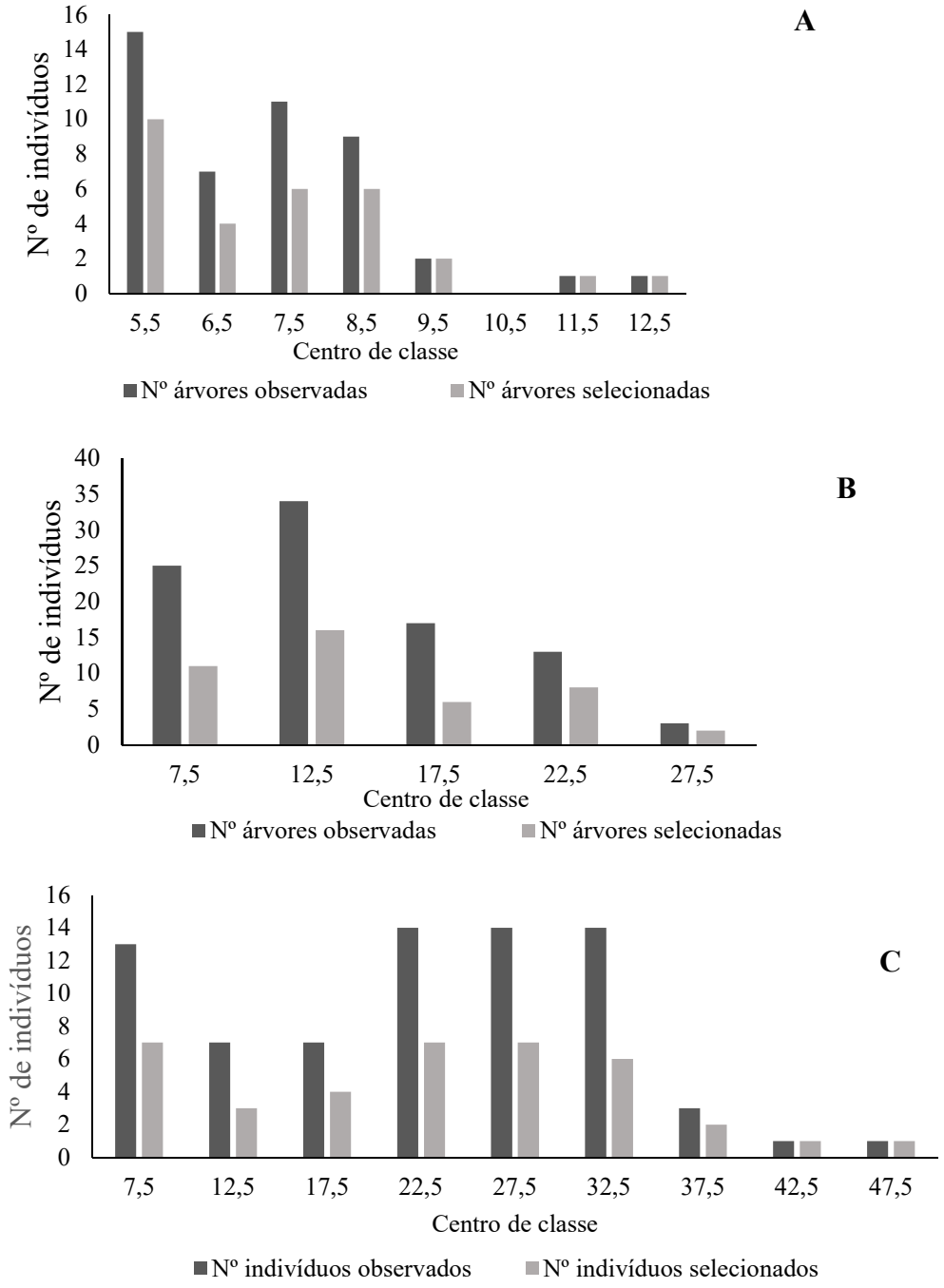


Figura 20. Classe diamétrica dos indivíduos observados e indivíduos selecionados (A) *B. forficata.* (B) *S. terebinthifolius* e (C) *M. scabrella*.

Foi selecionado aproximadamente 50% das árvores existentes de *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* e mais de 50% para a espécie *B. forficata* para a obtenção do número de amostras.

3.4 Coleta, preparo das amostras e medição dos anéis de crescimento

A coleta das amostras foi realizada com o uso de técnica não destrutiva, também chamada de Análise de Tronco Parcial, que utiliza o trado de *Pressler* de 5 mm e 40 cm de comprimento, que é introduzido no tronco, perpendicularmente ao eixo vertical da árvore (em direção à medula).

Para cada árvore, foi coletado dois rolos de incremento sempre no sentido Norte-Oeste (formando um ângulo de 90 graus entre as amostras coletadas), na altura de 0,1 m do solo, pois muitas árvores da espécie aroeira vermelha apresentavam bifurcação na medida de 1,3 m. E após a retirada da amostra, os orifícios deixados pelo trado foram fechados com cera de abelha, para evitar a entrada de fungos ou insetos que possam prejudicar o desenvolvimento da planta.

Na sequência da coleta, as amostras foram acondicionadas em canudos plásticos e identificadas, para evitar a quebra do material e facilitar o transporte para o laboratório. Os rolos de incremento, passaram pela secagem natural em temperatura ambiente, e então foram coladas em suporte de madeira "porta rolos" e cuidadosamente polidas com lixas de madeira de textura mais grossa a gradativamente mais fina (80, 120, 180, 280, 400 e 600), para evidenciar os limites das camadas de crescimento.

As medições dos anéis de crescimento foram realizadas com o uso de imagens das amostras escaneadas com o *scanner* HP Scanjet 4050, com resolução de 1200 ppi, e com o programa de domínio público *ImageJ* 2.0, previamente calibrado com régua milimetrada. As medições foram padronizadas do sentido da medula para a casca, e após os dados foram exportados para o programa *Microsoft Excel* 2016.

3.5 Datação cruzada das amostras e construção das cronologias

As medidas dos anéis anuais de crescimento, das duas amostras de cada árvore, foram submetidas a datação cruzada, para verificar a presença ou a ausência de anéis falsos. O *software* Cofecha tem a função de verificar por meio da datação cruzada, a ausência e possíveis problemas de marcação dos anéis de crescimento (HOLMES; ADAMS; FRITTS, 1986), e tem sido muito utilizado para os estudos dendrocronológicos.

Após a datação cruzada entre as amostras da mesma árvore, foi realizada a datação entre as árvores para verificar a correlação do crescimento das séries nos anos estudados, gerando um modelo chamado de série máster, que é usado para verificar por meio da correlação de Pearson, se há uma correlação significativa com os dados reais. As árvores que não apresentaram correlação significativa foram excluídas.

Após a verificação das datações cruzadas significativas, foi construída a cronologia

Standard com auxílio do programa Arstan, que tem a função de formar a cronologia considerando o ano e o crescimento, por meio de uma função de regressão a qual permite a comparação do crescimento da espécie com os dados metereológicos (HOLMES; ADAMS; FRITTS, 1986).

3.6 Determinação do crescimento

O incremento corrente anual em diâmetro (ICA_d), foi obtido por meio das medidas dos anéis, em que a medida da largura de cada anel é o próprio incremento corrente anual do raio, e que multiplicado por 2, têm-se o incremento corrente anual do diâmetro.

3.7 Correlação do crescimento com as variáveis ambientais

As variáveis de clima, como a temperatura máxima, mínima e média, evaporação, insolação, precipitação total anual e umidade relativa, foram relacionados com a variável de incremento em diâmetro de cada espécie estudada, obtida pela série *Standard* gerada pelo *software* Arstan, por meio da correlação linear de Pearson, com nível de significância a 5 e 1% de probabilidade, pelo *Software* IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão teste.

As variáveis climáticas foram obtidas para o período de 2007 a 2018, disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava – PR. Os dados climáticos foram organizados de maneira a sincronizar com o início do crescimento da planta, que é dado no início da primavera. As variáveis foram evaporação ($mm.dia^{-1}$), insolação (horas.dia), precipitação anual (mm), temperatura média (ºC), temperatura máxima (ºC), temperatura mínima (ºC) e umidade relativa ($g.H_2O.m^3$).

As variáveis estudadas neste trabalho foram submetidas a padronização para a realização da análise fatorial (AF) e da análise dos componentes principais.

3.8 Análise Fatorial (AF) e Análise dos componentes principais (PCA)

Os valores do incremento diamétrico das espécies e os valores climáticos foram submetidos à análise estatística multivariada. Foi utilizada a análise fatorial (AF), com o intuito de eliminar as variáveis que não possuíram influência bem definida em apenas um fator de extração, por meio do *Software* IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão

teste para a análise fatorial.

Foi realizada a análise dos componentes principais (PCA), que consiste em um método da estatística multivariada, que tem como objetivo explicar a estrutura de variância e de covariância de um vetor aleatório, composto de p-variáveis aleatórias, através de combinações lineares das variáveis originais (MINGOTI, 2005). Por meio da redução dos dados originais, com o intuito de explicar a maior parte da variância dos dados a partir de um número menor de componentes não correlacionados (ANDERSON, 2003).

Além de permitir a identificação de grupos de variáveis ou indivíduos que estão inter-relacionados, resultando em uma representação das combinações específicas de várias características para cada unidade amostral (BORUVKA et al., 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características das amostras

O número de amostras e árvores coletadas das espécies bem como os valores do diâmetro médio, mínimo e máximo podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores do diâmetro médio, mínimo e máximo para as espécies estudadas, Guarapuava – PR, 2019. NA: Número de amostras coletadas para cada espécie em cada tratamento; Desv. Pad.: Desvio Padrão; CV %: Coeficiente de variação.

Espécie	NA	Nº árvores	Dap (cm) com casca			Desv. Pad.	CV %
			Médio	Mínimo	Máximo		
B. forficata	60	30	7,3	5,0	12,8	1,89	25,8
S. terebinthifolius	86	43	14,6	5,3	28,7	5,98	41,1
M. scabrella	76	38	24	5,6	47,7	10,8	47,3
Total ou média	222	111	14,9	5,3	29,7	6,2	38,1

Ao todo foram amostradas 111 árvores distribuídas nas três espécies, foram coletadas 222 amostras, sendo 60 amostras para a *B. forficata*, 86 amostras para *S. terebinthifolius* e 76 amostras para a *M. scabrella*. Observa-se que os valores obtidos para o diâmetro médio para as três espécies variaram de 7,3 cm para a *B. forficata*, 13,6 cm para a *S. terebinthifolius* e 24 cm para a *M. scabrella*.

Em um trabalho com a evolução estrutural dos bracatingais nativos Da Silva et al. (2016) observaram que o diâmetro médio à altura do peito aos 13 anos foi 14,2 cm quando comparado a esse estudo (dap médio de 24 cm aos 11 anos) esse valor é menor, fato atribuído a densidade do povoamento, pois nos bracatingais nativos a competição por espaço é maior. Ainda nesse mesmo estudo o diâmetro médio para as demais espécies encontradas na regeneração do bracatingal foi 7,0 cm valor semelhante ao encontrado para a espécie pata de vaca (7,3 cm).

4.2 Comparação do incremento em diâmetro para as espécies

Os valores do incremento em diâmetro (cm) foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e Lilliefors, com nível de significância de

5%, e em todos os testes realizados mostram p-valor > α atestando a normalidade dos dados.

Os valores da média do incremento médio em diâmetro (ICA) para cada espécie, bem como os valores do desvio padrão e coeficiente de variação, para o período de 2007 a 2018, estão na Tabela 8.

Tabela 8. Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos incrementos em diâmetro das espécies *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, Guarapuava – PR, 2019. ICA= Incremento Corrente Anual; S= Desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação.

Espécie	ICA (cm)	s (cm)	CV (%)
B. forficata	0,7312	0,1331	17,91
S. terebinthifolius	1,0988	0,3596	32,62
M. scabrella	1,5178	0,6616	43,35

A espécie bracatinga apresentou a maior média de incremento (1,51 cm.ano^{-1}) quando comparada a pata de vaca (0,73 cm.ano^{-1}), esse valor para o crescimento já era esperado, pois a bracatinga é uma espécie de crescimento rápido, característica de espécie pioneira.

