UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO
Campus de Irati, Paraná

DINÂMICA (2002-2011) E MODELAGEM DO INCREMENTO DIAMÉTRICO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PARANÁ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MAILSON ROIK

IRATI-PR
2012

MAILSON ROIK

DINÂMICA (2002-2011) E MODELAGEM DO INCREMENTO DIAMÉTRICO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho
Orientador

Profª. Drª. Andrea Nogueira Dias
Coorientadora

IRATI-PR
2012

Catalogação na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

ROIK, Mailson.
R741d Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná / Mailson Roik. - Irati, PR: UNICENTRO, 2012.

141f.
ISBN

Dissertação (Mestrado) em Manejo Florestal – UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro – Oeste, PR.
Orientador: Afonso Figueiredo Filho
Coorientadora: Andrea Nogueira Dias

1.Engenharia Florestal - FLONA. 2. Composição Florística. 3. Araucária. I. Figueiredo Filho, Afonso. II. Dias, Andrea Nogueira. III. Título.

CDD 20ª. 634.95

UNICENTRO
PARANÁ

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PARECER

Defesa Nº 37

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Mailson Roik** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 30 de maio de 2012.

Dr. Solon Jonas Longhi
Universidade Federal de Santa Maria
Primeiro Examinador

Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Segundo Examinador

Dr. Afonso Figueiredo Filho
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

À minha mãe Doroteia e minha tia Valdomira
pelo amor e dedicação incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que ilumina o meu caminho e me abençoa.

À minha família pela confiança e apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho pela orientação, amizade, confiança e por compartilhar abertamente seus conhecimentos.

À coorientadora Profª. Drª. Andrea Nogueira Dias pela amizade, apoio, correções e comentários valiosos.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Centro-Oeste pelos ensinamentos passados durante o curso.

A todos meus amigos e também colegas de curso, pela amizade, companheirismo, auxílio e incentivo;

À todas as pessoas que participaram da coleta de dados.

À CAPES pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS v
LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE ANEXOS x
RESUMO xi
ABSTRACT xii
1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA 1
1.1. INTRODUÇÃO 1
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO 3
1.2.1 Floresta Ombrófila Mista 3
1.3 MATERIAIS E MÉTODOS 7
1.3.1 Descrição da área de estudo 7
1.3.1.1 Localização e Vegetação 7
1.3.1.2 Clima 8
1.3.1.3 Solos 9
1.3.2 Origem dos dados 10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 12
2 ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS E ESTRUTURAIS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA FLONA DE IRATI, PARANÁ 16
RESUMO 16
ABSTRACT 17
2.1 INTRODUÇÃO 18
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO 19
2.2.1 Composição florística 19
2.2.2 Estrutura horizontal 19
2.2.2.1 Frequência 20
2.2.2.2 Densidade 21
2.2.2.3 Dominância 21
2.2.2.4 Valor de Importância 22
2.3 MATERIAL E MÉTODOS 22
2.3.1 Localização da área de estudo 22
2.3.2 Identificação botânica 22

2.3.3 Composição florística 23
2.3.4 Classificação dos grupos ecológicos 23
2.3.5 Análise da estrutura horizontal 24
2.3.5.1 Densidade 24
2.3.5.2 Frequência 25
2.3.5.3 Dominância 25
2.3.5.4 Valor de Importância 26
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 26
2.4.1 Alteração na composição florística 26
2.4.2 Alteração na estrutura horizontal 42
2.5 CONCLUSÕES 45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
3 DINÂMICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA LOCALIZADO NA FLONA DE IRATI, PARANÁ 50
RESUMO 50
ABSTRACT 51
3.1 INTRODUÇÃO 52
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO 53
3.2.1 Dinâmica da floresta 53
3.2.2 Crescimento 54
3.2.3 Ingresso ou Recrutamento 56
3.2.4 Mortalidade 57
3.3 MATERIAL E MÉTODOS 59
3.3.1 Origem dos dados e localização da área de estudo 59
3.3.2 Incremento em diâmetro 59
3.3.3 Incremento em área basal 60
3.3.4 Ingresso 60
3.3.5 Mortalidade 61
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 61
3.4.1 Incremento em diâmetro 61
3.4.2 Incremento em área basal 65
3.4.3 Ingresso e Mortalidade 71
3.5 CONCLUSÕES 81

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81
4 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NA MODELAGEM DO INCREMENTO DIAMÉTRICO EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA 84
RESUMO 84
ABSTRACT 85
4.1 INTRODUÇÃO 86
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO 87
4.2.1 Crescimento de árvores e da floresta 87
4.2.2 Modelagem do crescimento 88
4.2.3 Análise de agrupamento 92
4.3 MATERIAL E MÉTODOS 95
4.3.1 Origem dos dados e localização da área de estudo 95
4.3.2 Incremento em diâmetro 95
4.3.3 Estratificação dos dados 96
4.3.4 Modelagem do incremento em diâmetro 96
4.3.5 Avaliação dos modelos 99
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 101
4.4.1 Pioneiras 101
4.4.2 Secundárias iniciais 105
4.4.3 Secundárias tardias 110
4.4.4 Climácicas 114
4.4.5 Discussão dos resultados 118
4.5 CONCLUSÕES 122
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES 123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 124
ANEXOS 129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Floresta Nacional de Irati, Paraná 8

Figura 2. Mapa de ocorrência das classes de solo na área amostrada na FLONA de Irati, Paraná 9

Figura 3. Localização das Parcelas Permanentes na FLONA de Irati, Paraná .. 10

Figura 4. Croqui das 25 Parcelas Permanentes existentes na FLONA de Irati, Paraná 11

Figura 5. Localização das Parcelas Permanentes na área de Floresta Ombrófila Mista da FLONA de Irati, Paraná 11

Figura 6. Parcela Permanente (1 ha) com divisões em subparcelas (0,25 ha) e faixas de controle (0,05 ha) 12

Figura 7. Evolução do número de indivíduos (a), espécies (b), famílias botânicas (c) e gêneros (d) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná 37

Figura 8. Frequência do número de espécies por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 40

Figura 9. Frequência do número de indivíduos por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 40

Figura 10. Dominância Relativa por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 41

Figura 11. Incremento Periódico Anual em diâmetro por grupo ecológico em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 64

Figura 12. Evolução da taxa de incremento em diâmetro (a) e diâmetro médio (b) no período compreendido entre 2002 e 2011 em um fragmento de FOM localizado na FLONA de Irati, Paraná 64

Figura 13. Incremento Periódico Anual (a) e Incremento Relativo (b) para as famílias de maior crescimento em área basal no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 68

Figura 14. Incremento Periódico Anual em área basal (a) e Incremento Relativo (b) por grupo ecológico no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 69

Figura 15. Evolução do Incremento Periódico Anual em área basal (a) e da área basal média (b) em um fragmento de FOM, na FLONA de Irati, Paraná 70
Figura 16. Taxas anuais de ingresso e mortalidade em cada período de avaliação em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 75
Figura 17. Taxas anuais de ingresso e mortalidade para as dez espécies de maior valor de importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 77
Figura 18. Porcentagem do número de indivíduos ingressos por espécie, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 77
Figura 19. Porcentagem do número de indivíduos mortos por espécie, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 78
Figura 20. Porcentagem do número de indivíduos ingressos por família botânica, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 79
Figura 21. Porcentagem do número de indivíduos mortos por família botânica, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 79
Figura 22. Porcentagem de indivíduos mortos e recrutados por grupo ecológico, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 80
Figura 23. Classificação da posição da copa proposta por Dawkins 98
Figura 24. Classificação da forma da copa proposta por Dawkins 99
Figura 25. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies pioneiras de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 101
Figura 26. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies pioneiras 104
Figura 27. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies pioneiras . 105

Figura 28. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies secundárias iniciais de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 106

Figura 29. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies secundárias iniciais 109

Figura 30. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies secundárias iniciais 110

Figura 31. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies secundárias tardias de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 111

Figura 32. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies secundárias tardias. 114

Figura 33. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies secundárias tardias 114

Figura 34. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies climácicas de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 115

Figura 35. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies climácicas. 117

Figura 36. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies climácicas 118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características avaliadas para a classificação dos grupos ecológicos para espécies arbóreas 24

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011 27

Tabela 3. Resultados obtidos em trabalhos realizados na Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil 35

Tabela 4. Análise da representatividade de famílias botânicas em diferentes estudos desenvolvidos em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista . 38

Tabela 5. Análise estrutural das dez principais famílias botânicas entre os anos de 2002 a 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 42

Tabela 6. Estrutura horizontal referente aos anos de 2002 e 2011 das espécies com maior Valor de Importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 44

Tabela 7. Incremento Periódico Anual em diâmetro para as dez espécies de maior Valor de Importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 62

Tabela 8. Incremento Periódico Anual em diâmetro para as dez famílias de maior Valor de Importância em um fragmento de FOM, localizado na FLONA de Irati, Paraná 63

Tabela 9. Incremento Periódico Anual em área basal no período 2002-2011, das espécies de maior crescimento, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 66

Tabela 10. Relação de espécies e respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 71

Tabela 11. Modelos de incremento diamétrico testados 97

Tabela 12. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies pioneiras e para os grupos formados para as espécies pioneiras pela análise de agrupamento..... 102

Tabela 13. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies pioneiras em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 103

Tabela 14. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies secundárias iniciais e para os grupos formados para as espécies secundárias iniciais pela análise de agrupamento 107

Tabela 15. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies secundárias iniciais em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 108

Tabela 16. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies secundárias tardias e para os grupos formados para as espécies secundárias tardias pela análise de agrupamento 112

Tabela 17. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies secundárias tardias em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 113

Tabela 18. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies climácicas e para os grupos formados para as espécies climácicas pela análise de agrupamento .. 116

Tabela 19. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies climácicas em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná. 116

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Estrutura horizontal referente ao ano de 2002 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 130

Anexo 2. Estrutura horizontal referente ao ano de 2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 133

Anexo 3. Incremento Periódico Anual em diâmetro no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 136

Anexo 4. Incremento Periódico Anual em área basal no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná 139

DINÂMICA (2002-2011) E MODELAGEM DO INCREMENTO DIAMÉTRICO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PARANÁ

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a composição florística, estrutura horizontal, dinâmica florestal e, ainda, testar a hipótese de que a estratificação dos dados pela análise de agrupamento pode melhorar a modelagem do incremento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista, bem como avaliar o efeito da utilização de outras variáveis dimensionais, sociológicas, de sítio e competição, além do DAP na estimativa do incremento diamétrico. Para isso, foram utilizados dados provenientes de 25 parcelas permanentes de um hectare cada (100 m x 100 m). Todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito maior ou igual a 10 cm (DAP≥10 cm) foram devidamente identificados e mensurados nos anos de 2002, 2005, 2008 e 2011. A análise da alteração na composição florística foi realizada pela presença ou não dos indivíduos em cada período avaliado. A estrutura horizontal foi caracterizada por meio dos parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência e dominância das espécies, bem como do valor de importância. Os processos dinâmicos da floresta avaliados foram o incremento, ingresso e mortalidade. A modelagem do incremento foi realizada em nível de floresta, grupo ecológico e grupo de espécies, sendo estes definidos pela análise de agrupamento, com base nos valores de incremento diamétrico médio, por espécie, por classe de diâmetro. A modelagem foi realizada de duas formas: na primeira, procedeu-se o ajuste de oito modelos matemáticos que apresentam como variável independente apenas o DAP; na segunda, foram geradas, pelo procedimento Stepwise, equações para a estimativa do incremento diamétrico com base em variáveis dimensionais, sociológicas, de sítio e competição. A floresta apresentou pequenas alterações em relação a sua composição florística e elevada riqueza de espécies. Durante os nove anos de monitoramento foram registradas 124 espécies arbóreas, 84 gêneros e 42 famílias botânicas. O número de indivíduos diminuiu durante o período de avaliação, ao passo que o número de gêneros e espécies aumentou. A família Myrtaceae apresentou ser a de maior importância, com o maior número de espécies e indivíduos ingressos (22,3% do total). A floresta apresentou um incremento médio em diâmetro de 0,23 cm/ano e em área basal de 0,21 m²/ha/ano, destacando-se a *Araucaria angustifolia* que apresentou os incremento mais expressivos (0,42 cm/ano e 0,12 m²/ha/ano, respectivamente). A taxa de mortalidade média da floresta foi superior a taxa de ingresso (1,69% e 1,31%, respectivamente). A utilização de outras variáveis independentes, além do DAP, para a estimativa do incremento diamétrico, melhorou os ajustes, com a redução do erro padrão de estimativa e aumento do coeficiente de determinação. As variáveis mais correlacionadas com o incremento em diâmetro foram a forma e a posição da copa. A estratificação dos dados em grupos de maior similaridade, em relação ao crescimento, pela análise de agrupamento, não tornou os modelos apropriados para estimar o incremento em diâmetro, porém trouxe melhoras, reduzindo o erro padrão de estimativa.

Palavras-chave: Composição florística, Crescimento, Ingresso, Mortalidade, Floresta com Araucária.