4.3 Datação cruzada e cronologias

O controle da datação cruzada realizado com o auxílio do *Software* Cofecha, tem por objetivo realizar a correlação do crescimento de uma série com a correlação gerada do programa, essa correlação é realizada ao nível de 1% de significância, quando a amostra obtém valor abaixo dessa correlação ela é eliminada, para que não ocorra "ruídos" na série máster a ser gerada.

Para gerar a série master do Cofecha, foram utilizadas apenas as amostras das árvores com correlação significativa, ou seja, aquelas com valores acima do limite crítico de 0,3281 a 1% de probabilidade.

Das 30 árvores amostradas para a espécie *B. forficata*, apenas 17 foram utilizadas para gerar a série, para a espécie *S. terebinthifolius*, das 43 árvores amostradas foram aproveitadas apenas 22 e das 38 árvores amostradas da espécie *M. scabrella*, apenas 27 foram utilizadas para a geração da série máster do Cofecha. As informações da estatística descritiva sobre a cronologia das três espécies estão na Tabela 9.

Tabela 9. Descrição estatística da datação-cruzada dos anéis de crescimento dos indivíduos de

B. forficata, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, em área de recuperação florestal, Guarapuava – PR, 2019.

Descrição	Espécie		
	B. forficata	*S. terebinthifolius*	*M. scabrella*
Nº de árvores	17	22	27
Período avaliado	2005 - 2017	2003 - 2017	2003 - 2017
Nº de anéis checados	211	289	360
Correlação entre as séries	0,401 *	0,440 *	0,471 *
Sensibilidade média	0,326	0,308	0,350
Comprimento médio das séries	12,4	13,2	13,4

* Significância a 1% na correlação de Pearson.

O período avaliado variou de 2005 a 2017 para a espécie *B. forficata*, e de 2003 a 2017 para as espécies *S. terebinthifolius* e *M. scabrella.* Salienta-se que para as espécies estudadas não foram encontrados valores para a correlação entre as séries, nem para a sensibilidade média.

A intercorrelação entre as séries variou de 0,40 para *B. forficata*, 0,44 para *S. terebinthifolius* e 0,47 para *M. scabrella,* esses valores são considerados de alta intercorrelação e mostram o potencial das espécies para estudos dendrocronológicos. Segundo Grissino-Mayer (2001), a correlação para as espécies de clima tropical, com anéis não tão distintos e valores menores que 0,5 são considerados de alta correlação, e ainda podem variar de acordo com a espécie, sítio, competição e com fatores que podem causar estresse na planta.

Os valores para a sensibilidade média variaram de 0,326 para para *B. forficata*, 0,308 para *S. terebinthifolius* e 0,35 para *M. scabrella,* e mostram as variações da largura dos anéis entre um ano em outro, e está diretamente relacionada às condições do ambiente ao qual a árvore está inserida, os valores encontrados acima de 0,3 mostram que as espécies têm alta sensibilidade às variações climáticas e do ambiente (GRISSINO-MAYER, 2001).

Nota-se que a sensibilidade média da bracatinga e da pata vaca obtiveram valores maiores que da aroeira vermelha, mostrando que essas espécies respondem às variações do ambiente de forma mais expressiva.

Figueiredo Filho et al. (2017) estudaram o crescimento e a idade das espécies nativas regenerantes (*C. fissilis, C. scabra, I. paraguariensis, O. puberula* e *A. angustifolia*) na Flona de Irati, PR, encontraram valores de intercorrelação 0,307; 0,311; 0,367; 0,241 e 0,403, respectivamente, e sensibilidade média de 0,365; 0,298; 0,302; 0,328 e 0,305, respectivamente.

4.4 Relação do crescimento com as variáveis ambientais

Os resultados obtidos dos anéis de crescimento foram relacionados com os dados climáticos da estação meteorológica próxima do local de estudo, por meio da correlação linear de Pearson, a 5 e 1% de probabilidade.

Na Figura 21, podem ser visualizados os registros das médias anuais para as variáveis: temperatura (média, máxima e mínima), precipitação total anual, para o período estudado entre agosto de 2006 a agosto de 2017.

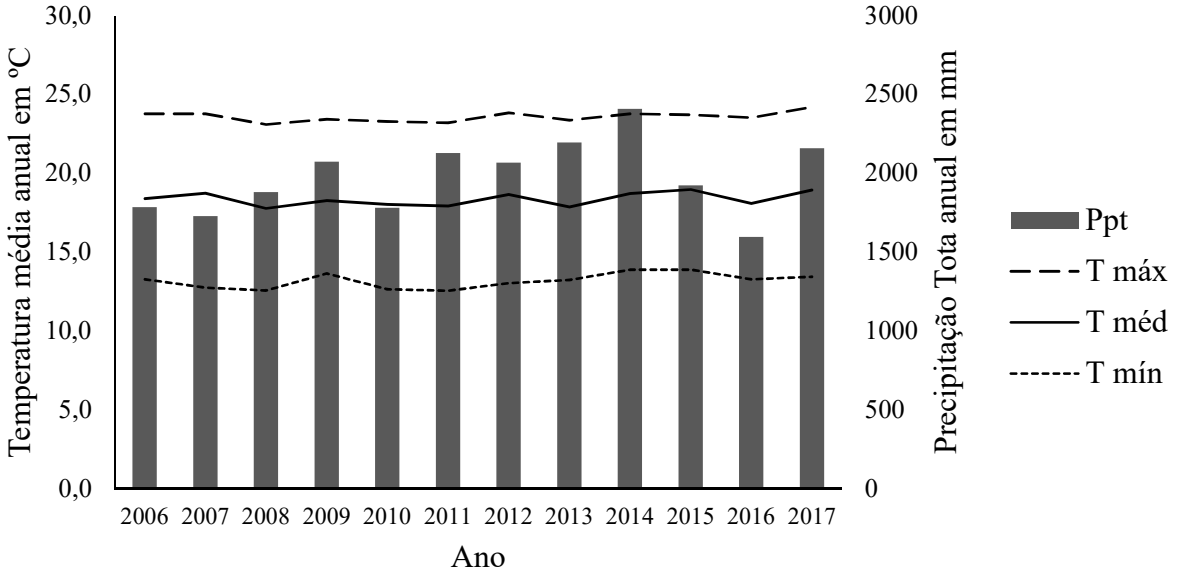


Figura 21. Registro das variáveis climáticas temperatura média, máxima e mínima e precipitação total anual, Guarapuava – PR, 2019.
Fonte: O Autor (2019).

Observa-se que o ano de maior precipitação foi em 2014 com 2408,5 mm e o ano de menor precipitação foi em 2016 com 1596,1 mm. Em relação à temperatura média máxima obtida foi de 24,2 ºC foi observada no ano de 2017. E a temperatura média mínima foi de 12,5 ºC no ano de 2011.

Na Figura 22 A, mostra a série master gerada pelo Cofecha, para os dados de *B. forficata, S. terebinthifolius* e *M. scabrella* elaboradas a partir das séries significativas e a Figura 22 B, mostra a série *Standard* gerada pelo Arstan e correlacionada com a variável precipitação total anual.

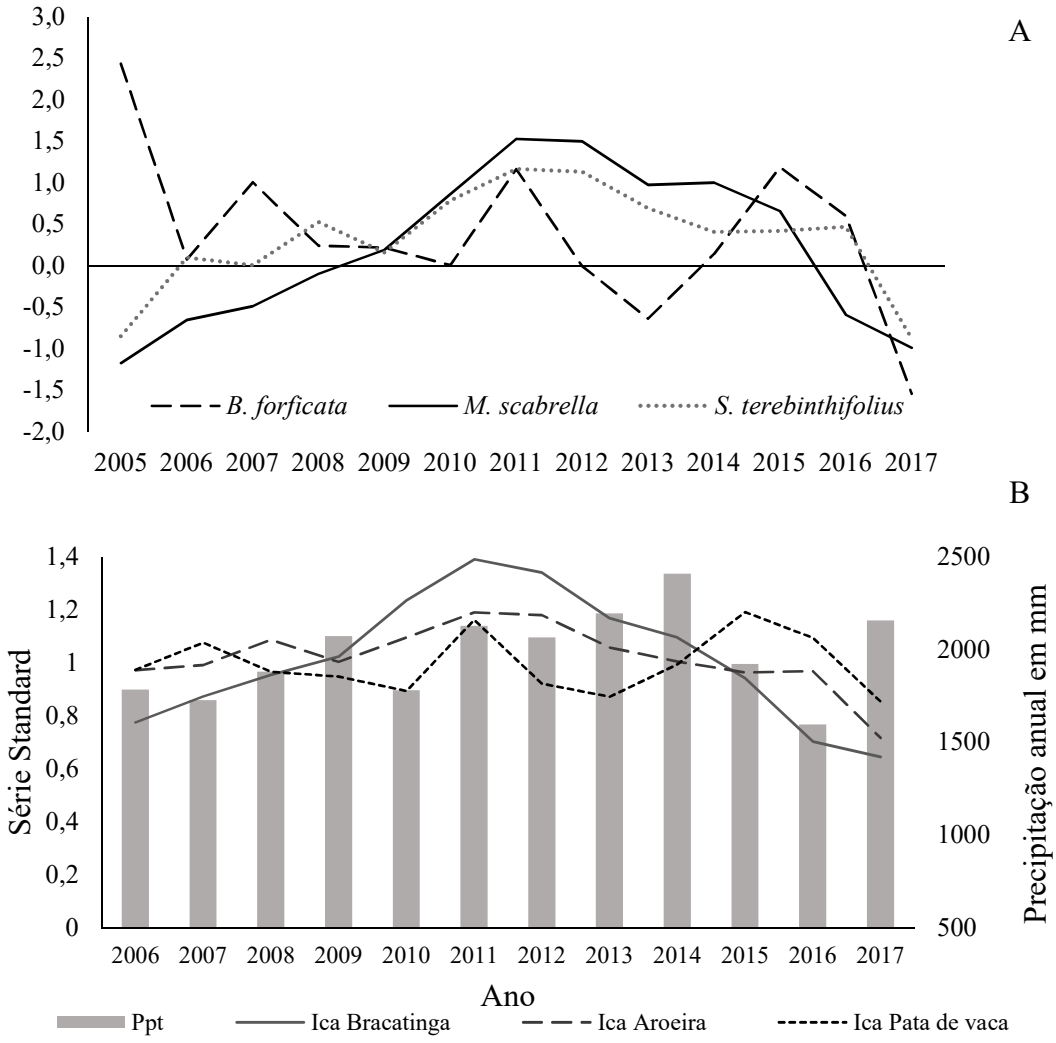


Figura 22. Série master de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* (A), série *Standard* gerada pelo Arstan (B) correlacionada com a precipitação anual (mm), amostradas em uma área de recuperação florestal em Guarapuava.
Fonte: O Autor (2019).

Nota-se que as espécies apresentaram comportamento semelhante, os maiores valores de incremento foram observados no ano de 2011, importante observar que a precipitação para este ano é considerada alta (acima de 2.000 mm) e em relação a temperatura média e mínima esses valores foram menores que os outros anos.

No entanto, no ano de 2013 e de 2017, as espécies apresentaram um baixo incremento mesmo com a precipitação acima de 2.000 mm, porém esses valores de precipitação se mostraram mais concentrados em alguns meses do ano, enquanto em outros meses a precipitação foi drasticamente reduzida, levando a planta aos extremos, causando

provavelmente estresse hídrico seguido de período de seca.

É importante salientar que as espécies não apresentaram comportamento padrão ao longo dos anos, a bracatinga foi a espécie que apresentou maior variação de incremento, e que após 10 anos implantada no campo ela encontra-se em declínio, pois é uma espécie pioneira e de ciclo curto, indicando que não só as variáveis climáticas interferem no seu desenvolvimento assim como outras variáveis podem influenciar no crescimento.

A correlação das variáveis ambientais (temperatura média, máxima, mínima, precipitação anual, evaporação, insolação e umidade relativa) com a média do crescimento em diâmetro da espécie *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* no local de estudo, estão na Tabela 10.

Tabela 10. Correlação do incremento de *B. forficata, S. terebinthifolius* e *M. scabrella* com as variáveis climáticas, Guarapuava – PR, 2019. Eva: evaporação ($mm.dia^{-1}$); Ins: insolação (horas.dia); Ppt: precipitação anual (mm); Tmed: temperatura média (ºC); Tmax: temperatura máxima (ºC); Tmin: temperatura mínima (ºC); UR: umidade relativa ($g.H_2O.m^3$).

Espécie	Eva	Ins	Ppt	Tmed	Tmax	Tmin	UR
B. forficata	0,52**	-0,34**	0,15**	0,20**	0,19**	0,31**	-0,48**
S. terebinthifolius	0,39**	-0,28**	0,18**	0,45**	0,13**	0,25**	-0,40**
M. Scabrella	0,26**	-0,24**	0,25**	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,18**	-0,30**

** Correlação significativa a 1%. $^{ns:}$ não significativo.

O incremento em diâmetro das espécies *B. forficata* e *S. terebinthifolius*, apresentou correlação significativa positiva a 1% de probabilidade com as variáveis evaporação, precipitação, temperatura média, máxima e mínima, e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa.

A espécie *M. Scabrella* teve correlação positiva a 1% de probabilidade do incremento com as variáveis insolação, precipitação e temperatura mínima, e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa. E não apresentou correlação significativa com as variáveis temperatura média e máxima.

Em um estudo de dendrocronologia de *Gymnanthes klotszchiana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs e *Hovenia dulcis* Thunb., Kanieski et al. (2017) em uma área degradada pelo derramamento de óleo, na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, avaliaram as árvores sob duas condições de saturação hídrica permanente e temporária, e obtiveram resultados que demonstraram padrão de crescimento semelhante para o branquilho, com tendência a

diminuição ao longo dos anos, diferente da espécie exótica, com tendência de aumento do incremento ao longo dos anos. Ainda mostraram que as taxas de incremento foram menores após o ano do derramamento, e que o alagamento da área como tentativa de descontaminação afetou o crescimento dos indivíduos.

Cusatis, Trazzi e Higa (2013) estudaram a dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista e constataram que as variáveis climáticas e o crescimento radial não apresentaram resultados significativos, apenas a umidade relativa do ar foi significativa e inversamente proporcional ao crescimento radial.

Já Spathelf et al. (2000) estudaram as relações entre as variáveis climáticas e o incremento em diâmetro do tronco da espécie *Ocotea pulchella*, em Itaara – RS, e constataram que o excesso de água no solo influenciou no crescimento em diâmetro das árvores.

Para comprovar a influência das variáveis climáticas no crescimento das árvores, foi realizada a análise fatorial (AF) para cada espécie com as 7 variáveis climáticas, sendo evaporação (Eva), insolação (Ins), precipitação (Ppt), temperatura média (Tmed), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (UR) e o incremento das três espécies estudadas.

A análise fatorial (AF 1), foi realizada individualmente para cada espécie, obteve-se a medida de adequação da amostra medida pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0,45 para as três espécies, após analisar os dados verificou-se que a variável umidade relativa não apresentou peso importante no conjunto de dados, sendo excluída da análise fatorial.

A AF 2 foi realizada novamente levando em consideração as demais variáveis climáticas e obteve valor de KMO de 0,52 para a espécie *S. terebinthifolius*, de 0,54 para a *M. scabrella* e 0,51 para a *B. forficata,* o teste de esfericidade de Bartlet obteve valor de *p* (sig) 0,00 indicando que os dados atendem aos requisitos de adequacidade da amostra para este tipo de análise.

Na análise fatorial, as comunalidades se referem a parcela explicada pelos fatores comuns, estes valores podem variar de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 0 indicam que os fatores comuns não explicam a variância e valores próximos de 1 indicam que as variâncias são explicadas pelos fatores comuns (HAIR et al., 1998).

Os valores das comunalidades para cada variável climática e do incremento em diâmetro para a espécie *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata,* estão na Tabela 11.

Tabela 11. Valores das comunalidades na análise fatorial para as espécies *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata* e as variáveis climáticas, Guarapuava – PR, 2019.

Variáveis climáticas	Comunalidades		
	S. terebinthifolius	*M. scabrella*	*B. forficata*
Evaporação	0,81	0,83	0,83
Insolação	0,76	0,75	0,78
Temperatura média	0,92	0,87	0,94
Temperatura máxima	0,85	0,83	0,89
Temperatura mínima	0,84	0,82	0,84
Precipitação	0,86	0,88	0,83
Incremento *S. terebinthifolius*	0,67	-	-
Incremento *M. scabrella*	-	0,66	-
Incremento *B. forficata*	-	-	0,69

Com base nos resultados obtidos nas comunalidades, a variável que mais influenciou no crescimento da espécie *S. terebinthifolius* foi a temperatura média, seguida da precipitação e das temperaturas máxima e mínima. Enquanto que para a espécie *M. scabrella* foi a variável precipitação, seguida da temperatura máxima e da evaporação, e para a espécie *B. forficata* as variáveis de temperatura média, temperatura máxima e precipitação que influenciaram no crescimento.

Nota-se ainda que a variável insolação obteve valores baixos para as três espécies, sendo 0,75 para *M. scabrella,* 0,76 para *S. terebinthifolius* e 0,78 para *B. forficata*, o que pode ser explicado pela fisiologia da planta: árvores mais velhas como é o caso da *M. scabrella* que já se encontram em fase de senescência na floresta, e que provavelmente têm a taxa de crescimento já estabilizada, enquanto que para as espécies mais jovens estas sim necessitam de insolação para continuar o seu desenvolvimento, como é o caso da *B. forficata*.

Para determinar o número de componentes principais, nota-se que para as três espécies os três primeiros PCs gerados a partir desta análise, os autovalores ($\lambda_i > 1$) apresentam valor maior que 1 (KAISER, 1958) e foram responsáveis por mais de 80% da variância total do conjunto de dados, então os três PCs foram retidos, como mostra a Tabela 12.

Tabela 12. Componentes principais (PCs), respectivos autovalores (λ_i), porcentagens da variância explicada e proporção acumulada em cada componente.

Espécie	Componente Principal	Autovalores	Proporção da variância	Proporção acumulada (%)
S. terebinthifolius	PC 1	3,418	48,832	48,832
	PC 2	1,146	16,374	65,205
	PC 3	1,140	16,288	81,493
M. scabrella	PC 1	3,369	48,134	48,134
	PC 2	1,234	17,626	65,760
	PC 3	1,046	14,940	80,700
B. forficata	PC 1	3,497	49,957	49,957
	PC 2	1,196	17,092	67,048
	PC 3	1,098	15,685	82,733

Para *S. terebinthifolius* a técnica dos componentes principais, mostrou que os dados foram agrupados em três componentes principais, responsáveis por 81,49% da variação total, sobre o incremento em diâmetro. Sendo que o primeiro componente principal (PC 1) foi responsável por 48,8% da variância total.

Para *M. scabrella* a análise de componentes principais agrupou o conjunto de dados em três componentes, sendo que o primeiro PC foi responsável por explicar 48,1% da variância total, e juntos somaram 80,7% da variância total. E para *B. forficata* o PC 1 foi responsável por responder 49,9 % da variância dos dados, e no total as três componentes foram responsáveis por 82,7% da variância total. De acordo com Rencher (2002), a obtenção de 80% da variância total explicada pelos dados é um valor considerado adequado para a extração dos componentes.

Na figura 23, mostra como os dados foram agrupados pelas componentes principais, em função dos escores de cada variável, é possível perceber quais as variáveis que estão correlacionadas e que influenciam no crescimento das espécies *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata*.

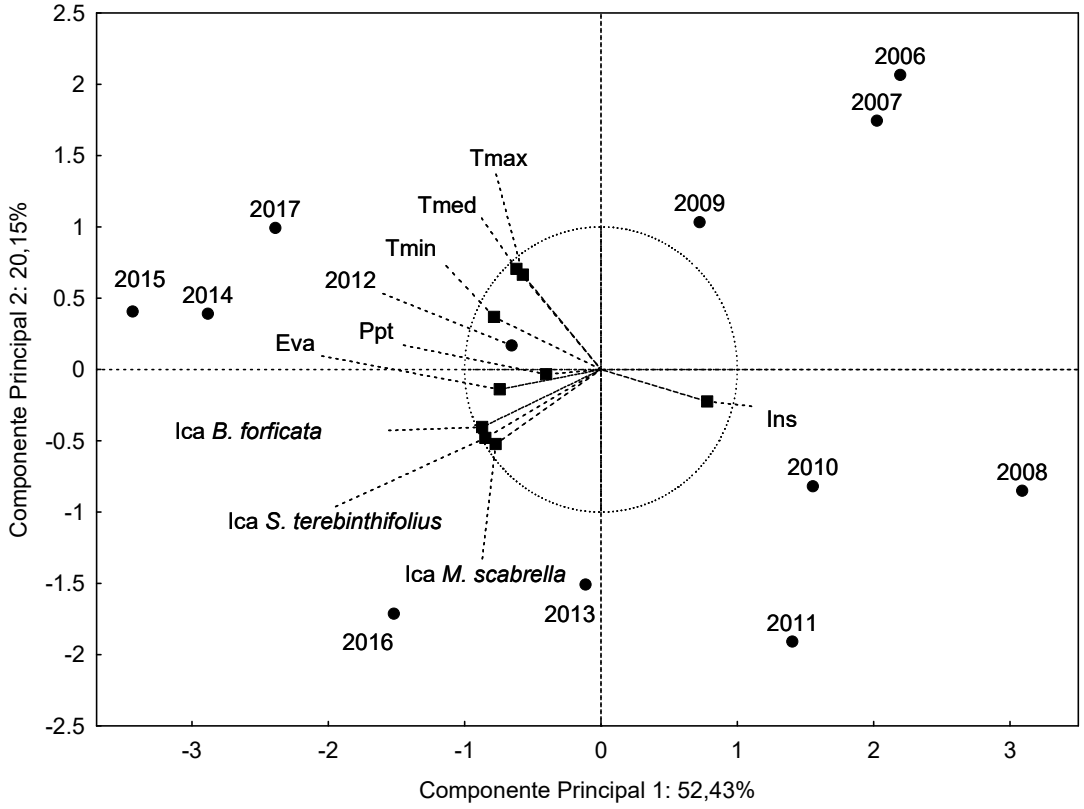


Figura 23. Componentes Principais *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata*.
Fonte: O Autor (2019).

Analisando a Figura 23, que é a PC1 x PC2, com as variáveis climáticas e os anos sobre o incremento das espécies, pode-se concluir que, de acordo com os dados das variáveis climáticas, as variáveis que influenciaram no crescimento das espécies *S. terebinthifolius, M. scabrella* e *B. forficata*, foram as variáveis temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed), temperatura mínima (Tmin), evaporação (Evp) e precipitação (Ppt), e em relação aos anos em que essa influencia foi mais acentuada foram 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017.

Em relação aos anos 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011, são os anos iniciais ao plantio, período de adaptação das espécies com a condição de campo e com a ação da insolação direta sobre elas, pode ter influenciado no crescimento.

Percebe-se que as três espécies reagiram de forma semelhante às mesmas variáveis climáticas e nos mesmos anos, que com exceção de 2016, foram anos em que a precipitação obteve média acima de 2000 mm ao ano.

5. CONCLUSÕES

As espécies estudadas não apresentaram dificuldade de crescimento que possa estar relacionado com o histórico de degradação da área de estudo, pois houve incremento médio diamétrico no período de 2007 a 2017 para as três espécies estudadas, sendo para *B. forficata* de 0,73 cm.ano^{-1}, para *S. terebinthifolius* foi de 1,09 cm.ano^{-1} e para *M. scabrella* foi de 1,51 cm.ano^{-1}.

As espécies *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* demonstraram sensibilidade aos fatores climáticos, evidenciado nos anéis de crescimento e apresentaram comportamento de forma semelhante para os mesmos anos em que houveram características de alto e baixo crescimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. R.; CASTRO, V. R.; LOBÃO, M. S.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; GUEDES, F. T. P. Comparative analysis of anatomy and micro-densitometry of the growth rings of hardwoods and conifers, with emphasis on dendrochronology. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 595-640, 2016.