DYNAMICS (2002-2011) AND DIAMETER INCREMENT MODELING IN AN ARAUCARIA FOREST FRAGMENT IN THE IRATI NATIONAL FOREST, PARANÁ

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze the floristic composition, horizontal structure, forest dynamics, and to test the hypothesis that the data stratification performed by the cluster analysis could improve the diameter increment modeling of species from the Araucaria Forest. Effects of adding other dimensional variables besides diameter at breast height (DBH) was also evaluated, as sociological position, site and competition. Data from 25 permanent sample plots of 1 ha in size each were used. All the individuals with diameter at breast height equal or larger than 10 cm (DBH ≥10 cm) were identified and measured in the years 2002, 2005, 2008 and 2011. Changes on the floristic composition were analyzed by the presence or not of the individuals in every period evaluated. The horizontal structure was characterized according to the phytosociological parameters of density, frequency and dominance of species, as well as the importance value. The dynamics process of the forest evaluated were the increment, recruitment and mortality. The increment modeling was performed for the whole forest, ecological groups and species groups defined by the cluster analysis according to the mean diametric increment for the species and diameter classes. The diameter increment modeling was performed in two ways: in the first one, eight mathematical models were applied, presenting as independent variable only the DBH; and in the second one, equations were generated by the Stepwise method, presenting as variables other dimensional variables, sociological position, site and competition. The forest presented few changes concerning its floristic composition and species diversity. Along the nine years of monitoring, 124 tree species were registered, including 84 genera and 42 botanical families. The number of individuals decreased in the evaluation period, whereas the number of genera and species increased. Myrtaceae family presented the greatest importance, with the highest number of species and recruited individuals (22.3% of the total). The forest presented an average increment of 0.23cm/year, and 0.21 m²/ha/year in basal area, with highlight to *Araucaria angustifolia*, which presented the most expressive increments (0.42 cm/year in diameter and 0.12 m²/ha/year in basal area). The average mortality rate of the forest was greatest than the recruitment rate (1.69% and 1.31%, respectively). The utilization of other independent variables, besides DAP, for the estimation of the diameter increment, has improved the fitting, reducing the standard error of estimate and increasing the determination coefficient. The variables most correlated with diameter increment were the shape and position of the crown. Data clustering according to the similarity on the species increment did not make the models suitable to estimate the diameter increment, although, it has improved the models, reducing the standard error of estimate.

Keywords: Floristic composition, Growth, Ingrowth, Mortality, Araucaria Forest.

1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

1.1 INTRODUÇÃO

As florestas apresentaram fundamental importância no desenvolvimento e perpetuação das civilizações, bem como no equilíbrio social e ambiental. O Brasil, assim como, grande parte dos países latinos, desenvolveu-se pelo desmatamento para colonização de terras, transformando as áreas florestais em áreas para implantação da agricultura e pecuária. Esse desenvolvimento foi mais intenso no final do século XX, principalmente nos estados do sul e sudeste, onde, ainda hoje, podem ser encontrados fragmentos de vegetação, sendo estes, os únicos laboratórios disponíveis para pesquisas.

Segundo Schaaf (2001), para que haja continuidade na produção de benefícios há que se garantir a perpetuação do recurso florestal. Para isso, torna-se necessária a aplicação de técnicas silviculturais que assegurem a sustentabilidade do uso da floresta. Portanto, baseando-se no fato de que toda atividade de manejo implica intervenção, a atuação do profissional florestal será bem sucedida na medida em que ferramentas que lhe permitam prever os resultados de diferentes alternativas silviculturais estejam disponíveis, pois, só assim, o êxito na escolha da opção de manejo mais adequada, que garanta a utilização sustentável do recurso, poderá ser atingido.

Para Scolforo et al. (1996), nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou ainda em áreas sujeitas a regimes de manejo.

Os estudos que objetivam a caracterização do ambiente florestal, mais ou menos alterados, necessitam da descrição local, florística e mensuração das espécies e de seus indivíduos. Essas informações servem de base para o manejo e preservação das espécies florestais, conservação e manutenção dos recursos naturais.

A Floresta Ombrófila Mista tem como principal característica a presença da espécie conífera *Araucaria angustifolia*. Esta tipologia florestal também é conhecida empiricamente como Floresta com Araucária ou Mata dos Pinhais. A concepção de Floresta Ombrófila Mista procede da ocorrência da mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos, em zonas climáticas caracteristicamente pluviais. Ocorre principalmente no Brasil e em pequenas manchas

na Argentina e no Paraguai. No Brasil é presente principalmente nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e com manchas esparsas no sul de São Paulo internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro em áreas de altitude elevadas.

A Floresta Ombrófila Mista é uma vegetação típica da Região Sul do Brasil, aproximadamente 175.000 km² da área original localizavam-se nessa região do país.

Atualmente, vários segmentos da sociedade têm dado ênfase à baixa cobertura florestal da região de ocorrência da Floresta com Araucaria, divulgando que esta não passa de 1% da área original. Entretanto, estudos mais recentes (PROBIO, 2001) mostram que existe um percentual ainda expressivo de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, pois os números apontam para um percentual de 24,79%, isto é, cerca de um quarto da área de ocorrência desta fitofisionomia encontra-se revestida por floresta. Segundo este estudo, restam ainda, 11,04% (1.279.302 ha) das formações florestais pioneiras, 12,44% (1.441.213 ha) das formações em estágio médio de sucessão e 1,31% (152.073 ha) em estágio avançado.

A maior parte dos fragmentos remanescentes está concentrada nas regiões Centro e Sul do Paraná, principalmente nas microrregiões de Guarapuava, Médio Iguaçu e Colonial de Irati, as quais contemplam 34% do total de florestas do Estado, (SPVS, 1996). Neste contexto, a microrregião Colonial de Irati é bastante favorecida ao contemplar uma Unidade de Conservação de âmbito federal – a Floresta Nacional de Irati (FLONA) de Irati que apresenta fragmentos de Floresta com Araucária em estágio avançado de sucessão. Apesar de ser considerada uma das mais importantes formações florestais naturais do sul do Brasil, os remanescentes de Floresta com Araucária ainda continuam submetidos à extração de madeira, à queima para uso agrícola e/ou para o reflorestamento com espécies introduzidas (PROBIO, 2001).

Dessa forma, os fragmentos que mantiveram sua estrutura e composição próxima das características originais são laboratórios naturais de extrema importância ambiental e científica, pois representam os últimos remanescentes da biodiversidade dessa unidade fitoecológica, propiciando estudos que contribuem para um melhor entendimento das suas variações e, consequentemente, subsidiando informações para sua recuperação e restauração.

Apesar de sua importância na região Sul do Brasil, medidas efetivas para realizar estudos sobre a dinâmica na Floresta Ombrófila Mista ocorreram apenas no final da década de 70 e mais incisivamente nas décadas de 80 e 90. A instalação das primeiras parcelas permanentes, com preocupação em posicionar as árvores no terreno, aconteceu

em 1979, com pesquisas desenvolvidas por Longhi (1980) e Rodríguez Tello (1980), na Estação Experimental de São João do Triunfo, no sul do estado do Paraná, onde foram alocadas nove parcelas com área de um hectare cada uma, as quais foram remedidas apenas em 2000 (SCHAAF, 2001).

No Inventário Florestal Nacional, realizado no início da década de 80, foram estabelecidas várias parcelas permanentes no Sul do Brasil, que infelizmente não foram remedidas e, consequentemente, um grande esforço foi despendido sem que os resultados desejados fossem alcançados, como já ocorrera também nas parcelas permanentes instaladas em plantios florestais em várias regiões do país por ocasião desse mesmo inventário (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010)

Os processos dinâmicos de uma floresta natural estão entre os poucos que podem ser utilizados na predição do seu desenvolvimento, sendo suas estimativas obtidas, principalmente, por meio de parcelas permanentes monitoradas a médio e longo prazo. O estudo da dinâmica florestal, bem como da florística podem possibilitar o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças em nível de espécie e para a floresta como um todo.

Diante do exposto, esta pesquisa busca fornecer informações sobre a florística e os processos dinâmicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista que possam auxiliar e direcionar projetos relacionados ao manejo sustentado, recuperação e restauração de ambientes degradados.

Para facilitar a compreensão e discussão dos resultados, este trabalho foi estruturado em capítulos. No capítulo I, estão descritos os aspectos gerais da pesquisa; no capítulo II, avalia-se a composição florística e as alterações florísticas e estruturais ocorridas ao longo de um período de nove anos; no capítulo III, descreve-se os processos dinâmicos do crescimento como incremento, ingresso e mortalidade e, no IV e último capítulo, é apresentada a modelagem do incremento diamétrico da floresta.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 Floresta Ombrófila Mista

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária é uma tipologia formada pela mistura de floras de diferentes origens, com presença marcante de elementos

Coniferales e *Laurales*, definindo um padrão fitofisionômico típico de zona climática pluvial, conhecido como o Planalto Meridional Brasileiro, área de distribuição natural da *Araucaria angustifolia*. Essa formação é bem representada nas áreas com altitudes superiores a 800 m dos terrenos altomontanos, caracterizados por um clima com longo período frio e sem período seco (LEITE e KLEIN, 1990).

Rambo (1956) considerou a Floresta Ombrófila Mista como uma formação exclusiva de regiões de Planalto onde as altitudes variam de 500 e 1000 m, não ocorrendo em altitudes inferiores, exceto em manchas ocasionais. Apesar de ocorrer em maior freqüência em altitudes mais elevadas, trabalhos indicam a ocorrência de araucária em altitudes partindo dos 400 m, ainda que formações mais reduzidas possam ser encontradas em altitudes menores (BACKES, 1983).

De acordo com Veloso et al. (1991), a Floresta Ombrófila Mista apresenta quatro formações distintas: aluvial, em terraços antigos ao longo dos flúvios; submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; montana, de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude e altomontana situada a mais de 1000 m de altitude.

Segundo Carvalho (1994), a floresta com araucária ocorre da latitude 19°15'S (Conselheiro Pena - MG, no alto rio Doce) a 31º30`S (Canguçú - RS). Com referência à longitude, estende-se desde 41º30`W até 54º30`L. Ocorre principalmente no Brasil e em pequenas manchas na Argentina (extremo nordeste, na província de Misiones) e no Paraguai (leste, no Departamento de Alto Paraná). No Brasil a área original foi de cerca de 200.000 km², de formato irregular, ocorrendo principalmente nos Estados do Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e com manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro em áreas de altitude elevadas (l%).

Hueck (1972), concluindo trabalhos em 1959, já citava as florestas de araucária como a mais importante para a economia florestal da região Sul do Brasil. Comprovado pelo fato de, em cerca de um milhão de metros cúbicos de madeiras exportadas anualmente pelo Brasil, 90% serem de *Araucaria angustifolia*, o pinheiro-do-Paraná.

A intensa exploração da Floresta com Araucária resultou no primeiro ciclo econômico do Sul do Brasil, que reduziu drasticamente a área ocupada por este bioma. Nos estados da região Sul restam apenas de 1 a 2% das suas áreas originais e são de extrema importância ambiental e científica, pois representam os últimos remanescentes da biodiversidade desta unidade fitoecológica (ANSELMINI, 2005).

A estrutura vertical da Floresta Ombrófila Mista é composta basicamente de três estratos arbóreo-arbustivos na floresta desenvolvida (LONGHI, 1980) e uma grande diversidade de pteridófitas epífitas das famílias Aspleniaceae, Polypodaceae e Hymenophyllaceae (SENNA e WAECHTER, 1997), que recobrem os troncos das árvores dando o aspecto denominado de "Matas Pretas" por Rambo (1956).

Rambo (1951) e Klein (1984) destacaram que a submata dos pinhais é formada em particular pela família *Myrtaceae*, com um expressivo número de gêneros e espécies, destacando-se os gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Myrceugenia*, *Myrciaria*, entre outros.

Essa formação florestal apresenta estrutura extremamente variável, ora apresentando agrupamentos densos com abundância de Lauráceas, ora apresentando agrupamentos poucos desenvolvidos com predomínio de *Podocarpus*, *Drymis* e *Aquifoliaceae* (LEITE e KLEIN, 1990).

A Floresta Ombrófila Mista descrita por Reitz et al. (1983), tem como característica marcante a presença dominante da *Araucaria angustifolia* no estrato superior e um denso sub-bosque, constituído, sobretudo, de Lauraceae, a exemplo de canela-lageana *(Ocotea pulchella)*, canela-guaicá *(Ocotea puberula)*, canela-vick *(Cryptocarya archersoniana)*, canela-preta *(Nectandra megapotamica)*, canela-amarela *(Nectandra lanceolata)*, canela-cheirosa *(Nectandra grandiflora)*; Myrtaceae, como os guamirins *(Myrcia bombycina* e *Calyptranthes concinna)*, cambuís *(Myrceugenia euosma* e *Gomidesia sellowiana)*, araçaceiros *(Psidium cattleyanum* e *Myrcianthes gigantea)*, murta *(Blepharocalyx salicifolius)*; Aquifoliaceae como a erva-mate *(Ilex paraguariensis)* e as caúnas *(Ilex brevicuspis*, *Ilex dumosa)*; Sapindaceae como o camboatá-branco *(Matayba elaeagnoides)* e o camboatá-vermelho *(Cupania vernalis)*; winteráceas como a cataia *(Drimys brasiliensis)*; Podocarpaceae como o pinheiro-bravo *(Podocarpus lambertii)* e de Fabaceae como a bracatinga *(Mimosa scabrella)*.

Maack (1968) considerou como espécies importantes da Floresta Ombrófila Mista, a imbuia (*Ocotea porosa*) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Além destas, esse autor destacou as diversas espécies que se associam regularmente à araucária, como: as canelas (dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea*), as Fabaceae (dos gêneros *Dalbergia* e *Machaerium*), as Meliaceae (principalmente *Cedrela fissilis*), as Myrtaceae (como *Campomanesia xanthocarpa*), além de *Podocarpus lambertii* (podocarpus ou pinheiro-bravo) e *Syagrus romanzoffiana* (jerivá).

Carvalho (1980) realizou levantamento florístico na região de Irati, estado do

Paraná, encontrando 159 espécies, em um total de 50 famílias. Entre estas destacam-se: Myrtaceae (24); Fabaceae (16); Asteraceae (13); Lauraceae (12); Solanaceae (8); Salicaceae (6); Aquifoliaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae e Rubiaceae (4).

Galvão et al. (1989) encontraram na Floresta Nacional de Irati, em áreas de Floresta Ombrófila Mista 5 grupos com dominância de determinadas espécies: 1) *Acacia poliphylla* (monjoleiro) e *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia), acompanhados de *Alsophila* sp. e *Nephelea* sp. (xaxim-com-espinho); 2) *Araucaria angustifolia* e *Diatenopteryx sorbifolia* (maria-preta), com sub-bosque bastante desenvolvido; 3) *Araucaria angustifolia*, *Nectandra lanceolata* (canela-branca), *Cinnamodendron dinisii* (pimenteira), *Prunus brasiliensis* (pessegueiro-bravo) e *Podocarpus lambertii* (podocarpus); 4) *Araucaria angustifolia*, *Nectandra lanceolata* (canela-branca), *Ilex paraguariensis* (erva-mate), *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado) e *Siphoneugenia* sp. (cambuí); 5) *Alsophila* sp. e *Nephelea* sp. (xaxim-com espinho) e *Nectandra lanceolata* (canela-branca).

Estudos recentes apontam uma grande variabilidade existente quanto ao número de espécies, gêneros e famílias presentes em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. Isso pode ser constatado em diversos trabalhos que avaliaram a florística de remanescentes localizados na região sul do Brasil. Por exemplo, Figueiredo Filho et al. (2010) encontraram 117 espécies, 80 gêneros e 46 famílias na Floresta Nacional de Irati, Paraná. Moscovich (2006) observou 115 espécies, 75 gêneros e 44 famílias em Nova Prata, Rio Grande do Sul. Gomes (2005) relatou que em um fragmento em São Francisco de Paula, RS, haviam 65 espécies, 48 gêneros e 28 famílias. Na mesma região, Ribeiro (2004) observou 130 espécies, 79 gêneros e 45 famílias. De acordo com Figueiredo Filho et al. (2010), essa variação pode estar relacionada às condições ambientais diferentes, estágio de sucessão e amostragem insuficiente para representar as espécies, entre outros fatores.

Além dos trabalhos mencionados, muitos autores trabalharam em fragmentos da Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil nas duas últimas décadas, dentre os quais podem ser citados: Pizatto (1999) avaliou a estrutura e a dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, estado do Paraná; Durigan (1999) realizou um estudo da florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista, também em São João do Triunfo; Schaaf (2001) avaliou a florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 em uma Floresta Ombrófila Mista localizada na Estação Experimental de São João do Triunfo, Paraná; Barth Filho (2002) avaliou a

dinâmica florestal estudando uma Floresta Ombrófila Mista sob regime de manejo sustentável na região de General Carneiro, Paraná; Sanquetta et al. (2003) avaliaram a dinâmica de duas florestas de Araucaria localizadas na região de General Carneiro e São João do Triunfo, no estado do Paraná; Rossi (2007) analisou a dinâmica florestal em um remanescente localizado também na região de São João do Triunfo, Paraná; Stepka (2008) conduziu pesquisa sobre a dinâmica e a estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista em Irati, estado do Paraná; Ebling (2012) avaliou a florística, dinâmica e estrutura diamétrica em uma Floresta Ombrófila Mista, localizada em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul.

1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

1.3.1 Descrição da Área de Estudos

1.3.1.1 Localização e Vegetação

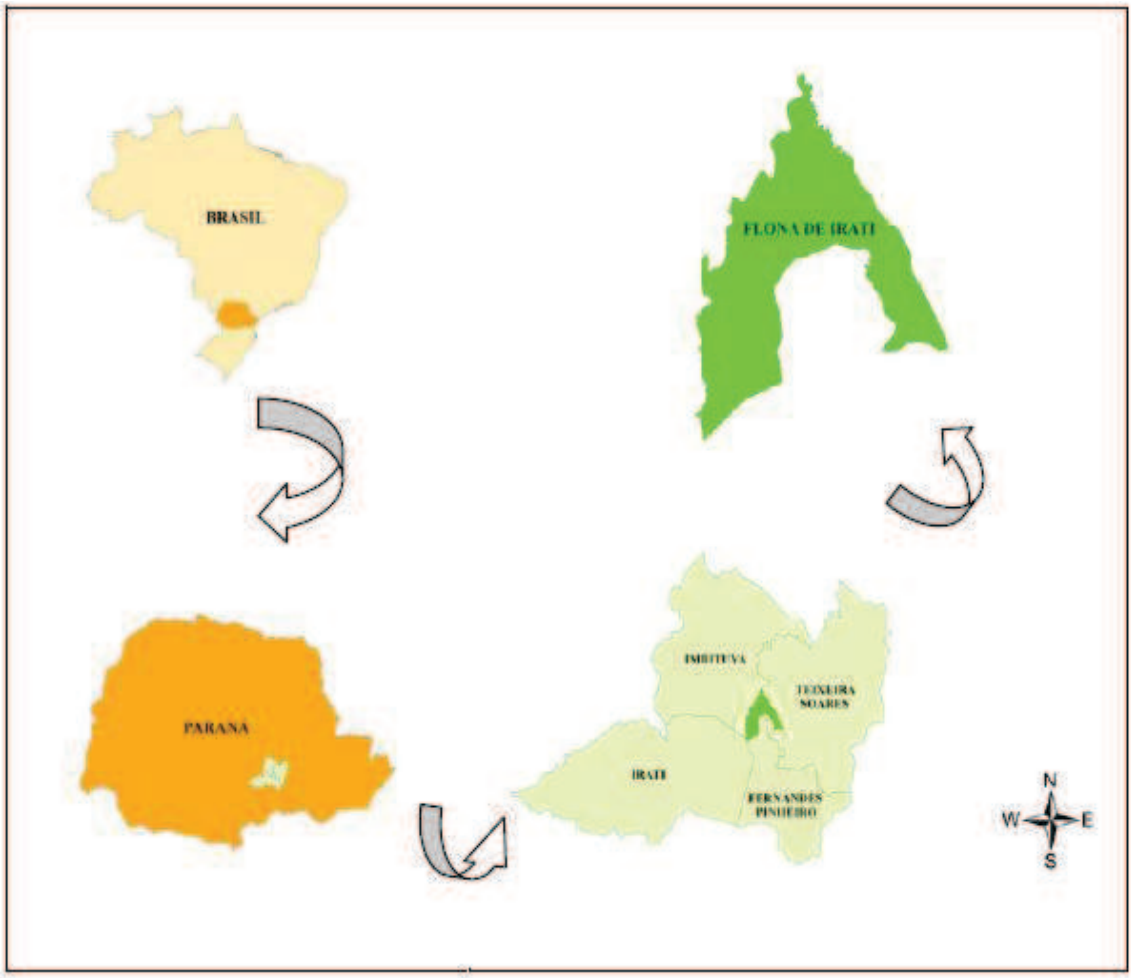
A área onde foi realizada a pesquisa está inserida na Floresta Nacional (FLONA) de Irati. A FLONA de Irati foi criada em 1942 e se constitui em uma unidade de conservação do Instituto Chico Mendes, com características excepcionais para a realização de estudos ecológicos do ecossistema Floresta Ombrófila Mista (FOM). Está situada no segundo planalto paranaense, no âmbito dos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, integrantes da microrregião Colonial de Irati. Localiza-se entre a margem direita do rio das Antas e esquerda do rio Imbituva, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Tibagi, a uma altitude média de 820 metros acima do nível do mar, com relevo suave ondulado (MAZZA et al., 2005).

Segundo Disperati e Oliveira Filho (2006), a FLONA de Irati, situa-se há aproximadamente 150 km oeste da capital Curitiba, Paraná. Possui uma área total de 3.495 hectares, sendo 36% (1.272,9 hectares) de floresta nativa com predominância de araucária e com o sub-bosque rico em espécies folhosas como canelas, imbuias, angico, entre outras; e 37,5% de plantios, estabelecidos entre as décadas de 1940 a 1960 com *Pinus elliottii* (658,04 ha), *Araucaria angustifolia* (417,94 ha), *Pinus taeda* (96,68 ha), dentre outras (DISPERATI, 1986).

Antes da criação da FLONA em 1942, parte da Floresta Ombrófila Mista existente sofreu exploração seletiva, mas desde então foi conservada e protegida. Em

decorrência disso, pode ser classificada como uma vegetação primária alterada, ou uma secundária em estágio avançado (RODE, 2008).

Na Figura 1 é apresentado o mapa de localização da microrregião de Irati e da Floresta Nacional de Irati, Paraná.



Fonte: Mazza (2006).

Figura 1. Localização da Floresta Nacional de Irati, Paraná.

1.3.1.2 Clima

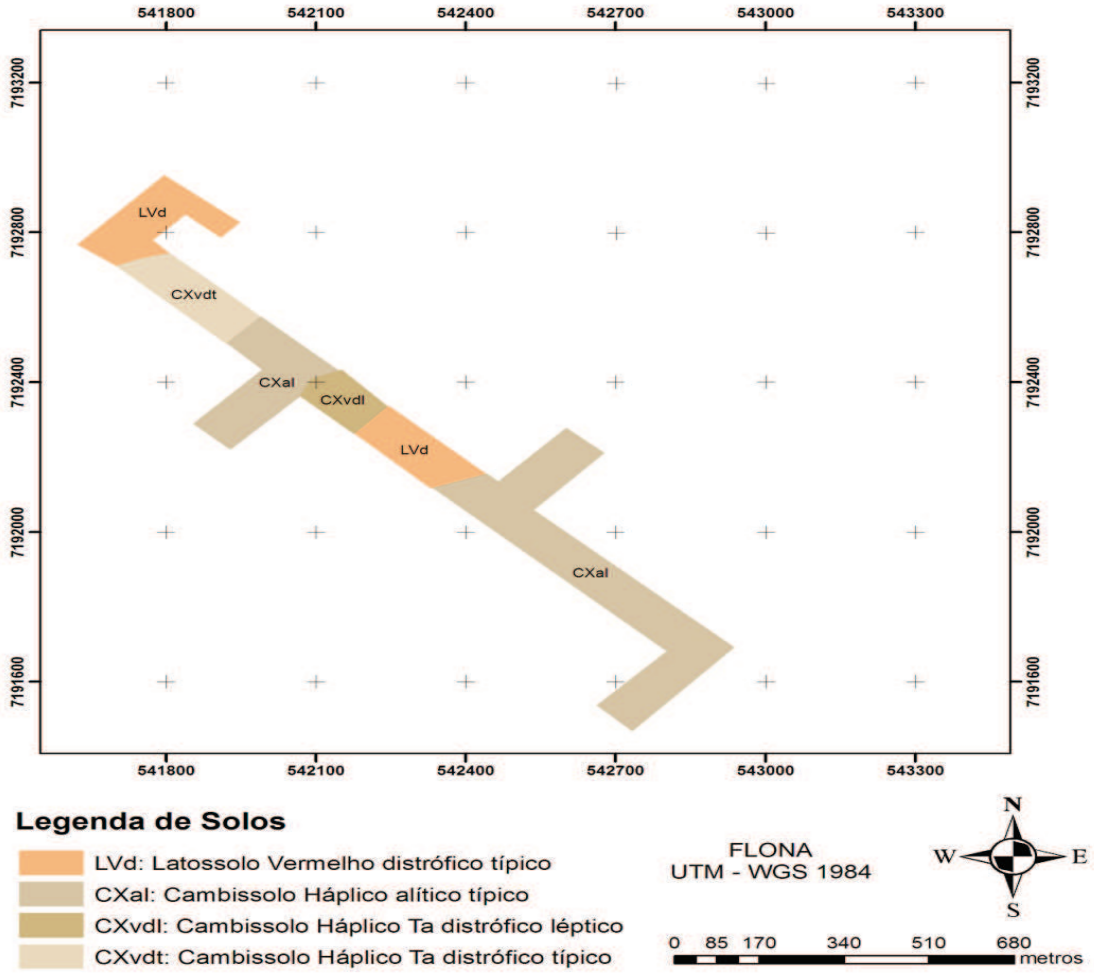
Baseando-se na classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Cfb* – Subtropical Úmido Mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e frequentes e sem estação seca. Apresenta estações climáticas bem definidas, com chuvas distribuídas durante todo o ano. A precipitação média mensal é de 193,97 mm e a umidade relativa média mensal do ar é de 79,58% (PREFEITURA DE IRATI, 2012). A temperatura média anual é de aproximadamente 18ºC, com a mínima anual de -2ºC e

a máxima em torno de 32ºC. O limiar médio das temperaturas de Irati varia aproximadamente entre 13 e 23,5ºC (SIMEPAR, 2012).

1.3.1.3. Solos

O mapa detalhado de solos das parcelas permanentes (25 ha) onde a pesquisa foi realizada foi elaborado pelas pesquisadoras Aline Marques Genú e Kátia Cylene Lombardi, professoras dos Departamentos de Agronomia e de Engenharia Florestal da UNICENTRO. O levantamento detalhado e respectivo mapa (Figura 2) consta do Relatório Técnico de Figueiredo Filho (2011) elaborado para o CNPq (não publicado).

Predominam na área quatro classes de solo, sendo elas: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), Cambissolo Háplico Ta distrófico típico (CXvdt), Cambissolo Háplico Ta distrófico léptico (CXvdl) e Cambissolo Háplico alítico típico (CXal).