AMARAL MACHADO, S.; SOUZA, R. F.; TEÓPHILO APARECIDO, L. M.; RIBEIRO, A.; CZELUSNIAK, B. H. Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio. **CERNE**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 199 – 207, 2015.

ANDERSON, T. W. **An Introduction to Multivariate Statistical Analysis.** Hoboken: John Wiley and Sons, 2003. 721p.

ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de Pinus taeda L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 239-246, 2007.

BAMBERG, R. **Análise da influência das variáveis meterorológicas no crescimento em diâmetro e altura de quatro espécies florestais.** 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2014.

BORŮVKA, L.; MLÁDKOVÁ, L.; PENÍŽEK, V.; DRÁBEK, O.; VAŠÁT, R. **Forest soil acidification assessment using principal component analysis and geostatistics.** Geoderma, v. 140, n. 4, p.374-382, 2007.

CARPANEZZI, A.A.; PAGANO, S.N.; BAGGIO, A.J. Banco de sementes de bracatinga em povoamentos do sistema agroflorestal tradicional de cultivo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.35, p.3-19, 1997.

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

COELHO, R. F. R.; ZARIN, D. J.; MIRANDA, I. S.; TUCKER, J. M. Análise florística e estrutural de uma floresta em diferentes estágios sucessionais no município de Castanhal, Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 4, p. 563-582, 2003.

CÔRREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, 1978. v.5.

CUSATIS, A. C.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira,** Colombo, v. 33, n. 75, p. 287-297, 2013.

DA SILVA, L. C. R.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F.; FIGUEIREDO FILHO, A. Evolução estrutural de bracatingais da região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, p. 171-179, 2016.

FIGUEIREDO FILHO, A.; RETSLAFF, F. S.; RETSLAFF, F. S.; LONGHI-SANTOS, T.; STEPKA, T. F. Crescimento e idade de espécies nativas regenerantes sob plantio de *Araucaria angustifolia* no Paraná. **Floresta e ambiente**, v. 24, 2017.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal.** Santa Maria, UFSM. 2006. 284 p.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-ring Research**, Tucson, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis.** 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 730 p.

HOLMES, R. L.; ADAMS, R. K., FRITTS, H. C. **Tree-Ring Chronologies of Western North America:** California, Eastern Oregon and Northern Great Basin with Procedures Used in the Chronology Development Work Including Users Manuals for Computer Programs COFECHA and ARSTAN. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, Ariz. Chronology Ser. 6. 1986.

KAGEYAMA, P; GANDARA, F. B. **Revegetação de áreas ciliares.** In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. de F. (eds): *Matas chiares:* conservação e recuperação. Editora Universidade de São Paulo-USP, Sao Paulo, Brasil, 2000. p. 1-40.

KANIESKI, M. R.; GALVÃO, F.; ROIG, F. A.; BOTOSSO, P. C. Dendroecologia de Sebastiania commersoniana (Baill.) L. B. Sm. & Downs e Hovenia dulcis Thunb. em uma área degradada na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1201 – 1215, 2017.

KANIESKI, M. R.; SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperature no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária – PR. **Floresta e ambiente**, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis**. Psychometrika**, v. 23, n. 3.p. 187- 200, 1958.

KERSHAW JR., J. A.; DUCEY, M. J.; BEERS, T. W.; HUSCH, B. **Forest Mensuration.** 5ª ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA; Chichester, Uk, 2016. 630 p.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; HARTSHORN, G.; PERALTA, R. Growth rates and age-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 1, n. 2, p- 97-109, 1985.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992. 352p.

MACDICKEN, K. G.; WOLF, G.V.; BRISCOE, C. B. Standard research methods for multipurpose trees and shrubs. Winrock International Institute for Agricultural Development, USA. ICRAF, 1991. 92p.

MARCHIORI, J. N. C.; MUÑIZ, G. I. B.; SANTOS, S. R**. Madeiras do Rio Grande do Sul: Descrição microscópica de 33 espécies nativas.** Santa Maria: [s.n.], 2009. 80 p.

MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGOSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H. OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 64, p. 319-326, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG, 2005. 297 p.

NUTO, L. WATZLAWICK, L. F. Incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim Pesquisa Florestal,** Colombo, n. 45, p. 41-55, 2002.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil.** 2007. 139 f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest.** Cambridge University Press. Cambridge, 1996. 2ª ed. 575p.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees.** V. 25, n. 3. 2011.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings and Environment. Dendroecology.** Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP. Berne, Stuttgart, Vienna, 1996. 609p.

SCOLFORO, J. R. S. **Inventário Florestal.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 440 p.

SOUZA, F. R.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F.; FIGUEIREDO FILHO, A. Effect of environmental variables in the distribution od tree species in the Iguaçu national park. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 41, n. 6, 2017.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendrocronológica de Ocotea pulchella Nees et Mart. ex Nees (canela lageana) na Serra Geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n.1, p. 95-108, 2000.

SPATHELP, P.; TOMAZELLO FILHO, M.; TONINI, H. Dendroecological analysis of *Ocotea pulchella* and *Nectandra megapotamica* on two sites near Santa Maria, Rio Grande do Sul (Brazil). **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 777-788, 2010.

STEPKA, T. F. Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no Sul do Brasil. 2012. 208 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2012.

VOLPATO, M. **Regeneração natural em uma Floresta secundária no domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica.** 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1994.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados**. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

CAPÍTULO 5 - PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM FLORESTA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO E FLORESTA EM SUCESSÃO SECUNDÁRIA.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo comparar as propriedades físicas do solo em áreas de floresta em sucessão secundária e em processo de recuperação. O estudo foi conduzido em áreas pertencentes à Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Guarapuava, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com amostras coletadas em seis pontos de cada área, para avaliação dos atributos físicos do solo, nas profundidades do solo de: 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m. A floresta em sucessão secundária obteve melhores resultados em todos os atributos avaliados, devido à grande quantidade de matéria orgânica que atua na melhoria das suas condições. A área em recuperação obteve maiores valores para a densidade do solo e menor porosidade total nas três profundidades. A microporosidade não diferiu entre as áreas estudadas e a macroporosidade apresentou menores valores com diferença estatística apenas na camada de 0,2 - 0,3 m. A resistência à penetração foi maior para a área em recuperação, resultante do histórico de uso da área com pastagem. O maior valor da densidade máxima foi encontrado na área em recuperação (1,23 Mg m^3), com umidade de 0,32 Mg Mg^{-1}, enquanto que na área de floresta em sucessão secundária esse valor foi de 1,12 Mg m^3 e umidade de 0,45 Mg Mg^{-1}, em função da quantidade de matéria orgânica que influencia diretamente na redução da densidade.

Palavras-chave: Solos florestais, estrutura do solo, Latossolo Bruno, floresta em regeneração.

ABSTRACT

The objective of this work was to compare the physical properties of the soil in forest areas in secondary succession and in ecological rehabilitation process. The study was conducted in areas belonging to the State University of the Center-West of Parana, Guarapuava, Brazil. The experimental design was completely randomized, with samples collected at 6 points of each area, to evaluate soil physical attributes, at soil depths of: 0 – 0.1 m, 0.1 – 0.2 m and 0.2 – 0.3 m. The forest in secondary succession obtained better results in all evaluated attributes, due to the large amount of organic matter that improves its conditions. The area under rehabilitation process obtained higher values for soil density and lower value of total porosity at 3 depths. The microporosity did not differ between the studied areas and the macroporosity presented smaller values with statistical difference only in the layer of 0.2 – 0.3 m. The penetration resistance was higher for the area under restoration, resulting from the use history of use of the pasture area. The highest value of the maximum density was found in the restoration area (1.23 Mg m^3) with humidity of 0.32 Mg Mg^{-1}, while in the natural forest area this value was 1.12 Mg m^3 and humidity 0.45 Mg Mg^{-1}, depending on the amount of organic matter that directly influences the reduction of the density.

Key-words: Forest soils, soil structure, Oxisol, forest regeneration.

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos físicos do solo, em função dos processos essenciais de ciclagem de nutrientes, do acúmulo e decomposição da matéria orgânica. Entretanto, a ação antrópica promove alterações nesses atributos e, na maioria das vezes, causando um impacto ambiental negativo (SILVA et al., 2007).

Os solos de floresta natural são considerados ideais, quando analisados os seus atributos físicos, em relação à qualidade dos solos de outros ecossistemas (ANDREOLA et al., 2000), já que são eles que determinam a disponibilidade de água, a aeração, a capacidade de infiltração e principalmente a capacidade produtiva (BOGNOLA et al., 2010).

A conversão de sistemas naturais em agrícolas ou pastagem podem resultar na compactação do solo, em função do pisoteio animal, tráfego de máquinas e implementos agrícolas, cultivo intensivo e sistema de manejo inadequado (HAMZA e ANDERSON, 2005), e prejudica a qualidade do solo tornando-os degradado e com potencial produtivo reduzido, decorrente da baixa capacidade de armazenamento de água, suscetibilidade à erosão e redução da capacidade de armazenar carbono (COUTINHO et al., 2017).

Assim, uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas, é através do plantio de florestas, pois, as árvores são capazes de promover melhorias no armazenamento e na manutenção de água no solo, reduzindo o escoamento superficial que atua na prevenção da erosão, por meio da formação de agregados e na conservação dos solos (SERENGIL et al., 2007).

A área de estudo é resultado de uma intervenção de recuperação com o plantio de mudas de árvores, pois devido as práticas de pastagem e pisoteio animal, não apresentava condições de regenerar naturalmente. A outra área, a Floresta Ombrófila Mista Aluvial, é um fragmento de floresta em sucessão secundária, a qual tem sido utilizada para estudos de dinâmica, composição florística e fitossociológica e entre outros.

Este capítulo teve como objetivo avaliar as propriedades físicas do solo em área em processo de recuperação e em floresta em sucessão secundária, em um Latossolo Bruno, no município de Guarapuava – Pr, e verificar as possíveis correlações e as diferenças entre as variáveis nos ambientes de estudo.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Comparar as propriedades físicas do solo de uma floresta em processo de recuperação e em uma floresta em sucessão secundária.

2.2 Objetivos específicos

Verificar possíveis correlações e diferenças entre as propriedades físicas das duas florestas: densidade do solo (Ds), macroporosidade (Map), microporosidade (Mip), porosidade total (PT), capacidade de aeração total (CAT) e capacidade de campo (CC);

Verificar a densidade máxima de compactação (DMax) entre as florestas;

Analisar a densidade relativa do solo (Dr) das duas florestas e;

Estudar a resistência do solo à penetração (RP) e analisar o comportamento do solo da área em processo de recuperação e a floresta em sucessão secundária;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de floresta, sendo uma caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista Aluvial (IBGE, 2012), fragmento de floresta em sucessão secundária, localizado na área urbana e que pertence à Universidade Estadual do Centro-Oeste, com área de aproximadamente 11,5 ha.

A outra área, é uma floresta em processo de recuperação, com 10 anos e área de aproximadamente um ha, tendo histórico de uso e ocupação do solo por pastagem, sendo que em 2007, devido ao alto grau de degradação foi realizado o plantio de espécies florestais nativas, deixando que a regeneração natural se desenvolvesse.

3.2 Amostragem e análises de propriedades físicas do solo

As variáveis estudadas para determinação das propriedades físicas do solo foram: densidade do solo (Ds), macroporosidade (Map), microporosidade (Mip), porosidade total (PT), capacidade de aeração total (CAT) e capacidade de campo (CC), densidade máxima de compactação (DMax), densidade relativa do solo (Dr) e resistência do solo à penetração (RP) em ambas as florestas.

Foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, utilizando os anéis metálicos de 100 cm^3 com auxílio de macaco hidráulico (EMBRAPA, 2011). As coletas foram realizadas em seis pontos aleatórios em cada área, em cada ponto foi aberto uma trincheira com 0,5 m de comprimento, 0,4 m de largura e 0,30 m de profundidade, e foi retirada uma amostra em cada camada de 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m de profundidade.