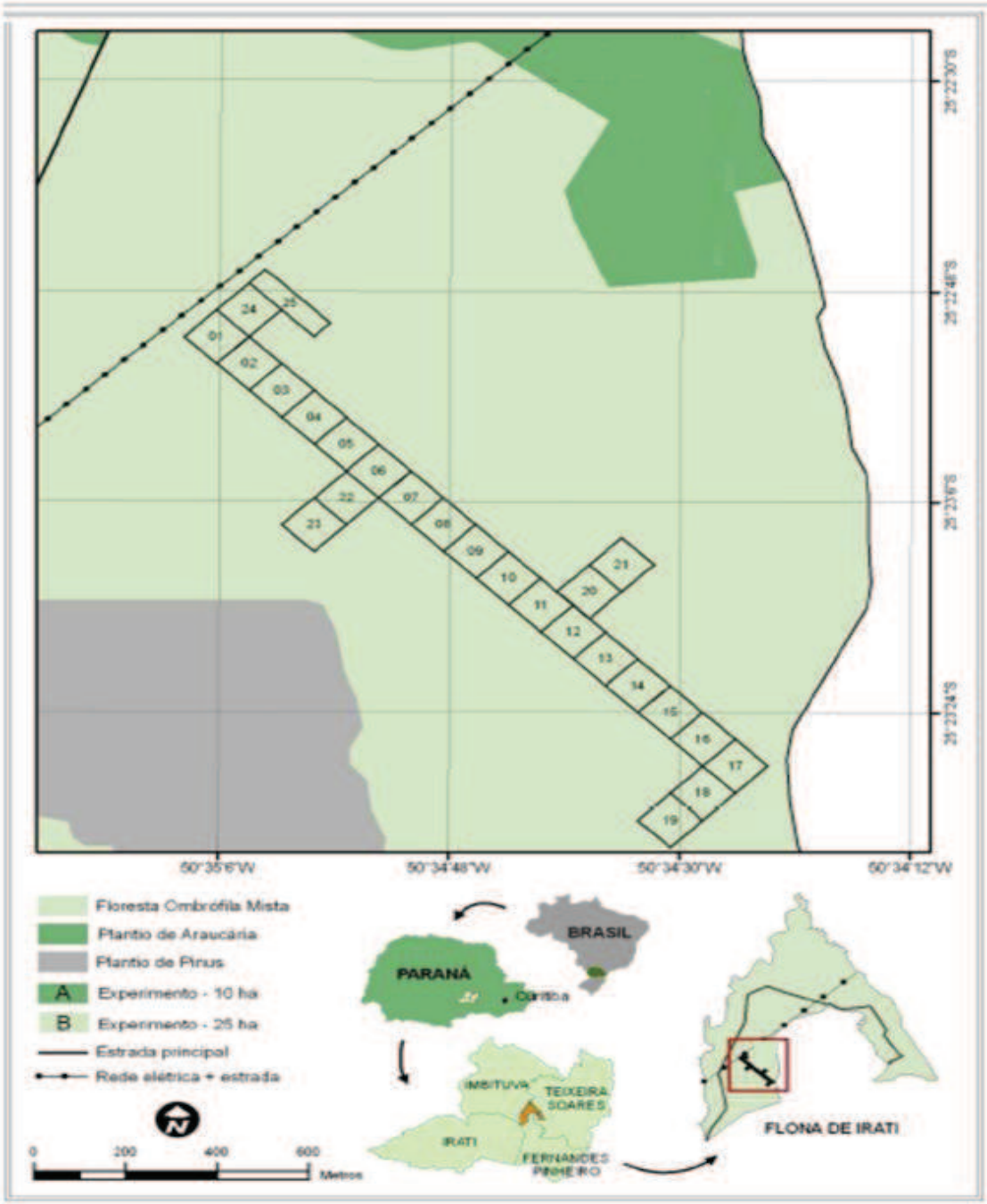


Fonte: Figueiredo Filho (2011).

Figura 2. Mapa de ocorrência das classes de solo na área amostrada na FLONA de Irati, Paraná.

1.3.2 Origem dos dados

Os dados utilizados na presente pesquisa são oriundos de 25 parcelas permanentes (Figuras 3 a 5) instaladas e medidas em 2002 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista (1272,9 ha) na Floresta Nacional de Irati. Essas parcelas permanentes têm como uma das finalidades estudar a dinâmica desse importante ecossistema florestal do sul do país.



Fonte: Adaptado de RODE (2008).

Figura 3. Localização das Parcelas Permanentes na FLONA de Irati, Paraná.

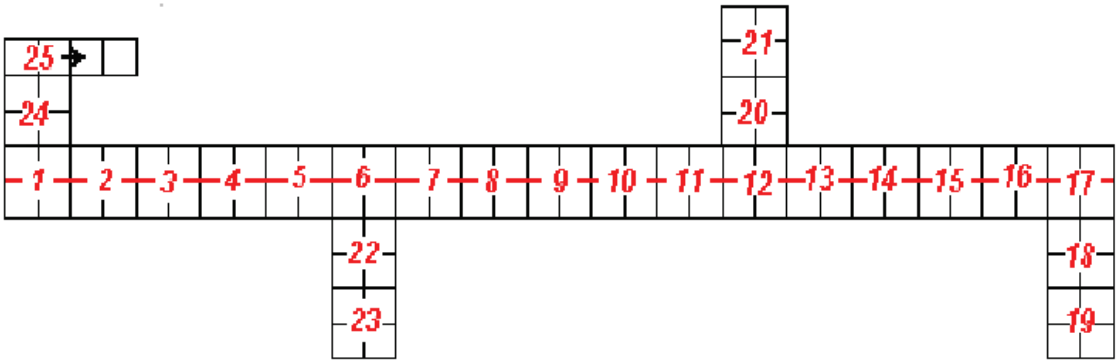


Figura 4. Croqui das 25 Parcelas Permanentes existentes na FLONA de Irati, Paraná.

Figura 5. Localização das Parcelas Permanentes na área de Floresta Ombrófila Mista da FLONA de Irati, Paraná.

Cada parcela permanente (Figura 6) de 1 ha (100 m x 100 m) é subdividida em quatro subparcelas de 0,25 ha (50 m x 50 m). Com o objetivo de facilitar a numeração e o mapeamento das árvores (distâncias X, Y), cada subparcela é subdividida em cinco faixas de controle de 10 m x 50 m (0,05 ha).

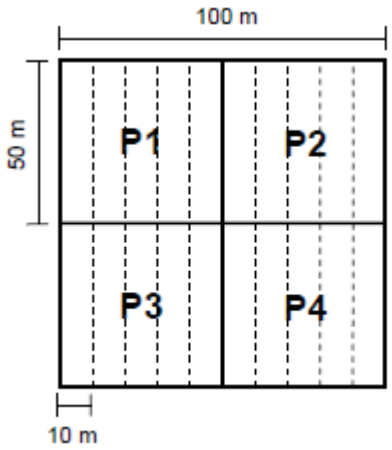


Figura 6. Parcela Permanente (1 ha) com divisões em subparcelas (0,25 ha) e faixas de controle (0,05 ha).

No ano 2002 foi realizada a primeira medição das parcelas permanentes (25 ha). Naquela ocasião, todas as árvores com o diâmetro à altura do peito (DAP a 1,30 m) igual ou superior a 10 cm foram medidos e tiveram o ponto de medição do diâmetro assinalado para evitar erros nas medições futuras. De forma complementar, as árvores foram numeradas e posicionadas espacialmente em um sistema cartesiano X, Y.

Nos anos de 2005, 2008 e 2011 foram realizadas as remedições, seguindo os mesmos critérios da primeira medição, totalizando assim, nove anos de monitoramento da dinâmica da floresta. Nessas ocasiões foram computadas as árvores mortas e as que ingressaram no sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELMINI, J. I. **Fenologia Reprodutiva da** *Araucaria angustifolia* **(BERT.) O. KTZE, na Região de Curitiba-PR**. 2005. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BACKES, A. Dinâmica do pinheiro brasileiro. **Iheringia** (Sér. Bot.), Porto Alegre, RS, v. 30, p. 49-84, 1983.

BARTH FILHO, N. F. **Delineamentos de um sistema de monitoramento de crescimento e produção em campo para florestas naturais: aplicação na floresta com araucária**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

CARVALHO, P. E. R. **Levantamento florístico da região de Irati-PR** (1ª aproximação). Colombo, PR: EMBRAPA - Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul, 1980. 44 p. (C.T. 3).

CARVALHO, P, E, R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira** / Paulo Ernani Ramalho Carvalho; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. – Colombo: EMBRAPACNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640 p. : il. Color (35p. com 140 fotografias), 4 mapas.

DISPERATI, A. A. **Mapeamento florestal da Floresta Nacional de Irati - PR**. Curitiba: FUPEF, 1986. 18 p. + 1 mapa.

DISPERATI, A. A.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Copas de Araucária observadas em fotografias aéreas 70 mm colorido normal em escala muito grande (1:1000). In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 7., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR.** 1999. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

EBLING, A. A. **Dinâmica e projeção diamétrica em remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS.** 2012. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.

FIGUEIREDO FILHO, A. Relatório técnico: **Comparação da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um plantio de** *Araucaria angustifolia* **no Centro Sul do estado do Paraná**. 2011. 36 p. Não publicado.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n.4, p. 763-776, out./dez. 2010.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati - PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 19, n. 1 e 2, p.30-49, 1989.

GOMES, J. F. **Classificação e crescimento de grupos ecológicos na Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2005. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.

IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Inventário do Pinheiro no Sul do Brasil.** Curitiba: IBDF/FUPEF, 1978. 327 p.

KLEIN, R.M. Importância sociológica das mirtáceas nas florestas riograndenses. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 24., 1984, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 1984. p.367-375.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil:** Região Sul. v. 2 . Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de** *Araucaria angustifolia* **(Bert.) O. Ktze., no sul do Brasil**. 1980. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: José Olympio, 1968.

MAZZA, C. A. da S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 2006. 147 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

MAZZA, C. A. da S., MAZZA, M. C. M., SANTOS, J. E. SIG aplicado à caracterização ambiental de uma unidade de conservação Floresta Nacional de Irati, Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 2251-2258.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS.** 2006. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR: 1995 a 1998.** 1999. 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

PREFEITURA DE IRATI. Disponível em: <http://www.irati.pr.gov.br/municipio/clima.asp>. Acesso em: 12 abr. 2012.

PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Subprojeto conservação do bioma Floresta com Araucária:** relatório final. Curitiba: FUPEF, 2001. 2v. (CD)

RAMBO, B. O elemento andino pinhal rio-grandense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, Itajaí, v.3, n.3, p.3-39, 1951.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956. 456 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, n. 34-35, p. 1-525, 1983.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2004. 181 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de** *Araucaria angustifolia* **de 60 anos.** 2008. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

RODRÍGUEZ TELLO, J. C. **Eficiência e custos de diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra em uma floresta nativa de** *Araucaria angustifolia* **(Bert.) O. Ktze. no sul do Brasil**. 1980. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ROSSI, L. M. B. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de Floresta Natural**. 2007. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati, PR, v. 5, n. 1, jan./jun. 2003, p. 101-112.

SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** 2001. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.112-137; 1996.

SENNA, R.M.; WAECHTER, J.L. Pteridófitas de uma floresta com araucária. 1. Formas biológicas e padrões de distribuição geográfica. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, RS, v. 48, p. 41-58, 1997.

SIMEPAR, I. T. Disponível em: < http://www.simepar.br/>. Acesso em: 12 abr. 2012.

SPVS. Sociedade Brasileira em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Manual para recuperação da reserva florestal legal.** Curitiba: FNMA. 1996. 84 p.

STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação**. 2008. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO; A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

2 ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS E ESTRUTURAIS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA FLONA DE IRATI, PARANÁ

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as alterações referentes a composição florística e estrutura horizontal em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado na Floresta Nacional de Irati, Paraná, monitorado ao longo de um período de nove anos. Para isso, foram utilizados dados provenientes de 25 parcelas permanentes de um hectare cada (100 m x 100 m). Cada parcela permanente é subdividida em quatro subparcelas de 0,25 ha (50 m x 50 m). Com o objetivo de facilitar a numeração e o mapeamento das árvores (distâncias X, Y), cada subparcela é subdividida em cinco faixas de controle de 10 m x 50 m (0,05 ha). Todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito maior ou igual a 10 cm (DAP≥10 cm) foram devidamente identificados e mensurados nos anos de 2002, 2005, 2008 e 2011. A análise da alteração na composição florística foi realizada pela presença ou não dos indivíduos em cada período avaliado, sendo descritas as alterações em nível de família botânica, espécie e grupo ecológico. A estrutura horizontal foi caracterizada por meio dos parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência e dominância das espécies, bem como do valor de importância. A análise do componente arbóreo do fragmento mostra que a floresta apresentou pequenas alterações em relação a sua composição florística e elevada riqueza de espécies. Durante os nove anos de monitoramento (2002 a 2011) da floresta, foram registradas 124 espécies arbóreas, 84 gêneros e 42 famílias botânicas. O número de indivíduos diminuiu durante o período de avaliação, ao passo que o número de gêneros e espécies aumentou. A família Myrtaceae mostrou ser a de maior importância, com o maior número de espécies dentre todas as famílias encontradas no fragmento. *Araucaria angustifolia, Ilex paraguariensis, Ocotea odorifera, Nectandra grandiflora, Ocotea porosa, Casearia decandra, Cedrela fissilis, Nectandra megapotamica e Ocotea puberula* foram as espécies mais importantes do fragmento, cujos Valores de Importância somados correspondem, 51,36% do valor total encontrado para toda a floresta. Observou-se um predomínio de espécies secundárias iniciais, seguidas pelas espécies secundárias tardias, pioneiras e em menor número, as espécies climácicas. As espécies raras representam cerca de 50% de todas as espécies existentes e aumentaram no período 3,8%. Apresentaram maior variação, ao longo do período de avaliação, em relação à sua importância na floresta as espécies: *Coussarea contracta, Nectandra megapotamica, Casearia sylvestris, Matayba elaeagnoides, Myrsine umbellata* e *Cinnamodendron dinisii*, nas quais, observou-se expressiva variação de seus parâmetros fitossociológicos.