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, em Guarapuava - PR, onde foram submetidas à saturação por 48 horas e após foram levadas para a mesa de tensão. A Map foi definida por meio da diferença de volume de poros drenados entre o solo saturado e o potencial matricial de -6 kPa. A Mip foi definida por meio da diferença de volume de poros drenados no potencial matricial de -6 kPa e o solo seco a 105ºC. A PT consiste no somatório da Map e Mip. A CAT foi definida por meio da diferença de volume de poros drenados entre o solo saturado e o potencial matricial de -10 kPa, a CC foi definida por meio da diferença de volume de poros

drenados no potencial matricial de -10 kPa e o solo seco a 105ºC, conforme descrito por Reynolds et al. (2002). A capacidade de armazenamento de ar e a capacidade de armazenamento de água foram calculadas por meio da relação entre CAT/PT e CC/PT, respectivamente. A Ds foi obtida segundo metodologia da EMBRAPA (2011).

A análise granulométrica foi realizada com amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) peneiradas em malha de 2 mm das quais foram retirados 50 g para cada uma das amostras. A dispersão foi realizada com a utilização de dispersante químico (200 ml de NaOH) seguida de agitação mecânica, através do método do densímetro para determinação do teor de argila, e o teor de areia foi obtido por peneiramento malha 0,053 mm e silte foi obtido por diferença, seguindo a metodologia da EMBRAPA (2011).

A mensuração da RP foi realizada com a utilização do penetrômetro eletrônico, o penetroLOG. Para cada ponto de coleta dos anéis foram realizadas 6 medições de penetrometria, totalizando 36 avaliações em cada área, até a profundidade de 0,5 m.

A DMax do solo foi obtida através da realização do teste de Proctor, normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 182) (ABNT, 1986). Para cada área foram preparados aproximadamente 60 kg de solo, coletados por meio de amostra composta e peneirados em malha de 4,5 mm, posteriormente seco em temperatura ambiente durante sete dias.

Para cada ponto de umidade do ensaio de Proctor foram utilizados aproximadamente 6 kg de solo, sendo necessário 2 kg para cada repetição, totalizando três repetições por ponto para compor a média. Após a umidade do solo conhecida, para cada ponto foi adicionado aproximadamente 1000 ml de água, e a cada nova medida foi adicionado mais 100 ml de água para o solo da floresta em sucessão secundária e 150 ml para o solo da floresta em recuperação.

Posteriormente o solo umedecido foi colocado no cilindro em três camadas sucessivas, intercaladas com a aplicação de 26 golpes. Foi mensurado o peso do solo e do cilindro e uma amostra foi retirada para a obtenção da umidade em que o solo foi compactado. A partir do teste de Proctor foi possível determinar o valor da DMax de ambas as áreas, o qual foi utilizado para o cálculo da densidade relativa que é a razão entre a Ds determinada por meio dos anéis volumétricos e a DMax.

A densidade relativa (Dr) é obtida por meio da relação entre a Ds e a Dmax (KLEIN, 2014). A Ds não fornece informações suficientes para quantificar o grau de compactação de um solo, desse modo têm sido utilizada a Dr, a qual possui limites reconhecidos para se considerar os níveis de compactação do solo (MARCOLIN e KLEIN, 2011).

3.3 Análises de dados

A análise estatística foi baseada em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que as variáveis de Ds, Dr, Map, Mip, PT, CAT, CC, CAT/PT, CC/PT e RP, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t. Também foi realizada a análise de correlação de Pearson a 1% e 5% de probabilidade, com o propósito de se conhecer a correlação entre as variáveis, utilizando o *Software* Assistat v.7.7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de compactação com o ensaio de Proctor mostram que a DMax foi maior na área de floresta em recuperação 1,23 Mg m³ com uma umidade ótima de 0,32 Mg Mg^{-1}, enquanto que na área de floresta em sucessão secundária a DMax foi de 1,12 Mg m^3 e umidade de 0,45 Mg Mg^{-1} (Figura 24).

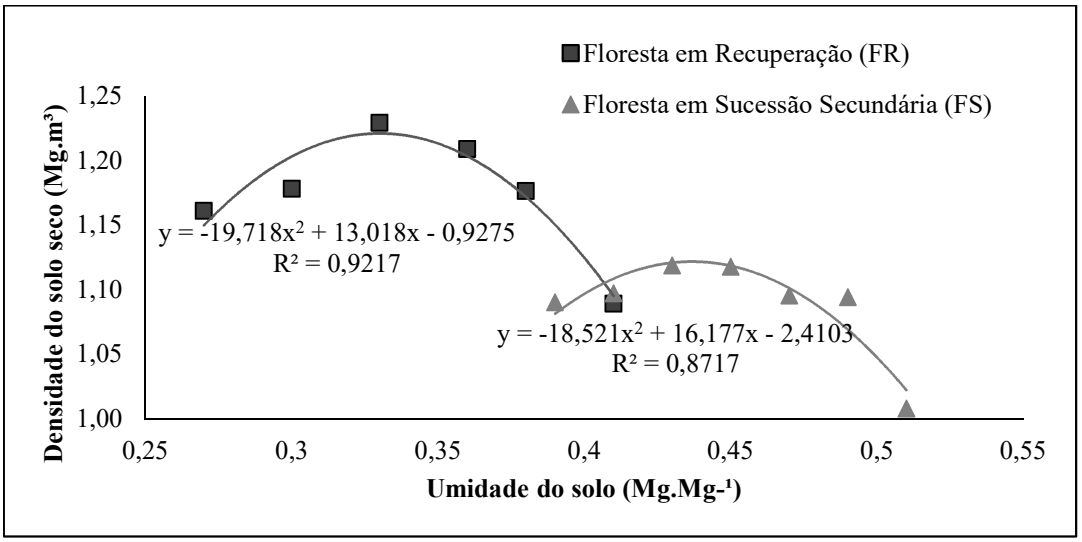


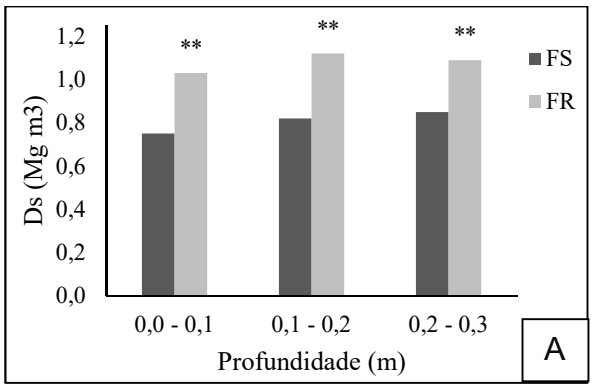
Figura 24. Curva da densidade máxima do solo em função da umidade, com ensaio de Proctor, na área de floresta em recuperação e na floresta em sucessão secundária, Guarapuava – PR, 2019.

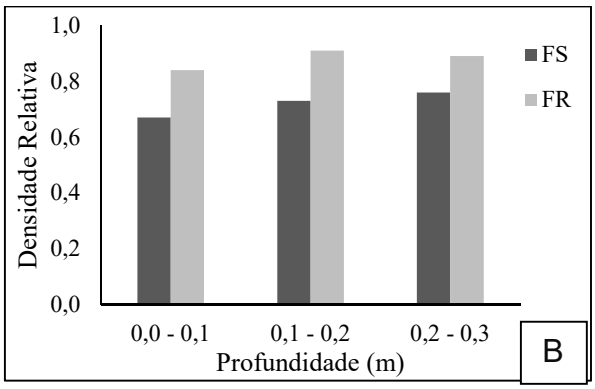
Fonte: O Autor (2019).

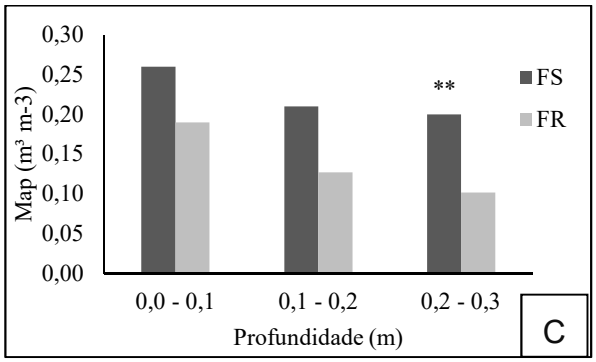
A diferença nos valores da DMax entre as duas áreas, pode estar relacionada com o histórico do uso e manejo realizados anteriormente na área de floresta em recuperação, e estão relacionados com os altos teores da matéria orgânica na área de floresta em sucessão secundária.

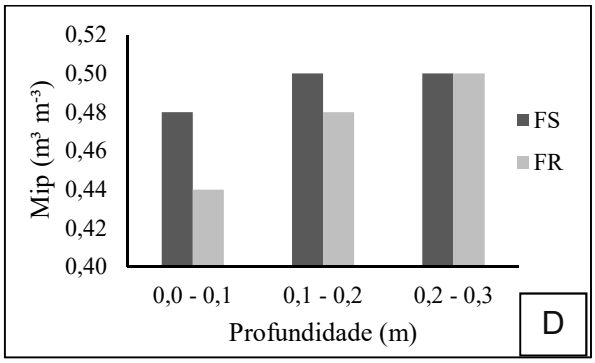
De acordo com Braida et al. (2006), a deposição de matéria orgânica no solo atua na redução da densidade máxima, pois apresenta baixa densidade em relação a dos sólidos minerais do solo, e auxilia positivamente na função estrutural, como foi verificado neste estudo em que a floresta em sucessão secundária apresentou maior teor de matéria orgânica e menor valor para a DMax que a floresta em recuperação.

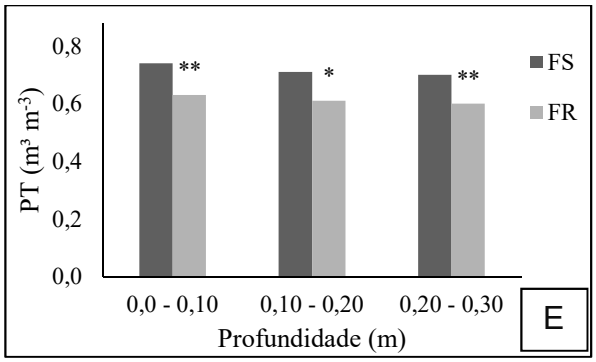
Entre a área de floresta em sucessão secundária e a área em recuperação houve diferença significativa na densidade do solo nas camadas de 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m, e 0,2 - 0,3 m de profundidade. Nas três camadas avaliadas, a área de floresta em sucessão secundária apresentou menor densidade do solo (Figura 25).