Palavras-chave: Composição Florística, Estrutura horizontal, Fitossociologia, Floresta de Araucária.

2 FLORISTIC AND STRUCTURAL CHANGES IN AN ARAUCARIA FOREST FRAGMENT IN THE IRATI NATIONAL FOREST, PARANÁ

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze the changes on the floristic composition and on the horizontal structure in an Araucaria Forest fragment, located in the Irati National Forest (FLONA), Paraná. The remnant was monitored along nine years. Data from 25 permanent sample plots of 1 ha in size each were used and all the plots were subdivided into 4 subplots of 0.25 ha. Aiming the facilitation of the numeration process and mapping of the trees (X, Y distances), each subplot was divided into 5 control strips of 10 m x 50 m (0.05 ha). All the individuals with diameter at breast height equal or larger than 10 cm (DBH ≥10 cm) were identified and measured in the years 2002, 2005, 2008 and 2011. Changes on the floristic composition were analyzed by the presence or not of the individuals in every period evaluated. These modifications were described by the botanical family, species and ecological group level. The horizontal structure was characterized by the phytosociological parameters of density, frequency and dominance of species, as well as the importance value. The results show that the forest presented few changes related with its floristic composition and species richness. Along the monitored period (2002 to 2011), 124 arboreal species were registered, including 84 genera and 42 botanical families. The number of individuals decreased in the evaluation period, whereas the number of genera and species increased. Myrtaceae family presented the greatest importance, with the highest number of species. *Araucaria angustifolia, Ilex paraguariensis, Ocotea odorifera, Nectandra grandiflora, Ocotea porosa, Casearia decandra, Cedrela fissilis, Nectandra megapotamica* and *Ocotea puberula* were the most important species in the fragment, presenting together at least 50% of the Importance Value of the forest. Considering the ecological groups, it was noticed the prevalence of early secondary species, followed by the late secondary, pioneers and climax species with a fewer number. Rare species represented around 50% of all the species, presenting an increase of 3.8% on their number along the evaluated period. The species which presented the most variation throughout the evaluation period, in relation to their importance in the forest were: *Coussarea contracta, Nectandra megapotamica, Casearia sylvestris, Matayba elaeagnoides, Myrsine umbellata* and *Cinnamodendron dinisii*. For these species an expressive variation on their phytosociological parameters were noticed.

Keywords: Floristic composition, Horizontal structure, Phytosociology, Araucaria Forest.

2.1 INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta de Araucária, é uma fisionomia característica do Sul do Brasil, tendo como elemento principal a espécie *Araucaria angustifolia*. As áreas de ocorrência das Florestas com Araucária caracterizam-se por grandes extensões de campo e formações florestais. Nestas, sob a densa cobertura das copas das araucárias, encontram-se diversas espécies arbóreas, arbustos, ervas, epífitas e lianas, em variados estágios de sucessão.

Abrigando diversas espécies da fauna e flora seriamente ameaçadas de extinção, a Foresta Ombrófila Mista está entre os biomas mais ameaçados do Brasil. Considerando a grande importância econômica e social, potencial e complexidade que a Floresta Ombrófila Mista apresenta para a região Sul do país, são fundamentais o estudo e conhecimento de suas características como florística, estrutura, funcionamento, fisionomia, dinâmica, distribuição e relações ambientais das comunidades vegetais. Nesse sentido, o estudo sobre a florística e estrutura da comunidade vegetal são imprescindíveis para a definição de estratégias de manejo e conservação dos remanescentes existentes.

Tais características podem ser obtidas pelo levantamento fitossociológico contínuo. Este tipo de levantamento permite estudar e acompanhar a alteração da floresta ao longo dos anos.

A maneira mais adequada de avaliar a composição florística, a estrutura e a dinâmica de uma floresta de forma completa, é monitorá-la sistematicamente e por longos períodos. A metodologia conhecida mais indicada para tal finalidade é a instalação e medição de parcelas permanentes. Goldsmith e Harrison (1976) afirmaram que mudanças na vegetação em longos períodos são melhor estudadas com o uso de parcelas permanentes ou de transectos permanentes.

Portanto, a importância do estudo da vegetação pode ser resumida na afirmação de Matteucci e Colma (1982): "O conhecimento da vegetação é necessário para inumeráveis atividades de investigação e desenvolvimento por sua importância como subsistema fundamental do sistema ecológico: captadora e transformadora da energia solar, porta de entrada da energia e da matéria na cadeia trófica, armazenadora de energia, provedora de refúgio para a fauna, agente antierosivo do solo, agente regulador do clima local, agente redutor da contaminação atmosférica e do ruído, fonte de matéria

prima para o homem, fonte de bem-estar espiritual e cultural por seu valor estético, recreativo e educativo".

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar as alterações referentes à composição florística e estrutura horizontal em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado na Floresta Nacional de Irati, Paraná, monitorado ao longo de um período de nove anos.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Composição florística

A análise da composição florística indica o conjunto de indivíduos que compõe a floresta, com a sua espécie e família. Além disso, as análises da florística podem incluir estimativas de índices de variabilidade (homogeneidade ou heterogeneidade) de espécies, padrão de distribuição espacial das espécies e associação de espécies (SOUZA, 1997).

A composição florística é o conjunto de espécies de plantas que caracterizam um tipo de vegetação. As medidas mais comuns de composição florística são riqueza, que é número de espécies diferentes e abundância, que retrata o número de indivíduos por espécie que ocorrem em uma área específica (MARTIN, 2004).

O conhecimento da composição florística permite o estudo das formas de vida das espécies presentes em determinado ambiente. As informações obtidas podem ser utilizadas na elaboração e planejamento de ações que objetivem a conservação, manejo e ou mesmo a recuperação das formações florestais, procurando ao máximo retratar as suas diversidades (BORÉM e RAMOS, 2001).

De acordo com Melo (2004) as análises florísticas permitem comparações dentro e entre formações florestais no espaço e no tempo, gera dados sobre a riqueza e diversidade de uma área, além de possibilitar a formulação de teorias, testar hipóteses e produzir resultados que servirão de base para outros estudos.

2.2.2 Estrutura horizontal

A vegetação, por ser o componente do ecossistema, é usada com frequência para delimitar unidades ecológicas mais homogêneas. Nesse sentido, os estudos da vegetação

concentram-se na classificação dos tipos fisionômicos. Para tanto, utiliza-se a vegetação para identificar e definir os limites dos sistemas ecológicos ou de zonas uniformes de uma região. Serve assim para o planejamento de atividades produtivas, para determinação de unidades ecológicas de interesse particular e para tomada de decisão sobre o uso dos resultados das pesquisas, a toda unidade homogênea e a todas as zonas características similares (LONGHI, 1997).

Avaliar um ecossistema pelo seu componente florestal parte do pressuposto de que o componente arbóreo é o que sustenta um ecossistema florestal, sendo então base importante para o habitat de comunidades de animais e também de outras espécies vegetais. Dessa forma, a caracterização expressa por meio das espécies arbóreas pode representar de forma bastante aproximada, as características como um todo no local (COUTO, 2005).

Para descrever as características da comunidade vegetal, é habitual utilizar parâmetros fitossociológicos que hierarquizam as espécies segundo sua importância na estruturação da comunidade. Segundo Grombone et al. (1990), estudos fitossociológicos são de máxima importância para a caracterização do papel exercido por cada espécie dentro da fitocenose, e também contribuem de forma decisiva para a indicação dos estágios sucessionais e para melhor avaliação da influência de fatores de clima, solo e ação antrópica nas comunidades vegetais.

De acordo com Felfili e Rezende (2003), fitossociologia é o estudo de métodos de reconhecimento e definição de comunidades vegetais no que se refere à origem, estrutura, classificação e relações com o meio. Ainda, segundo esses autores, a partir da aplicação de um método fitossociológico, pode-se fazer uma avaliação momentânea da estrutura da vegetação.

A estrutura horizontal avalia o estoque em crescimento e a participação de cada espécie na comunidade, sua distribuição espacial, assim como, sugere quais das espécies assumem maior importância na floresta e quais espécies podem ser consideradas raras. De acordo com Galvão (1994), os parâmetros quantitativos utilizados para expressá-la são: densidade, dominância, frequência, valor de cobertura e valor de importância.

2.2.2.1 Frequência

A frequência é a relação entre o número de parcelas em que determinada espécie ocorre. Indica a dispersão média de cada espécie e é expressa em percentagem. É dada

pela probabilidade de se encontrar uma espécie em uma unidade de amostragem, e o seu valor indica o número de vezes que a espécie ocorre, em um dado número de unidades de amostra. Assim, maiores valores de frequência indicam que a espécie está bem distribuída horizontalmente ao longo da vegetação amostrada (MATTEUCCI e COLMA, 1982; FELFILI e REZENDE, 2003).

De acordo com Matteucci e Colma (1982), a frequência depende do tamanho da unidade amostral e do número de indivíduos. Quanto maior o tamanho da unidade amostral, bem como o número de indivíduos, maior será a frequência. Segundo os mesmos autores, o padrão espacial das espécies também afeta a estimativa da frequência, por exemplo, considerando o mesmo número de indivíduos, com o mesmo tamanho e número de unidades amostrais, as espécies com distribuição regular apresentam uma frequência maior que as espécies com padrão agregado. Nessas condições, quanto mais agregado é o padrão, menor é o resultado da frequência.

2.2.2.2 Densidade

A densidade expressa o número de indivíduos por unidade de área. A densidade relativa de uma espécie é a proporção entre a densidade absoluta da espécie e a densidade total da comunidade (MATTEUCI e COLMA, 1982; DURIGAN, 2003).

Para Longhi (1980) e Lamprecht (1990), a densidade refere-se à abundância como número de árvores por espécie. Distinguem-se densidade absoluta (número de indivíduos por espécie) e relativa (participação percentual de cada espécie no total de árvores). Contudo, há uma tendência em se considerar a abundância mais como uma estimativa visual da densidade, sendo a densidade a contagem efetiva do número de indivíduos de uma espécie em determinada área (MARTINS, 1991).

2.2.2.3 Dominância

A cobertura de uma área pode ser definida como a proporção da área ocupada pela projeção perpendicular, sobre esta área, das partes aéreas dos indivíduos das espécies em consideração.

De acordo com Lamprecht (1990), a dominância é o grau de cobertura das espécies como expressão do espaço por elas requerido. Definem-se pelo somatório de todas as projeções horizontais das copas das árvores da floresta sobre o solo. Em virtude

da complexa estrutura vertical das florestas tropicais, é extremamente difícil e dispendioso, se não impossível, determinar as projeções das copas. Por este motivo, ao invés destas, calculam-se, em geral, as áreas transversais individuais, iguais às áreas das bases dos troncos, e empregam-se as mesmas no lugar dos valores de dominância. Tal procedimento é válido por existir uma relação entre o diâmetro do fuste e o diâmetro da copa.

2.2.2.4 Valor de Importância

Pode ser definido como a combinação, em uma única expressão, dos valores relativos de densidade, dominância e frequência. O valor de importância permite uma caracterização de cada espécie na floresta, indicando a participação quanto ao número de indivíduos e área transversal, além disso, a distribuição desses em relação ao restante da comunidade.

Este parâmetro revela a importância ecológica relativa de cada espécie em cada amostra, melhor que qualquer de seus componentes. O efeito de somar as três variáveis se traduz em um incremento das diferenças de uma espécie entre unidades de amostra, cuja composição florística se assemelhe (MATTEUCCI e COLMA, 1982).

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Localização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Paraná, cuja vegetação característica é a Floresta Ombrófila Mista, conforme descrito no Capítulo I.

2.3.2 Identificação botânica

Todas as árvores presentes nas parcelas permanentes, com diâmetro à altura do peito maior ou igual a 10 cm (DAP $\geq$ 10) foram identificadas. Foram coletadas amostras de material botânico de todas as espécies ocorrentes nas 25 parcelas permanentes. O material coletado foi herborizado e incorporado ao Herbário da UNICENTRO (HUCO). A identificação das espécies foi realizada por meio de consulta a especialistas, pesquisa

bibliográfica e por comparação com material do acervo disponível no Herbário HUCO. As nomenclaturas adotadas seguem o padrão sugerido pelo Angiosperm Philogeny Group III (APG III, 2009).

2.3.3 Composição florística

A análise florística e suas alterações foram realizadas com base nas 25 parcelas permanentes inventariadas durante o período de nove anos. De modo a simplificar o extenso banco de dados, considerou-se todas as parcelas permanentes como uma única parcela em cada ano avaliado.

As subparcelas de 500 m² que constituem cada uma das parcelas permanentes foram mantidas devido sua importância na análise da frequência das espécies. Logo, o banco de dados empregado para análise da composição florística foi constituído de uma parcela de área de 25 hectares, subdividida em 500 subparcelas de 500 m², avaliadas nos anos de 2002, 2005, 2008 e 2011.

A análise da alteração na composição florística foi realizada por meio da ocorrência ou ausência de cada espécie nas remedições. Foram avaliadas e quantificadas todas as espécies, gêneros e famílias presentes nas 25 parcelas permanentes em cada ano de monitoramento do fragmento.

2.3.4 Classificação dos grupos ecológicos

Com o objetivo de auxiliar a avaliação da maturidade da floresta, cada espécie teve um grupo ecológico associado, possibilitando relacionar a similaridade das espécies em função de seus grupos correspondentes, bem como ao predomínio de cada grupo. Budowski (1966) citou as características diversas que permitem agrupar diferentes espécies em grupos ecológicos iguais. Porém, o autor descreveu a tolerância ou não ao sombreamento como principal critério de formação dos grupos.