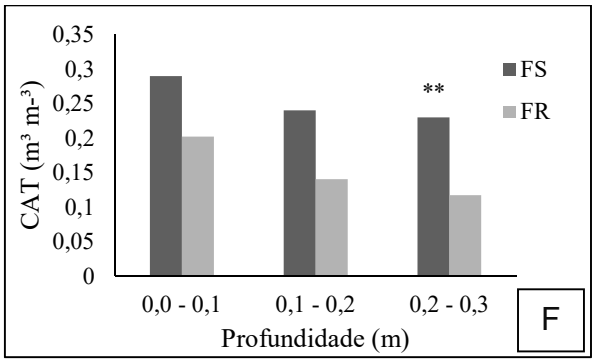

Ds (Mg m3)
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
**
**
**
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
A

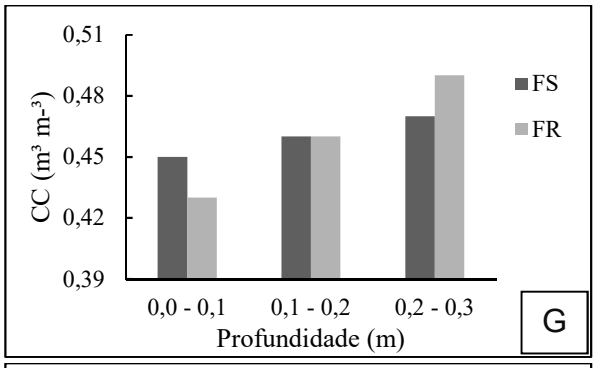

Densidade Relativa
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
B

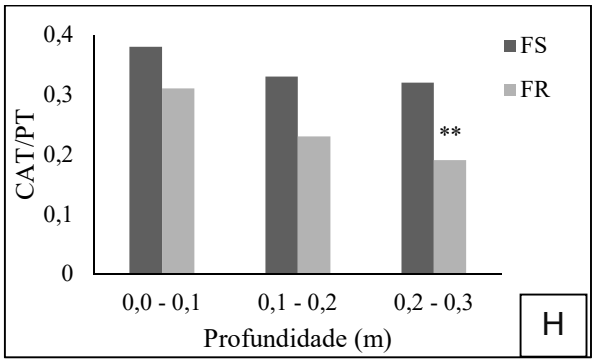

Map (m³ m-3)
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
**
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
C


Mip (m³ m-3)
0,52
0,50
0,48
0,46
0,44
0,42
0,40
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
D


PT (m³ m-3)
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
**
*
**
FS
FR
0,0 - 0,10
0,10 - 0,20
0,20 - 0,30
Profundidade (m)
E


CAT (m³ m-3)
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
**
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
F


CC (m³ m-3)
0,51
0,48
0,45
0,42
0,39
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
G


CAT/PT
0,4
0,3
0,2
0,1
0
**
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
H

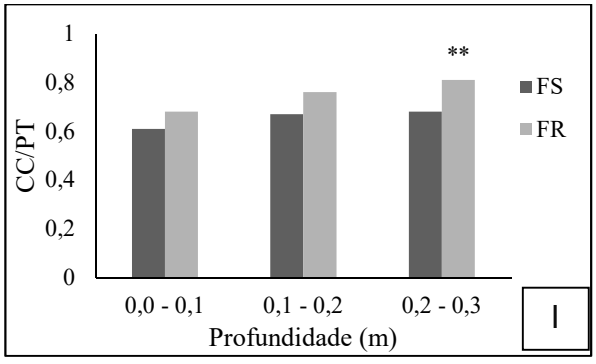

CC/PT
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
**
FS
FR
0,0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
Profundidade (m)
I

Figura 25. (A) Valores de densidade do solo (Ds), (B) densidade relativa, (C) macroporosidade (Map), (D) microporosidade (Mip), (E) porosidade total (PT), (F) capacidade de aeração total (CAT), (G) Capacidade de campo (CC), (H) Capacidade de armazenamento de ar (CAT/PT) e (I) Capacidade de armazenamento de água (CC/PT) em área de floresta em sucessão secundária (FS) e área de floresta em recuperação (FR), Guarapuava – PR, 2019.
Fonte: O Autor (2019).

Essa diferença entre as áreas já era esperada, pois a área em recuperação era utilizada com pastagem em alto grau de degradação, que influenciou na compactação do solo pelo pisoteio animal. Coutinho (2017), afirma que a lentidão na recuperação dos atributos físicos do solo ocorre em função da compactação pelo pisoteio animal e manejo inadequado utilizado anteriormente.

Em ambas as áreas avaliadas a camada de 0 - 0,1 m, apresentou valores baixos de densidade do solo, o que pode ser atribuído ao elevado teor de matéria orgânica, que contribui para reduzir a densidade do solo por ser menos densa que a fração mineral (BORTOLINI et al., 2013). A menor densidade do solo em floresta nativa também foi verificada quando comparada com sistemas agroflorestais e cultivo convencional, atribuindo essa diferença ao elevado teor de carbono orgânico (DA SILVA et al., 2011).

A floresta em recuperação apresentou o maior valor de Dr, de 0,91 na camada de 0,1 - 0,2 m, indicando que esta camada está compactada, pois segundo Reinert et al. (2008), o valor que indica se o solo está compactado situa-se entre 0,90 a 0,95 equivalente a 90 a 95 do grau de compactação, situação em que ocorre restrição de crescimento radicular e deformações na morfologia das raízes. E para Reichert, Suzuki e Reinert (2007), a compactação do solo em áreas agrícolas e em pastagens ocorre geralmente em uma camada encontrada até no máximo a 20 cm, enquanto, em áreas florestais a compactação pode atingir maiores profundidades.

Na floresta em sucessão secundária a Dr encontrada ficou entre 0,66 a 0,76 nas camadas de 0 - 0,1 e 0,2 - 0,3 m respectivamente. Esse resultado mostra a influência do alto teor da matéria orgânica, além do fato de não haver compactação do solo por máquinas agrícolas ou por animais. Klein (2006) em estudos em um Latossolo vermelho, observou que em condição de florestas naturais a densidade relativa apresentou valores entre 0,66 e 0,69. Para áreas de agricultura, Klein (2014) indica que valores de Dr abaixo de 0,80 ou 80% não estão compactados.

Luciano et al. (2012) encontraram Dr acima da densidade crítica em um Nitossolo Bruno distrófico típico, que são valores considerados prejudiciais para o desenvolvimento de cultivos

anuais, podendo resultar limitações no crescimento das plantas. No entanto, não foram observados sintomas de limitação de crescimento do campo nativo, mostrando que esse tipo de vegetação consegue se desenvolver em solos com valores de Dr acima de 0,90. Segundo esses mesmos autores, ainda não existem estudos que indiquem Dr crítica, para solos sob vegetação de campo nativo ou floresta nativa que foram submetidos a algum processo de compactação, como pisoteio animal ou tráfego de máquinas.

Para a macroporosidade observou-se diferença significativa entre as áreas de floresta em sucessão secundária e a área em recuperação apenas na camada de 0,2 - 0,3 m, em que a área de floresta em sucessão secundária apresentou maior volume de macroporos (Figura 25C). A deposição e a decomposição da serrapilheira na área em recuperação, juntamente com o crescimento de espécies arbóreas, aliado com outras espécies que cresceram espontaneamente apresentando diversos sistemas radiculares, podem ter contribuído para elevar os teores de carbono do solo nas camadas superficiais, aumentando a quantidade de macroporos, pois a macroporosidade é formada através da união de agregados de maior tamanho, pelas forças eletrostáticas, pela atividade microbiana e crescimento de raízes (SPERA et al., 2008).

Coutinho et al. (2017), observaram um aumento dos valores de macroporosidade na camada de 0 - 0,4 m, em função do tempo de regeneração das florestas secundárias e atribuíram à maior quantidade de carbono orgânico total na área mais antiga de floresta secundária, a qual também apresenta um tempo maior de regeneração da vegetação, criando-se um ambiente mais favorável à presença de organismos edáficos (MENEZES et al., 2009) e possibilitando a formação de bioporos que são canais para a circulação de água e ar no solo (HICKMANN et al., 2012).

Em relação a microporosidade, não houve diferença significativa entre os dois locais estudados (Figura 25D). Em estudo realizado por Coutinho et al. (2017), também não foi observado diferença na microporosidade do solo entre as áreas de fragmento de floresta secundária em estágio inicial e fragmento de floresta secundária em estágio intermediário. De acordo com os autores, essa ausência de diferença pode estar relacionada ao maior teor de argila e de carbono orgânico total.

Na porosidade total observou-se diferença estatística entre as áreas avaliadas (Figura 25E). A área de floresta em recuperação apresentou menor porosidade total nas três camadas avaliadas. De acordo com Brady e Weil (2008), os solos argilosos apresentam agregação das partículas de argila, da qual resulta a porosidade intra-agregados, que aumenta o volume do espaço poroso principalmente aqueles poros com diâmetro reduzido. Já a floresta em sucessão secundária apresentou maior teor de argila (82,7 g kg-1) e consequentemente maior porosidade

total. Os altos valores da porosidade total foram observados em ambas as áreas e mostram a influência da floresta nos atributos do solo.

Ao avaliar o sistema radicular e atributos físicos do solo em cafezais com diferentes espaçamentos, Silva e Martins (2010), constataram que o aumento da quantidade de raízes proporcionou maiores valores de porosidade total. De acordo com Cunha et al. (2011), é de extrema importância a presença de resíduos vegetais depositados no solo, que auxiliam na estruturação do solo e na estabilidade dos agregados em função do acúmulo da matéria orgânica e da intensa atividade biológica que resulta na melhoria da aeração do solo e na infiltração de água influenciando no desenvolvimento do sistema radicular.

A CAT na profundidade de 0,2 - 0,3 diferiu estatisticamente das demais camadas avaliadas, em ambas as áreas. A maior CAT encontrada foi na camada de 0 - 0,1 m (0,29 $m^3 m^{-3}$) na floresta em sucessão secundária (Figura 25F). Já a maior CC foi encontrada na camada de 0,2 - 0,3 (0,49 $m^3 m^{-3}$) do solo da floresta em recuperação (Figura 24G).

Os indicadores de CAT/PT e CC/PT nas áreas estudadas são apresentados nas figuras 25H e 25I. A maior CAT/PT ocorreu no solo da floresta em sucessão secundária, com valor de 0,38 na camada de 0 - 0,1 m. O menor CAT/PT observado ocorreu na floresta em recuperação, sendo esse de 0,19. Pott et al. (2017), encontraram maior valor de CAT/PT na camada de 0 - 0,1 m no solo de uma floresta em processo de regeneração ocupada por espécies florestais nativas.

Reynolds et al. (2002), propôs valores de referência de 0,34 para CAT/PT e 0,66 para CC/PT como parâmetros ideais, indicando que o solo apresenta condições físicas adequadas para crescimento e desenvolvimento das plantas (FIDALSKI et al., 2008). A floresta em recuperação apresentou valores de CAT/PT abaixo do limite proposto por Reynolds (2002), sendo 0,23 na camada de 0,1 - 0,2 e 0,19 na camada de 0,2 - 0,3 m. Esse resultado pode estar relacionado com o histórico de uso e ocupação do solo, em função do pisoteio animal que é considerado um dos principais responsáveis pela degradação dos solos, aumentando a sua densidade, microporosidade e resistência à penetração, consequentemente levando a redução da macroporosidade e porosidade total, principalmente nas camadas superficiais (COLLARES et al., 2011; FIDALSKI e ALVES, 2015).

Para a densidade do solo foi observada correlação negativa com a macroporosidade nas três camadas avaliadas (Tabela 13), essa correlação segundo Matias et al. (2009) ocorre porque a densidade do solo é inversamente proporcional à macroporosidade. Houve alta correlação negativa entre a densidade e a porosidade total nas três camadas, corroborado por Conte et al. (2007), de que a porosidade total é inversamente proporcional à densidade do solo, onde os

maiores valores de porosidade total correspondem aos menores valores de densidade do solo. Foi observada correlação positiva significativa entre a densidade do solo e a microporosidade apenas na camada de 0,2 - 0,3 m.

Tabela 13. Correlação dos atributos físicos em área de floresta em sucessão secundária nas camadas de 0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de profundidade, Guarapuava – PR, 2019.

Atributos	Map	Mip	PT	CAT	CC	CC/PT	CAT/PT
----------0 – 0,1 m----------							
Ds	-0,298 ns	-0,304 ns	-0,812*	-0,315 ns	-0,252 ns	0,151 ns	0,151 ns
Map		-0,756 ns	0,642 ns	0,999**	-0,790 ns	-0,982**	0,982**
Mip			0,015 ns	-0,747 ns	0,998**	0,864*	-0,864*
PT				0,652 ns	-0,038 ns	-0,488 ns	0,488 ns
CAT					-0,782 ns	-0,979**	0,979**
CC						0,890*	- 0,890*
CC/PT							- 0,99 **
----------0,1 – 0,2 m----------							
Ds	-0,691 ns	0,251 ns	-0,676 ns	-0814*	0,734 ns	0,813*	-0,813*
Map		-0,842*	0,091 ns	0,435 ns	-0,743 ns	-0,539 ns	0,539 ns
Mip			0,460 ns	0,097 ns	0,405 ns	0,039 ns	-0,039 ns
PT				0,896*	-0,476 ns	-0,814*	0,814*
CAT					-0,817*	-0,986**	0,986**
CC						0,896*	-0,896*
CC/PT							- 0,99 **
----------0,2 – 0,3 m----------							
Ds	-0,862*	0,811*	-0,756 ns	-0,850*	0,780 ns	0,839*	-0,839*
Map		-0,907*	0,903*	0,999**	-0,905*	-0,987**	0,987**
Mip			-0,637 ns	-0,920*	0,999**	0,959**	-0,96**
PT				0,887*	-0,635 ns	-0,826*	0,826*
CAT					-0,919*	0,992**	-0,99**
CC						0,959**	-0,96**
CC/PT							- 0,99 **

* Correlação significativa a 5% de probabilidade. ** Correlação significativa a 1% de probabilidade. ns. não significativo.