A bibliografia existente que retrata a classificação das espécies em grupos ecológicos seguindo os preceitos descritos por Budowski (1965), assume grande heterogeneidade, ocorrendo grande variação da classificação em uma mesma espécie e indicando a subjetividade quanto a essa classificação. Dessa forma, buscando uma maior coerência nas análises, os grupos ecológicos definidos para cada espécie foram baseados em consultas bibliográficas. A bibliografia empregada para a classificação das

espécies em seus respectivos grupos ecológicos foram: Lorenzi (2002), Vaccaro (2002), Carvalho (2003), Carvalho (2006), Moscovich (2006), Carvalho (2008), Stepka (2008) e Sawczuk (2009). Quando verificada a ausência de dados bibliográficos, a classificação dos grupos foi realizada de acordo com características relacionadas à tolerância ao sombreamento, crescimento e regeneração do sub-bosque, descritas por Budowski (1965), as quais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características avaliadas para a classificação dos grupos ecológicos para espécies arbóreas.

Grupo ecológico	Regeneração	Crescimento	Tolerância ao sombreamento
Pioneira	Muito Baixa	Muito rápido	Muito intolerante
Secundária Inicial	Baixa	Muito rápido	Muito intolerante
Secundária Tardia	Baixa ou Alta, com elevada mortalidade na fase inicial	Lento a rápido	Tolerante no estágio inicial, após, intolerante
Climácica	Alta	Muito lento	Tolerante no estágio inicial, após, intolerante

Fonte: Adaptado de Budowski (1965).

Avaliou-se a frequência do número de espécies e do número de indivíduos pertencentes a cada grupo ecológico, bem como da dominância de cada grupo em cada período de avaliação. Com isso, foi determinada a importância, em relação ao número de espécies, indivíduos e área transversal, correspondente a cada grupo ecológico.

2.3.5 Análise da estrutura horizontal

A estrutura horizontal foi caracterizada por meio dos parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência e dominância das espécies, bem como do valor de importância.

2.3.5.1 Densidade

A densidade absoluta é definida como o número de indivíduos de determinada espécie presentes em certa unidade de área, a qual foi determinada como:

$$DA = n/ha \tag{2.1}$$

A densidade relativa é caracterizada como a participação de cada espécie no número total de indivíduos analisados (N), tendo sido determinada com a seguinte fórmula:

$$DR = \frac{DA}{N} \cdot 100 \tag{2.2}$$

2.3.5.2 Frequência

A frequência absoluta, dada em percentagem, representa a distribuição espacial das espécies na área analisada.

$$FA = \textit{percentagem de ocorrência da espécie nas parcelas} \tag{2.3}$$

A frequência relativa (FR) representa a porcentagem da freqüência absoluta de cada espécie em relação à freqüência total por hectare, tendo sido calculada pela seguinte fórmula:

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \cdot 100 \tag{2.4}$$

2.3.5.3 Dominância

A dominância foi calculada pela soma das áreas transversais individuais (g) de cada espécie por unidade de área e foi determinada como segue:

$$g = \frac{\pi DAP^2}{40000} \tag{2.5}$$

Assim, a dominância absoluta por espécie foi calculada pela seguinte fórmula:

$$DoA = \sum g/ha \tag{2.6}$$

A dominância relativa, representando a participação da área basal de cada espécie na área basal total das parcelas estudadas, sendo calculada da seguinte maneira:

$$DoR = \frac{DoA}{\sum DoA} \cdot 100 \tag{2.7}$$

2.3.5.4 Valor de Importância

O Valor de Importância foi obtido pelo somatório dos valores relativos de densidade, frequência e dominância de cada espécie, conforme segue:

$$VI = DR + FR + DoR \tag{2.8}$$

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Alteração na composição florística

As espécies arbóreas encontradas na Floresta Nacional de Irati estão descritas na Tabela 2, a qual apresenta a composição florística do fragmento em estudo para os anos de 2002, 2005, 2008 e 2011. São apresentadas as famílias botânicas, espécies, número de indivíduos correspondente a cada família, bem como o número de indivíduos de cada espécie e classificação pelo grupo ecológico preferencial.

Durante os nove anos de monitoramento (2002 a 2011) da floresta, foram registradas 124 espécies arbóreas, 84 gêneros e 42 famílias botânicas. Houve, ainda, a ocorrência de 25 indivíduos que foram medidos, porém, morreram antes de serem devidamente identificados e, portanto, não foram computados.

Os valores encontrados no presente estudo, considerando-se o número de espécies, famílias e gêneros são, de maneira geral, superiores aos valores encontrados em outros trabalhos realizados em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista localizados na região sul do Brasil, apresentados na Tabela 3, a qual foi descrita por Figueiredo Filho et al. (2010) e adaptada com os resultados obtidos nesta pesquisa e também por Ebling (2012).

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
Anacardiaceae	*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.	Aroeira-branca	1,24	1,12	0,88	0,84	Pi[4]
Anacardiaceae Total			1,24	1,12	0,88	0,84	
Annonaceae	*Annona rugulosa* (Schltdl.) H.Rainer	Ariticum-de-porco	0,04	0,04	0,04	0	Si[9]
	Annona sylvatica A.St.-Hil.	Ariticum	0,08	0,08	0,12	0,16	St[4]
Annonaceae Total			0,12	0,12	0,16	0,16	
Aquifoliaceae	*Ilex brevicuspis* Reissek	Voadeira	0,36	0,40	0,40	0,40	Si[4]
	Ilex dumosa Reissek	Cauninha	1,60	1,32	1,28	1,12	Si[4]
	Ilex paraguariensis A. St.-Hil.	Erva-mate	60,20	55,92	53,28	52,12	Si[4]
	Ilex theezans Mart. *ex* Reissek	Caúna	12,68	12,08	11,36	10,52	Si[4]
Aquifoliaceae Total			74,84	69,72	66,32	64,16	
Araliaceae	*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire *et al.*	Mandiocão	1,32	1,20	1,04	1,08	St[1]
Araliaceae Total			1,32	1,20	1,04	1,08	
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze	Araucária	42,12	42,16	42,32	42,32	Pi[4]
Araucariaceae Total			42,12	42,16	42,32	42,32	
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman	Palmeira	18,00	18,12	17,84	18,08	Si[2]
Arecaceae Total			18,00	18,12	17,84	18,08	
Asparagaceae	*Cordyline spectabilis* Kunth & Bouché	Uvarana	0	0	0	0,08	Pi[9]
Asparagaceae Total			0	0	0	0,08	
Asteraceae	*Baccharis semisserata* DC.	Tupichava	0	0	0	0,04	Pi[9]
	Gochnatia polymorpha (Less.) Cabrera	Cambará	0,04	0,04	0	0	Pi[8]
	Piptocarpha angustifolia Dusén *ex* Malme	Vassourão-branco	2,24	1,80	1,64	1,84	Pi[8]

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
	Piptocarpha axillaris (Less.) Baker	Vassourão-cambará	0,60	0,68	0,64	1,00	Pi[8]
	Raulinoreitzia leptophlebia (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Vassourão-de-brinco	0	0	0	0,04	Pi[9]
	Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	Vassourão-preto	2,00	2,00	1,84	1,88	Pi[8]
	Vernonanthura petiolaris (DC.) H. Rob.	Vassourão	4,28	3,24	2,40	1,92	Pi[8]
Asteraceae Total			9,16	7,76	6,52	6,72	
Bignoniaceae	*Handroanthus albus* (Cham.) Mattos	Ipê Amarelo	0,04	0,04	0,04	0,04	St[4]
	Jacaranda micrantha Cham.	Caroba	3,16	3,36	3,36	3,40	Si[4]
Bignoniaceae Total			3,20	3,40	3,40	3,44	
Canellaceae	*Cinnamodendron dinisii* Schwacke	Pimenteira	14,36	13,36	12,56	11,96	Pi[8]
Canellaceae Total			14,36	13,36	12,56	11,96	
Cardiopteridaceae	*Citronella paniculata* (Mart.) R.A.Howard	Congonha	0,04	0,04	0	0	St[9]
Cardiopteridaceae Total			0,04	0,04	0	0	
Celastraceae	*Maytenus grandiflora* Reissek	Espinheira-santa-falsa	0,04	0,04	0,16	0,20	Cl[9]
	Maytenus officinalis Mabb.	Espinheira-santa	0,20	0,24	0,24	0,36	Cl[9]
Celastraceae Total			0,24	0,28	0,40	0,56	
Clethraceae	*Clethra scabra* Pers.	Carne-de-vaca	5,60	5,16	4,60	4,24	Pi[8]
Clethraceae Total			5,60	5,16	4,60	4,24	
Cunoniaceae	*Lamanonia ternata* Vell.	Guaraperê	0,20	0,20	0,20	0,20	Si[2]
	Weinmannia paulliniifolia Pohl *ex* Ser.	Gramimunha	0	0	0,04	0	Si[8]
Cunoniaceae Total			0,20	0,20	0,24	0,20	
Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta* (Schott) Planch. *ex* Benth.	Sapopema	4,92	4,60	4,36	4,08	St[9]

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
Elaeocarpaceae Total			4,92	4,60	4,36	4,08	
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum* A. St.-Hil.	Cocão	0,04	0,04	0,04	0,04	Pi[8]
Erythroxylaceae Total			0,04	0,04	0,04	0,04	
Euphorbiaceae	*Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg.	Laranjinha-do-mato	0,08	0,12	0,08	0,04	Cl[4]
	Sapium glandulosum (L.) Morong	Leiteiro	1,08	1,16	1,08	1,08	Pi[4]
	Sebastiania commersoniana (Baill.) L.B.Sm. & Downs	Branquilho	0,20	0,24	0,28	0,28	Si[2]
Euphorbiaceae Total			1,36	1,52	1,44	1,40	
Fabaceae	*Albizia edwallii* (Hoehne) Barneby & J.W.Grimes	Farinha-seca	0,28	0,28	0,28	0,28	Si[8]
	Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan	Angico-branco	0,20	0,20	0,20	0,20	Si[9]
	Cassia leptophylla Vogel	Canafistula	0,76	0,76	0,76	0,72	Si[8]
	Dalbergia brasiliensis Vogel	Jacarandá	9,84	9,80	9,52	8,92	Si[8]
	Inga virescens Benth.	Ingá	1,56	1,56	1,64	1,64	Si[9]
	Lonchocarpus muehlbergianus Hassl.	Timbó	0,04	0,04	0,08	0,08	Pi[9]
	Machaerium stipitatum (DC.) Vogel	Sapuva	3,52	2,80	2,80	2,68	Si[8]
	Mimosa scabrella Benth.	Bracatinga	1,08	0,56	0,44	1,44	Pi[7]
	Ormosia arborea (Vell.) Harms	Coronheira	0,08	0,12	0,08	0,08	Si[8]
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Monjoleiro	0,80	0,88	0,96	1,04	Si[4]
Fabaceae Total			18,16	17,00	16,76	17,08	
Lamiaceae	*Aegiphila integrifolia* (Jacq.) Moldenke	Pau-de-gaiola	0,24	0,24	0,24	0,20	Pi[8]
	Vitex megapotamica (Spreng.) Moldenke	Tarumã	0,08	0,08	0,08	0,08	St[4]
Lamiaceae Total			0,32	0,32	0,32	0,28	

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
Lauraceae	*Cinnamomum amoenum* (Nees & Mart.) Kosterm.	Canela-alho	0,40	0,36	0,36	0,32	St[9]
	Cinnamomum glaziovii (Mez) Kostem.	Canela-papagaio	0,08	0,08	0,08	0,04	Cl[7]
	Cinnamomum sellowianum (Nees & Mart.) Kosterm.	Canela-branca	2,56	2,44	2,40	2,32	St[8]
	Cryptocarya aschersoniana Mez	Canela-fogo	0,32	0,36	0,36	0,36	Cl[1]
	Nectandra grandiflora Nees	Canela-amarela	37,72	36,92	35,56	33,68	Si[4]
	Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	Canela-imbuia	17,16	17,40	17,72	17,60	Si[4]
	Ocotea corymbosa (Meisn.) Mez	Canela-pimenta 2	1,40	1,52	2,08	2,04	St[8]
	Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez	Canela-pimenta	9,24	9,16	9,08	9,08	St[4]
	Ocotea indecora (Schott) Mez	Canela-preta	0,60	0,60	0,60	0,68	St[8]
	Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	Sassafrás	51,96	52,44	52,72	52,88	St[9]
	Ocotea porosa (Nees & Mart.) Barroso	Imbuia	19,32	19,16	19,20	19,00	Cl[2]
	Ocotea puberula (Rich.) Nees	Canela-guaicá	13,96	13,44	13,04	12,68	Si[4]
	Ocotea pulchella (Nees & Mart.) Mez	Canela-lageana	0	0	0	0,08	Si[4]
	Persea major (Meisn.) L.E.Kopp	Pau-de-andrade	0,76	0,72	0,72	0,64	St[9]
Lauraceae Total			155,48	154,60	153,92	151,40	
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.	Esporão-de-galo	0,04	0,08	0,08	0,08	Pi[1]
Loganiaceae Total			0,04	0,08	0,08	0,08	
Lythraceae	*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.	Dedaleiro	1,00	0,96	0,92	0,88	Si[8]
Lythraceae Total			1,00	0,96	0,92	0,88	
Malvaceae	*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	0,76	0,64	0,60	0,48	St[2]
Malvaceae Total			0,76	0,64	0,60	0,48	