Na floresta em sucessão secundária, a macroporosidade apresentou alta correlação negativa com a microporosidade em todas as camadas estudadas e com a porosidade total na camada de 0,2 - 0,3 m. Quando os valores de porosidade não estão equilibrados entre si, pode haver o estabelecimento da dominação de microporos, causando uma deficiência na oxigenação e fluxo de massa, impedindo o desenvolvimento normal das plantas (BOGNOLA et al., 2010).

A floresta em recuperação apresentou alta correlação positiva entre a macroporosidade e a porosidade total nas três camadas avaliadas e correlação negativa entre a macroporosidade e microporosidade nas camadas de 0 – 0,1 m e 0,2 – 0,3 m (Tabela 14).

Tabela 14. Correlação dos atributos físicos em área de floresta em recuperação nas camadas de 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m de profundidade, Guarapuava – PR, 2019.

Atributos	Map	Mip	PT	CAT	CC	CC/PT	CAT/PT
----------0 - 0,1 m----------							
Ds	-0,964**	0,842*	-0,786 ns	-0,965**	0,863*	0,971**	-0,971**
Map		-0,775 ns	0,885*	0,999**	-0,793 ns	-0,999**	0,999**
Mip			-0,392 ns	-0,758 ns	0,998**	0,787 ns	-0,787 ns
PT				0,897*	0,420 ns	-0,875*	0,875*
CAT					-0,778 ns	-0,999**	0,999**
CC						0,806 ns	- 0,806 ns
CC/PT							- 0,999 **
----------0,1 - 0,2 m----------							
Ds	-0,785 ns	0,487 ns	-0,517 ns	-0,728 ns	0,367 ns	0,738 ns	-0,738 ns
Map		-0,304 ns	0,828*	0,988**	-0,299 ns	-0,969**	0,969**
Mip			0,276 ns	-0,328 ns	0,970**	0,458 ns	-0,458 ns
PT				0,806 ns	0,269 ns	-0,710 ns	0,710 ns
CAT					-0,353 ns	-0,989**	0,989**
CC						0,486 ns	-0,486 ns
CC/PT							- 0,999 **
----------0,2 - 0,3 m----------							
Ds	-0,642 ns	0,016 ns	-0,995**	-0,734 ns	0,222 ns	0,677 ns	-0,677 ns
Map		-0,787 ns	0,637 ns	0,985**	-0,883*	-0,993**	0,993**
Mip			-0,026 ns	-0,689 ns	0,969**	0,746 ns	-0,746 ns
PT				0,735 ns	-0,219 ns	-0,677 ns	0,677 ns
CAT					-0,823*	-0,996**	0,996**
CC						0,866*	-0,866*
CC/PT							- 0,999 **

* Correlação significativa a 5% de probabilidade. ** Correlação significativa a 1% de probabilidade. ns. não significativo.

Houve alta correlação positiva significativa entre a macroporosidade e capacidade de aeração total nas camadas de 0 – 0,1 m e 0,2 – 0,3 m. A densidade do solo apresentou alta correlação positiva com a capacidade de campo e capacidade de armazenamento de água no solo nas camadas de 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m. A mesma apresentou correlação negativa significativa com a porosidade total nas três camadas avaliadas, pois uma é inversamente

proporcional a outra. Foi observada alta correlação positiva entre a porosidade total e a capacidade de aeração total nas três camadas estudadas.

Para a variável resistência à penetração houve diferença entre a área de floresta em sucessão secundária e a floresta em recuperação (Figura 26). Assim, maiores valores de resistência à penetração foram observados na floresta em recuperação, chegando a 2,02 MPa nas camadas 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m de profundidade. Estes valores são atribuídos ao sistema de manejo utilizado anteriormente na área, principalmente pela compactação exercida pelo pisoteio animal (TORRES et al., 2012). O valor de 2,0 MPa tem sido aceito como o limite crítico de resistência mecânica do solo à penetração (PEREIRA e THOMAZ, 2015).

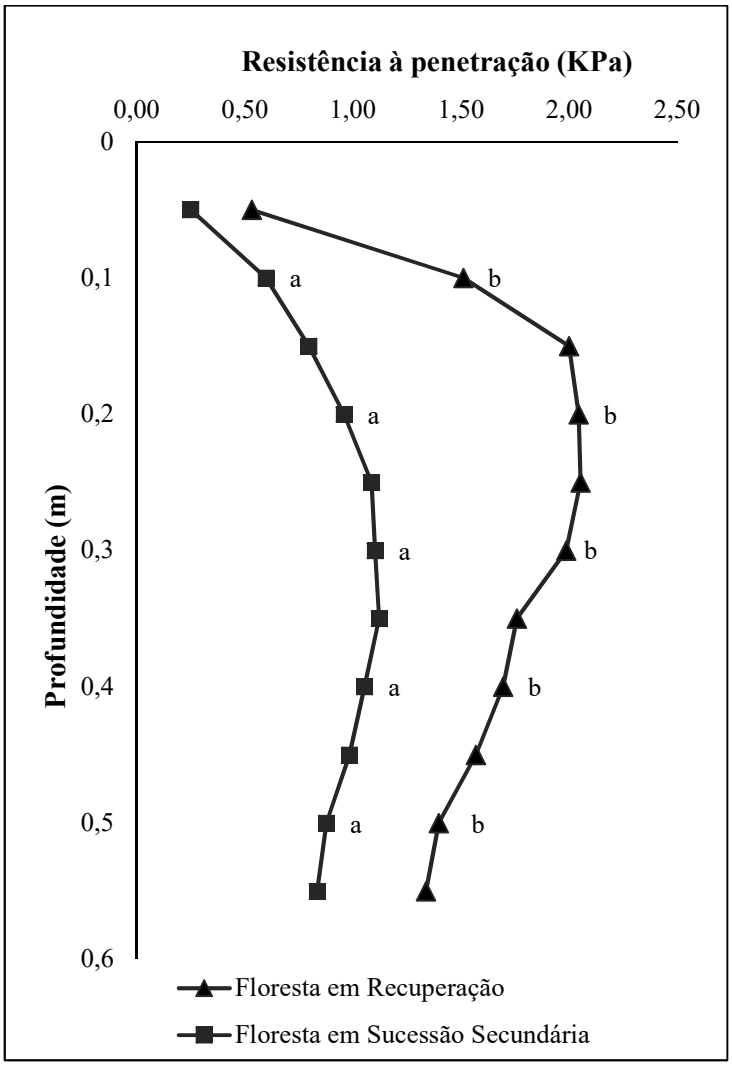


Figura 26. Resistência à penetração (RP) em área de floresta em sucessão secundária e floresta em recuperação, Guarapuava – PR, 2019.

Fonte: O Autor (2019).

Segundo Silva et al. (2012), valores acima de 2,5 MPa em situações de baixa disponibilidade de água podem restringir ou mesmo impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes. No entanto, Tavares Filho et al. (2001), ressaltam que mesmo que sejam observados valores de resistência à penetração acima dos valores críticos, em situações que existam estruturas que permitam as trocas de difusão do oxigênio, condições químicas e umidade, o desenvolvimento das raízes será mantido através de pontos de menor resistência, todavia, podem apresentar deformações morfológicas.

Carvalho et al. (2004), ao avaliarem atributos físicos em sistemas agroflorestais, atribuíram a baixa resistência do solo à penetração na profundidade de 0 - 0,1 m devido a incorporação de matéria orgânica resultante desses sistemas.

5. CONCLUSÃO

A floresta em processo de recuperação apresenta maior densidade do solo e resistência à penetração, menor macroporosidade e porosidade total em relação a floresta em sucessão secundária.

A floresta em sucessão secundária apresentou alta correlação tanto negativa quanto positiva entre os atributos físicos estudados e nas três camadas o efeito foi crescente conforme o aumento da profundidade, diferente da floresta em processo de recuperação que o efeito foi ao contrário, a correlação foi decrescente conforme o aumento da profundidade.

O processo de recuperação de um solo após degradação, mesmo após dez anos é lento, e o solo sob recuperação florestal não se recuperou totalmente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo encontra-se no final do estágio inicial avançando para o estágio médio de regeneração, por isso algumas ações são necessárias para assegurar a manutenção e a sustentabilidade da recuperação da área, tais como: o isolamento da área, para que as ações de roçadas e limpezas do entorno da floresta sejam cessadas, pois é uma ação que interfere diretamente no desenvolvimento e crescimento das espécies regenerantes na borda da floresta. Além de realizar plantio de espécies climácicas, para auxiliar na evolução da sucessão da floresta e manutenção da biodiversidade da mesma.

É necessário ainda que, ações sejam realizadas no manejo e retirada das espécies exóticas que se encontram dentro do fragmento, como *Pinus taeda* e *Hovenia dulcis*, pois são espécies com alto potencial de dispersão de sementes, crescimento rápido, adaptação fácil à diferentes ambientes e que competem com as espécies nativas, influenciando negativamente na diversidade florística do local.

Continuar avaliando o crescimento das espécies *S. terebinthifolius* e *B. forficata* nos próximos anos, uma vez que a *M. scabrella* é uma espécie que já está em declínio dentro da floresta, enquanto as demais continuam crescendo. Estudos sobre a dendrocronologia de árvores que foram implantadas em ambientes degradados e submetidos a recuperação são necessários para compreender a relação do crescimento das espécies florestais com os fatores climáticos e a sua importância para a manutenção das funções ecológicas no local.

É fundamental continuar o monitoramento da vegetação, das propriedades físicas do solo e do crescimento das espécies, com o objetivo de conhecer o estado em que se encontrará o fragmento dentro dos próximos anos, avaliar seu comportamento em relação à diversidade e a sucessão ecológica da área, a relação entre a qualidade física do solo e a floresta e o crescimento das espécies.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDE, T. M. Clues for tropical forest restoration. **Restoration Ecology**, v. 8, n.4, p. 327. 2000.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, L. J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEVSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.867-874, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182. **Solo-Ensaio de compactação**. 1986. Rio de Janeiro.

BOGNOLA, I. A.; DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J.; HIGA A. R. Influência de propriedades físico-hídricas do solo no crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, p. 37-49, 2010.

BORTOLINI, D.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MIGLIORINI, F.; SILVA, M. R.; FERRAZZA, J. M. Altura de manejo de papua e propriedades de solo em sistema de integração lavoura – pecuária. **Revista Ceres**, v. 60, p. 535-543, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 246- 250, 2011.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CEPIK, C. T. C.; DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo**. Revista Engenharia Agrícola,** v. 27, n. 1, p. 220-228, 2007.

COUTINHO, F. S.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; GUARESCHI, R. F.;

ASSUNÇÃO, S. A. Atributos Edáficos em Áreas de Agricultura, Pastagem e Três Estágios Sucessionais de Floresta. **Floresta Ambiente.** vol. 24, 2017.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.589- 602, 2011.

DA SILVA, D. C.; et al. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa**. Revista de Estudos Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ª ed. Rio de Janeiro. 2011, 230 p.

FIDALSKI, J.; ALVES, S. J. Altura de pastejo de braquiária e carga animal limitada pelos atributos físicos do solo em sistema integração lavoura-pecuária com Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 864-870, 2015.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; LUGÃO, S. M. B.; BARBERO, L. M.; COSTA, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1583-1590, 2008.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. L. T. Atributos físico-hidricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga,** v. 25, n. 1, p.128-136, 2012.

IBGE, 2012**. Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª edição revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro.

KLEIN, V. A. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 26 -32, 2006.

KLEIN, V. A. **Física do solo.** 3ªed. Passo Fundo: Editora UPF, 2014.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; DA COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, 2012.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 33,

n. 2, 2011.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**, ed. 2. Aprenda Fácil. Viçosa, MG: 2014. 220 p.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica.** v. 40, p. 331-338, 2009.

MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. M.; COUTO, W.H. Macrofauna edáfica em estágios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p.1647-1656, 2009.

MICHALOWICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em Plantio Direto**. Dissertação mestrado – PPGA/UNICENTRO. Guarapuava, 2012.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Parâmetros físicos do solo em diferentes sistemas de manejo convencional, Município de Reserva – PR. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 65 – 76, 2015.

POTT, C. A.; ZERBIELLI, L. C.; MARTINS, P. J.; GARDIN, E.; GARCIA, M. L. Qualidade física do solo em sistemas florestais, pecuários e integrados de produção. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science,** v. 10, n. 2, 2017.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.32, p.1805-1816, 2008.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LUC, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, n. 1, p. 131-146, 2002.

SERENGIL, Y.; GOKBULAK, F.; OZHAN, S.; HYZAL, A.; SENGONUL, K.; BALC, A.; OZYUVACI, N. Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey. **Journal of Hidrology**, v. 333, p. 569-577, 2007.

SILVA, A. R.; SILVA, L. L.; FRAZÃO, J. J.; SALGADO, F. H. M.; SILVA, M. C.; CORRECHER, V. Resistência mecânica à penetração do solo com diferentes coberturas vegetais sob sistema. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 22, n. 2, p. x – x, 2012.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. & LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, V.; L. B.; MARTINS, P. F. S. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos. **Revista Ciências Agrárias,** v. 53, n.1, p. 96-101, 2010.

SPERA, S. T. DENARDIN, J. E.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P.; FIGUEROA. E. A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.2613-2620, 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular de milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 725-730, 2001.

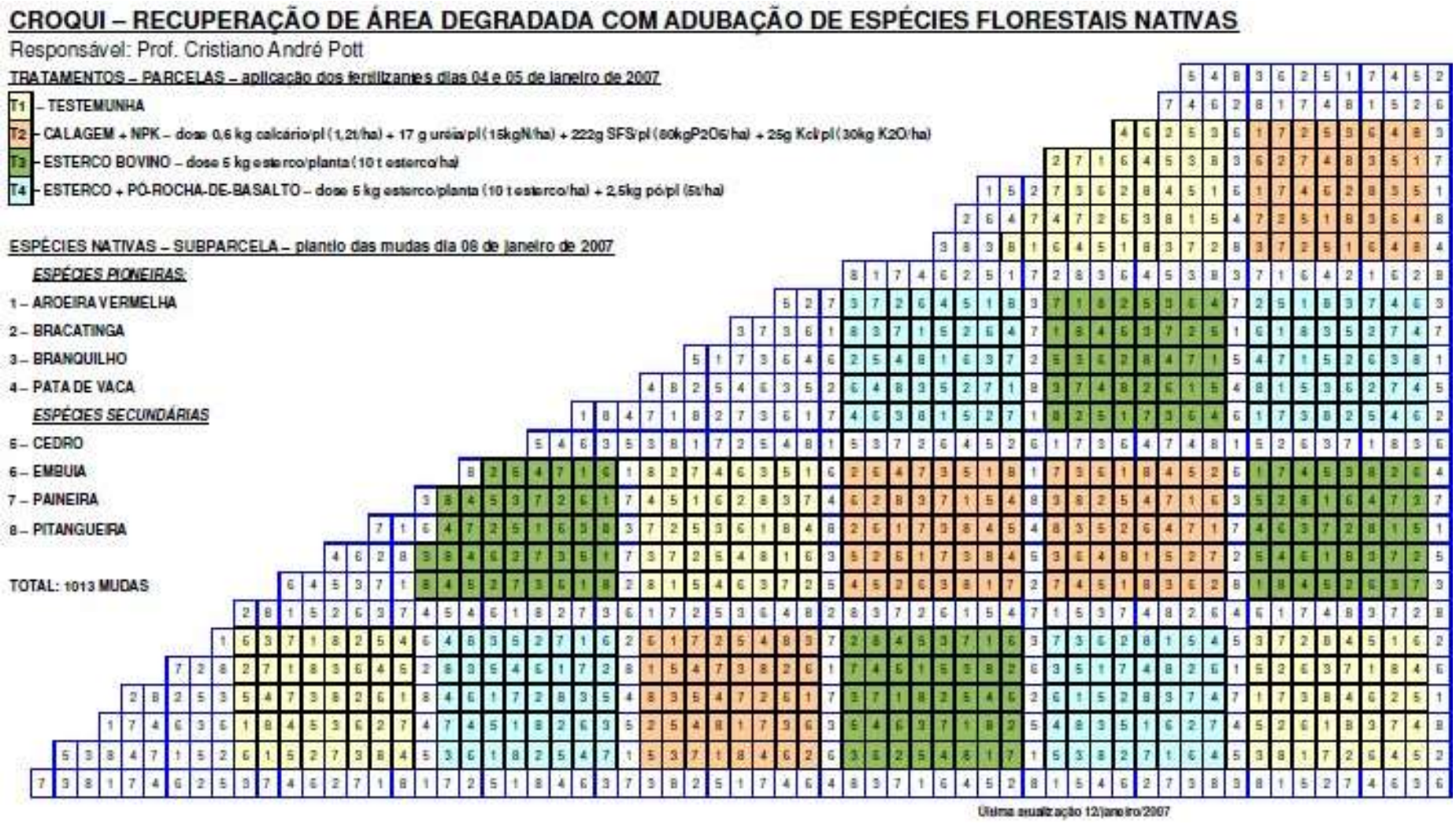
THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos climáticos de Guarapuava – PR**. Guarapuava: Ed. UNICENTRO, 2003. 106p.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência a penetração em área de pastagem de capim Tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 232 – 239, 2012.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, 2018.

ANEXO

Anexo 1 – Croqui da implantação das espécies na área em recuperação em janeiro de 2007.



Anexo 2. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos do banco de sementes para as estações inverno, primavera, verão e outono, para as espécies de plantas daninhas, em uma área em processo de recuperação, Guarapuava – PR, 2019.

Espécie / Família	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA
Amaranthaceae								
Amaranthus sp.	0	0	0	0	0	0	1	0,64
Dysphania ambrosiodes (L.) Mosykin & Clemants	0	0	0	0	0	0	1	0,64
Apiaceae								
Apium leptophyllum (Pers.) F. Muell. Ex Benth.	9	5,76	10	6,4	20	12,8	15	9,6
Apocynaceae								
Asclepias curassavica L.	1	0,64	0	0	0	0	0	0
Asteraceae								
Baccharis trimera (Less.) DC.	0	0	0	0	0	0	1	0,64
Bidens pilosa L.	15	9,6	1	0,64	2	1,28	5	3,2
Ageratum sp	1	0,64	0	0	0	0	0	0
Ambrosia elatior L.	11	7,04	22	14,1	58	37,1	79	50,6
Conyza sp	12	7,68	19	12,16	66	42,2	23	14,7
Elephantopus sp.	0	0	0	0	4	2,56	3	1,92
Galinsoga sp.	0	0	0	0	1	0,64	0	0
Gamochaeta sp	270	172,8	157	100,5	235	150,4	176	112,6
Hypochaeris radicata L.	40	25,6	47	30,1	97	62,1	91	58,2
Senecio brasiliensis (Spreng.) Less.	45	28,8	62	39,7	37	23,7	9	5,8
Sonchus oleraceus L.	7	4,48	22	14,1	49	31,4	26	16,6
Taraxacum sp	1	0,64	3	1,92	1	0,64	0	0
Vernonia sp	1	0,64	3	1,92	0	0	1	0,64
Begoniaceae								
Begonia cucullata Willd.	0	0	1	0,64	0	0	1	0,64
Brassicaceae								
Sinapis sp	91	58,24	343	219,5	863	552,3	2135	1366,4
Bromeliaceae								
Bromelia sp	2	1,28	1	0,64	1	0,64	0	0
Commelinaceae								
Commelina erecta L.	6	3,84	8	5,12	29	18,6	10	6,4
Convolvulaceae								
Dichondra macrocalyx Meisn.	19	31,36	37	23,7	63	40,3	21	13,4

Anexo 2. Continua...

Espécie / Família	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA
Ipomoea sp	31	19,84	13	8,3	12	7,7	3	1,92
Cucurbitaceae								
Cayaponia sp	1	0,64	2	1,28	1	0,64	1	0,64
Cyperaceae								
Carex sp	4	2,56	10	6,4	6	3,8	59	37,8
Cyperus sp	311	199,04	292	186,9	231	147,8	164	104,9
Dennstaedtiaceae								
Pteridium sp.	73	46,72	150	96	476	304,6	108	69,1
Fabaceae								
Desmodium sp	1	0,64	0	0	1	0,64	1	0,64
Iridaceae								
Sisyrinchium micranthum Cav.	154	98,56	96	61,4	151	96,6	120	76,8
Lamiaceae								
Hyptis sp	6	3,84	1	0,64	0	0	0	0
Stachis sp	58	14,08	22	14,1	10	6,4	13	8,3
Lithraceae								
Cuphea carthagenensis (Jacq.) J. Macbr.	5	3,2	9	5,76	2	1,28	3	1,92
Malvaceae								
Sida rhombifolia L.	185	118,4	71	45,4	48	30,7	71	45,4
Sida spinosa L.	13	8,32	16	10,2	0	0	3	1,92
Melastomataceae								
Tibouchina pilosa Cogn.	1	0,64	0	0	0	0	0	0
Família não identificada								
Indeterminada 2	617	285,4	142	90,9	319	204,2	153	97,9
Indeterminada 3	1	0,64	0	0	0	0	0	0
Indeterminada 4	0	0	19	12,2	1	0,64	1	0,64
Indeterminada 5	42	26,88	27	17,3	13	8,3	11	7,04
Oxalidaceae								
Oxalis corniculata L.	299	191,36	592	378,9	459	293,7	371	237,4
Phyllanthaceae								
Phyllanthus tenellus Roxb.	49	31,36	221	141,4	14	8,9	1	0,64
Piperaceae								
Indeterminada 6	1	0,64	0	0	2	1,82	0	0
Plantaginaceae								

Anexo 2. Continua....

Espécie / Família	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA	Ni	DA
Plantago major L.	63	40,32	55	35,2	49	31,4	16	10,3
Poaceae								
Brachiaria sp	8	5,12	11	7,04	0	0	0	0
Digitaria sp	570	364,8	142	90,9	268	171,5	109	69,8
Paspalum mandiocanum Trin.	3	1,92	3	1,92	1	0,64	0	0
Lolium multiflorum	0	0	0	0	0	0	1	0,64
Paspalum sp	3	1,92	4	2,56	0	0	0	0
Panicum sp	0	0	6	3,84	3	1,92	0	0
Polygonaceae								
Polygonum sp	8	5,12	0	0	15	9,6	0	0
Rosaceae								
Rubus rosifolius Sm.	8	5,12	23	14,7	5	3,2	9	5,76
Rubiaceae								
Mitracarpus hirtus (L.) DC	40	25,6	34	21,7	9	5,76	31	19,8
Spermacoce sp	142	90,88	31	19,8	33	21,1	33	21,1
Indeterminada 1	446	285,4	81	51,8	115	73,6	60	38,4
Sapindaceae								
Cardiospermum halicacabum L.	1	0,64	0	0	0	0	0	0
Scrophulariaceae								
Veronica peregrina L.	110	70,4	82	52,5	75	48	82	52,5
Solanaceae								
Solanum sp	84	53,76	70	44,8	41	26,2	24	15,4
Urticaceae								
Parietaria officinalis L.	1	0,64	0	0	21	13,4	9	5,8
Pilea sp	4	2,56	221	141,4	29	18,6	24	15,4
Verbenaceae								
Lantana sp	3	1,92	1	0,64	0	0	4	2,56
Stachytarpheta cayennensis (Rich.) Vahl	0	0	0	0	1	0,64	0	0
Verbena bonariensis L.	44	28,2	35	22,4	56	35,8	40	25,6
Total	**3915**	**2505,6**	**3467**	**2218,8**	**3998**	**2558,7**	**4040**	**2585,6**

DA: densidade de plantas por m²