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
Meliaceae	*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.	Canjerana	0,56	0,56	0,56	0,64	St[3]
	Cedrela fissilis Vell.	Cedro	15,44	15,16	15,12	14,88	Pi[7]
	Cedrela lilloi C.DC.	Cedrilho	0,04	0,04	0,04	0,04	St[9]
	Trichilia elegans A.Juss.	Pimenteira-arbustiva	0	0	0,04	0,04	Cl[4]
Meliaceae Total			16,04	15,76	15,76	15,60	
Moraceae	*Ficus enormis* Mart. ex Miq.	Figueira	0,24	0,24	0,20	0,20	St[9]
	Sorocea bonplandii (Baill.) W.C.Burger et al.	Cincho	0,04	0,04	0,04	0,04	Si[9]
Moraceae Total			0,28	0,28	0,24	0,24	
Myrsinaceae	*Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	0,28	0,40	0,48	0,40	Si[4]
	Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze	Capororoca-vermelha	0	0	0	0,04	Si[4]
	Myrsine umbellata Mart.	Capororocão	23,28	21,76	19,48	16,72	Si[4]
Myrsinaceae Total			23,56	22,16	19,96	17,16	
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg	Murta	0	0	0,04	0,08	St[3]
	Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	Sete-capote	0,08	0,08	0,08	0,08	St[9]
	Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg	Guabiroba	6,08	6,32	6,48	6,44	St[3]
	Curitiba prismatica (D.Legrand) Salywon & Landrum	Murteira	4,40	4,72	4,80	5,24	Si[9]
	Eugenia involucrata DC.	Cerejeira	5,76	6,40	7,80	8,12	Cl[4]
	Eugenia pluriflora DC.	Guamirim-abacate	0,20	0,20	0,16	0,12	Cl[9]
	Eugenia pyriformis Cambess.	Uvaia	0,16	0,16	0,16	0,20	Si[4]
	Eugenia uniflora L.	Pitanga	0,36	0,28	0,24	0,20	Si[4]
	Gomidesia affinis (Cambess.) D. Legrand	Perta-Goela	0	0	0,04	0,04	Si[8]

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
	Myrceugenia miersiana (Gardner) D. Legrand & Kausel	Caingá-do-graúdo	0,04	0,04	0,04	0,04	Cl[4]
	Myrcia guianensis (Aubl.) DC.	Guamirim-vermelho	0,08	0,16	0,20	0,20	Cl[9]
	Myrcia hebepetala DC.	Caingá	9,52	10,08	11,32	11,80	St[9]
	Myrcia lajeana D. Legrand	Guamirim-cascudo	0,08	0,20	0,40	0,40	Si[8]
	Myrcia splendens (Sw.) DC.	Guamirim-preto	8,88	8,76	8,80	7,96	Pi[9]
	Myrciaria delicatula (DC.) O.Berg	Araçá-do-mato	1,24	1,40	1,40	1,48	Cl[4]
	Myrciaria floribunda (H.West ex Willd.) O.Berg	Cambuí	6,28	7,76	8,96	9,56	Cl[4]
	Myrciaria tenella (DC.) O. Berg	Guamirim-ferro	0	0	0	0,24	Cl[4]
	Plinia cauliflora (Mart.) Kausel	Jaboticabeira	1,56	1,56	1,56	1,56	St[8]
Myrtaceae Total			44,72	48,12	52,48	53,76	
N.I. Morta	N.I. Morta	N.I. Morta	0,72	0,28	0	0	-
N.I. Morta Total			0,72	0,28	0	0	
Picramniaceae	*Picramnia parvifolia* Engl.	Pau-amargo	0,20	0,24	0,24	0,20	St[4]
Picramniaceae Total			0,20	0,24	0,24	0,20	
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl.	Carvalho	1,00	0,84	0,84	0,84	Cl[4]
Proteaceae Total			1,00	0,84	0,84	0,84	
Quillajaceae	*Quillaja brasiliensis* (A. St.-Hil. & Tul.) Mart.	Saboneteira	0,24	0,28	0,28	0,24	Pi[4]
Quillajaceae Total			0,24	0,28	0,28	0,24	
Rosaceae	*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	13,20	11,96	10,92	10,28	Si[5]
Rosaceae Total			13,20	11,96	10,92	10,28	
Rubiaceae	*Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg.	Cinzeiro-preto	19,88	22,12	24,92	26,16	Pi[6]

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
	Psychotria vellosiana Benth.	Jasmim-verdadeiro	5,16	5,00	5,28	5,96	St[8]
	Randia ferox (Cham. & Schltdl.) DC.	Limão-do-mato	0,08	0,08	0,08	0,04	Pi[8]
	Rudgea jasminoides (Cham.) Müll.Arg.	Véu-de-noiva	0,16	0,40	0,44	0,76	St[8]
Rubiaceae Total			25,28	27,60	30,72	32,92	
Rutaceae	*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.	Laranjeira	0,08	0,12	0,12	0,12	Pi[9]
	Zanthoxylum kleinii (R.S.Cowan) P.G. Waterman	Juvevê	0,48	0,52	0,48	0,48	Si[4]
	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Mamica-de-cadela	1,28	1,24	1,12	1,04	Si[3]
Rutaceae Total			1,84	1,88	1,72	1,64	
Salicaceae	*Casearia decandra* Jacq.	Guaçatunga-branca	35,40	33,68	33,00	31,32	Si[4]
	Casearia gossypiosperma Briq.	Espeteiro	0,04	0,04	0,04	0,04	Si[8]
	Casearia lasiophylla Eichler	Guaçatunga-da-graúda	1,52	1,96	2,28	2,32	Si[8]
	Casearia obliqua Spreng.	Guaçatunga-vermelha	5,20	5,44	5,44	5,80	Si[8]
	Casearia sylvestris Sw.	Guaçatunga-preta	12,28	13,12	14,24	14,44	Si[9]
	Prockia crucis P.Browne *ex* L.	Cambroé	0,24	0,28	0,28	0,40	St[8]
	Xylosma pseudosalzmanii Sleumer	Sucareiro	0,72	0,76	0,80	0,84	Si[1]
Salicaceae Total			55,40	55,28	56,08	55,16	
Sapindaceae	*Allophylus edulis* (A.St.-Hil. et al.) Hieron. *ex* Niederl.	Vacum	4,88	5,76	6,16	6,36	Si[1]
	Allophylus petiolulatus Radlk.	Vacum-de-folha-larga	1,04	1,16	1,16	1,68	St[9]
	Cupania vernalis Cambess.	Cuvatã	1,84	1,80	1,92	1,92	St[3]
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Maria-preta	1,60	1,80	2,16	2,28	St[8]
	Matayba elaeagnoides Radlk.	Miguel-pintado	18,08	17,04	15,72	14,96	St[3]

continua…

Tabela 2. Composição florística e grupos ecológicos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná, no período de monitoramento 2002-2011.

Família	Nome Científico	Nome Comum	Número de Indivíduos por ha				GE
			2002	2005	2008	2011	
Sapindaceae Total			27,44	27,56	27,12	27,20	
Sapotaceae	*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler *ex* Miq.) Engl.	Guatambu	3,68	4,04	4,12	4,04	St[8]
	Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.	Guatambu-leite	1,16	1,28	1,32	1,32	St[4]
Sapotaceae Total			4,84	5,32	5,44	5,36	
Simaroubaceae	*Picrasma crenata* (Vell.) Engl.	Tenente-josé	2,24	2,24	2,44	2,48	St[1]
Simaroubaceae Total			2,24	2,24	2,44	2,48	
Solanaceae	*Solanum bullatum* Vell.	Fumo-bravo	0,08	0,08	0,08	0,08	Pi[9]
	Solanum pseudoquina A.St.-Hil.	Juazeiro	0,04	0,04	0,16	0,16	Pi[4]
	Solanum sanctaecatharinae Dunal	Cuvitinga	0,36	0,44	0,32	0,32	Pi[4]
Solanaceae Total			0,48	0,56	0,56	0,56	
Styracaceae	*Styrax leprosus* Hook. & Arn.	Canela-raposa	6,24	5,36	4,52	4,00	St[5]
Styracaceae Total			6,24	5,36	4,52	4,00	
Symplocaceae	*Symplocos tenuifolia* Brand.	Maria-mole	0,04	0,04	0,04	0,12	Pi[9]
	Symplocos tetrandra Mart.	Sete-Sangria	0,08	0,08	0,08	0,04	St[8]
	Symplocos uniflora(Pohl) Benth.	Maria-mole 2	0	0	0,04	0,04	Si[2]
Symplocaceae Total			0,12	0,12	0,16	0,20	
Theaceae	*Laplacea fruticosa* (Schrad.) Kobuski	Santa-Rita	1,80	1,36	1,24	1,12	Pi[9]
Theaceae Total			1,80	1,36	1,24	1,12	
Winteraceae	*Drimys angustifolia* Miers	Cataia 2	0	0	0	0,04	Si[9]
	Drimys brasiliensis Miers	Cataia	2,60	2,60	2,44	2,32	Si[8]
Winteraceae Total			2,60	2,60	2,44	2,36	
42	**125**	**125**	**580,8**	**572,2**	**567,9**	**560,9**	

*GE = Grupo ecológico; Pi = pioneira; Si = secundária inicial; St = secundária tardia; Cl = climácica; [1]Vaccaro (2002); [2]Carvalho (2003); [3]Carvalho (2006); [4]Moscovich (2006); [5]Carvalho (2008); [6]Stepka (2008); [7]Lorenzi (2002); [8]Sawczuk (2009); [9]classificação sugerida pelo autor.

A grande diversidade de espécies ocorrentes no fragmento de Floresta Ombrófila Mista da FLONA de Irati indica uma alta complexidade e importância da comunidade vegetal em estudo quando comparada as outras áreas de mesma fitofisionomia.

Tabela 3. Resultados obtidos em trabalhos realizados na Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil.

Variáveis	**Fontes**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
N/ha	561	611	586	244	440	855	677	788
Espécies	124	66	69	55	57	65	115	117
Gêneros	84	46	44	46	38	48	75	75
Famílias	42	30	29	31	26	28	44	44
Limite de Inclusão (cm)	10	10	10	20	10	9,5	9,5	9,5
Área Amostrada (ha)	25	3,5	4	9	8	1	5	10

N/ha = número de indivíduos por hectare; 1. Presente estudo (Irati, PR); 2. Pizatto, 1999 (São João do Triunfo, PR); 3. Durigan, 1999 (São João do Triunfo, PR); 4. Schaaf, 2001 (São João do Triunfo, PR); 5. Barth Filho, 2002 (General Carneiro, PR); 6. Gomes, 2005 (São Francisco de Paula, RS); 7. Moscovich, 2006 (Nova Prata, RS); 8. Ebling, 2012 (São Francisco de Paula, RS).

A composição florística atual do fragmento apresenta maior riqueza de espécies quando comparada aos resultados apresentados na Tabela 3, mas com certa similaridade às áreas estudadas por Moscovich (2006) e Ebling (2012) e bastante discrepante em relação aos resultados encontrados pelos demais autores.

De acordo com Figueiredo Filho et al. (2010), essa variação do número de espécies, gêneros e famílias encontradas em diferentes regiões de Floresta Ombrófila Mista pode estar relacionada às condições ambientais diferentes, estágio de sucessão e amostragem insuficiente para representar as espécies, entre outros fatores.

Nos levantamentos da Tabela 3, observa-se uma grande variação na área amostrada e, além disso, o limite de inclusão de alguns trabalhos são diferentes, destacando os estudos conduzidos por Schaaf (2001), o qual empregou um limite de inclusão de 20 cm.

Para Schaaf (2001), esse fato comprova a teoria de que para um mesmo diâmetro mínimo, quanto maior a área levantada dentro de uma mesma tipologia e, portanto, maior o número de árvores computadas, maior será o número de espécies encontradas até um limite onde o número de espécies amostradas for igual ao número total de espécies da comunidade em questão.

A maior riqueza encontrada na presente pesquisa certamente está ligada à atual fase de sucessão do fragmento, o qual foi explorado seletivamente antes da década de 1940 e não sofreu mais nenhuma intervenção, estando em uma fase próxima à de uma floresta primária (RODE, 2008).

Na primeira medição (2002) foram encontrados 14.519 indivíduos (580,8 indivíduos/ha) distribuídos em 113 espécies arbóreas, pertencentes a 42 famílias botânicas. Na primeira remedição (2005), observou-se no fragmento, 14.305 indivíduos (572,2 indivíduos/ha) distribuídos em 113 espécies e 42 famílias. Dessa forma, nos primeiros anos de monitoramento da floresta, não houve nenhuma alteração em relação ao número de espécies e famílias botânicas presentes no fragmento.

Na segunda remedição (2008), ocorreu o ingresso de cinco novas espécies, todas representadas por um único indivíduo (0,04 indivíduos/ha): *Blepharocalyx salicifolius*, *Gomidesia affinis*, *Symplocos uniflora*, *Trichilia elegans* e *Weinmannia paulliniifolia*. Nesse mesmo ano, as espécies *Citronella paniculata* e *Gochnatia polymorpha* que existiam nas medições anteriores com apenas um representante (0,04 indivíduos/ha), devido à mortalidade, deixaram de existir. Com isso, a família Cardiopteridaceae foi extinta do fragmento, pois a espécie *C. paniculata* era a única representante desta família. O mesmo ocorreu com a família composta pelos indivíduos medidos e não identificados. Dessa forma, o fragmento apresentou, no ano de 2008, 14.197 indivíduos (567,9 indivíduos/ha) distribuídos em 115 espécies arbóreas, pertencentes a 41 famílias botânicas.

Na terceira remedição (2011), ingressaram sete novas espécies: *Myrciaria tenella* com 6 indivíduos (0,24 indivíduos/ha); *Cordyline spectabilis* e *Ocotea pulchella* com 4 indivíduos (0,08 indivíduos/ha) e, com apenas um representante (0,04 indivíduos/ha), as espécies *Baccharis semisserata*, *Drimys angustifolia*, *Myrsine guianensis* e *Raulinoreitzia leptophlebia*. Com isso, ocorreu o ingresso da família Asparagaceae no fragmento, representada pela espécie *C. spectabilis*. Em contrapartida, observou-se o desaparecimento de duas espécies, *Annona rugulosa* e *Weinmannia paulliniifolia*, ambas representadas por um único indivíduo. Dessa forma, foram encontrados no fragmento no ano de 2011, 14.022 indivíduos (560,9 indivíduos/ha), distribuídos em 120 espécies arbóreas, pertencentes a 42 famílias botânicas.

Durigan (1999) observou o recrutamento de uma nova espécie em um período de 3 anos; Schaaf (2001), empregando um limite de inclusão igual a 20 cm, observou o recrutamento de 6 novas espécies em um período de 21 anos; Moscovich (2006)

encontrou 8 novas espécies em 9 anos, na Floresta com Araucária de Nova Prata, a qual sofreu diferentes níveis de intervenção antrópica nesse período.

Na Figura 7 é apresentada a evolução do número de indivíduos por hectare, número de espécies arbóreas, gêneros e famílias botânicas presentes no fragmento ao longo do período de avaliação.

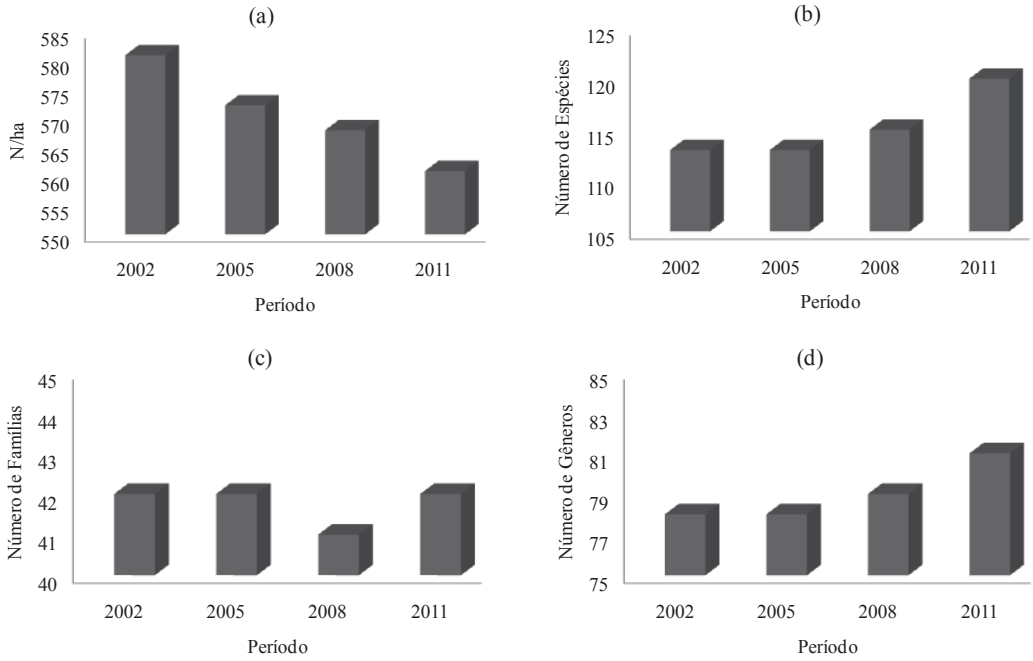


Figura 7. Evolução do número de indivíduos(a), espécies (b), famílias botânicas (c) e gêneros (d) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná.

Observa-se que o número de indivíduos decresceu com o passar do tempo, ao passo que o número de gêneros e espécies arbóreas aumentou, de 78 e 113 no ano de 2002 para 81 e 120 no ano de 2011, respectivamente, o que certamente está relacionado ao estado de conservação e estágio sucessional do fragmento em estudo. Além disso, o número de famílias botânicas manteve-se durante todo o período, com a mortalidade da família Cardiopteridaceae (2008) e pelo ingresso da família Asparagaceae (2011). Houve, ainda o egresso dos indivíduos não identificados, porém estes não foram computados.

A família Myrtaceae caracteriza a floresta, assim como nos demais trabalhos consultados (Tabela 4), com 9 gêneros e 18 espécies. Klein (1984) descreveu a ocorrência de 53 espécies desta família para região fitogeográfica da Floresta com Araucária no estado do Rio Grande do Sul, indicando a alta adaptabilidade dessas ao

meio em questão. Segundo o mesmo autor, as Myrtaceaes desempenham um grande valor de importância no sub-bosque da floresta, apresentando um grande número de espécies e densidade (KLEIN, 1984); fato também observado na Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (LONGHI et al., 2001; KILKA, 2002).

A família Lauraceae foi a segunda mais característica da floresta, assim como nos demais trabalhos apresentados, sendo encontradas entre 5 e 14 espécies desta família. A Fabaceae e a Salicaceae mostraram-se como a terceira e quarta famílias mais representativas, respectivamente, corroborando com o trabalho de Ebling (2012), porém, não se confirmaram nos outros trabalhos pesquisados, o que indica uma maior especificidade das famílias quanto ao local de incidência.

Tabela 4. Análise da representatividade de famílias botânicas em diferentes estudos desenvolvidos em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista.

Presente estudo		**Moscovich (2006)**		**Herrera et al. (2009)**		**Ebling (2012)**	
Família	**Espécies**	**Família**	**Espécies**	**Família**	**Espécies**	**Família**	**Espécies**
Myrtaceae	18	Myrtaceae	23	Myrtaceae	14	Myrtaceae	22
Lauraceae	14	Lauraceae	8	Fabaceae	5	Lauraceae	9
Fabaceae	10	Aquifoliaceae	6	Lauraceae	5	Fabaceae	8
Salicaceae	7	Euphorbiaceae	5	Asteraceae	4	Salicaceae	6
Asteraceae	6	Sapindaceae	5	Salicaceae	4	Solanaceae	6
Sapindaceae	5	Salicaceae	5	Aquifoliaceae	3	Aquifoliaceae	5
Total (%)	**50**		**45**		**49**		**50**

Nesse sentido, merecem destaque as famílias: Myrtaceae (9 gêneros e 18 espécies), Lauraceae (5 gêneros e 14 espécies), Fabaceae (10 gêneros e 10 espécies), Salicaceae (3 gêneros e 7 espécies), Asteraceae (5 gêneros e 6 espécies), Sapindaceae (4 gêneros e 5 espécies), Aquifoliaceae (1 gênero e 4 espécies) e Rubiaceae (4 gêneros e 4 espécies). Estas oito famílias (19% do total) abrangem 56,7% do número total de espécies e 72,8% do número total de indivíduos existentes no ano de 2011. Essas mesmas famílias, juntamente com a família Araucariaceae, representam 80,4% do total de indivíduos encontrados no fragmento.

Representadas por uma única espécie, foram encontradas vinte famílias: Anacardiaceae, Araliaceae, Araucariaceae, Arecaceae, Asparagaceae, Canellaceae, Cardiopteridaceae, Clethraceae, Elaocarpaceae, Erythroxylaceae, Loganiaceae, Lythraceae, Malvaceae, Picramniaceae, Proteaceae, Quillajaceae, Rosaceae, Simaroubaceae, Styracaceae e Theaceae.

Dentre os 84 gêneros observados durante todo o período de monitoramento do fragmento, o gênero *Ocotea* foi o mais representativo em termos de florística, abrangendo 7 espécies. Os gêneros *Casearia, Eugenia, Ilex e Myrcia* foram representados por 4 espécies cada; *Cinnamomum, Myrciaria, Myrsine, Solanum e Symplocos*, 3 espécies cada; *Allophylus, Annona, Campomanesia, Cedrela, Chrysophyllum, Drimys, Maytenus, Nectandra, Piptocarpha, Vernonanthura e Zanthoxylum*, 2 espécies cada. Os demais gêneros (63) apresentaram uma única espécie.

No ano de 2002 foram encontradas 55 espécies que apresentaram densidade inferior a 1 indivíduo/ha e, por esse motivo, foram consideradas como raras no ambiente (KAGEYAMA e GANDARA, 1994). No ano de 2011, o número de espécies raras aumentou para 63. Nesse sentido, Ebling (2012) faz duas importantes considerações: a primeira refere-se à classificação das espécies raras, as quais, em sua maioria, são classificadas como pioneiras ou secundárias iniciais, representadas por gêneros como *Solanum*, *Myrsine*, *Clethra*, *Zanthoxylum*, entre outros, que se caracterizam por serem espécies oportunistas exigentes de luz, permanecendo presentes no banco de sementes do solo e sub-bosque, entre a transição do ambiente heliófilo em ombrófilo, encerrando o ciclo de vida dessas espécies. A segunda consideração diz respeito à região de ocorrência dessas espécies que, em alguns casos, determina sua menor densidade em locais que não apresentam condições ótimas para seu desenvolvimento.

Avaliando-se a dinâmica em relação à porcentagem de espécies, em seus respectivos grupos ecológicos nos anos de 2002 e 2011, observam-se pequenas alterações na frequência, como o aumento de 0,12% das espécies pioneiras, 1,01% das secundárias iniciais e 0,89% das espécies climácicas. Em contrapartida, as espécies pertencentes ao grupo das secundárias tardias apresentaram uma redução de 2,02% (Figura 8).

Em relação à porcentagem de indivíduos em seus respectivos grupos ecológicos nos anos de 2002 e 2011, observou-se o aumento de 0,43% das espécies pioneiras, 0,93% das secundárias tardias e 1,27% das espécies climácicas. Entretanto, as espécies pertencentes ao grupo das secundárias iniciais apresentaram uma redução de 2,63% (Figura 9).

De modo geral, a floresta se caracterizou pela presença do grupo ecológico secundário inicial, apresentando média de indivíduos, entre os anos de 2002 a 2011, igual a 49,6% do total, seguido pelo grupo das espécies secundárias tardias (23,6%), pioneiras (21,2%) e climácicas (6,6%).

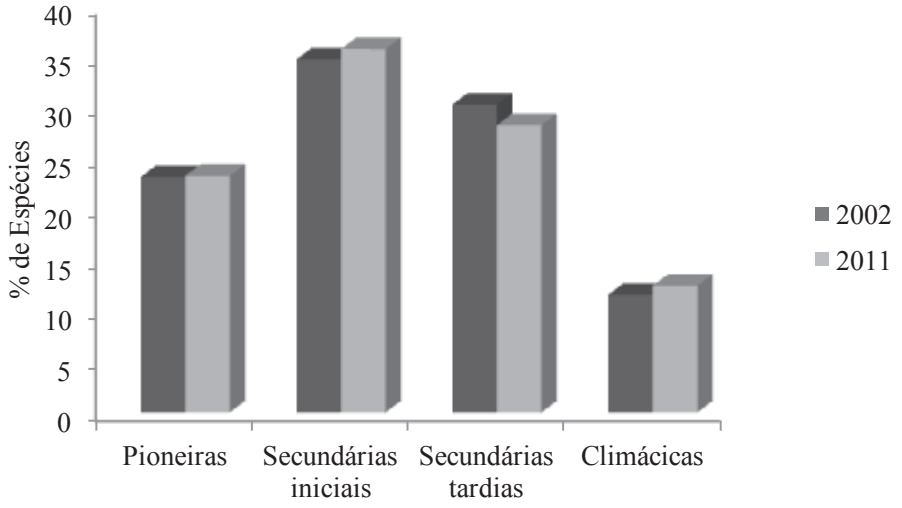


Figura 8. Frequência do número de espécies por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

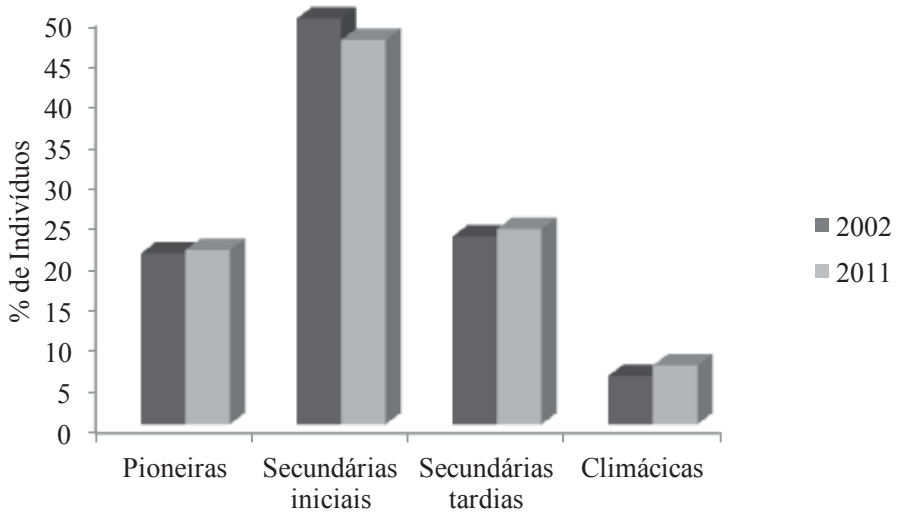


Figura 9. Frequência do número de indivíduos por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

As espécies com maior densidade dentro de cada grupo foram: *Araucaria angustifolia*, com 30,89% do total de indivíduos do grupo das pioneiras; *Ilex paraguariensis*, totalizando 20,56% no grupo das secundárias iniciais; *Ocotea odorifera*, com 37,06% do grupo das secundárias tardias e *Ocotea porosa*, com 45,71% no grupo das espécies climácicas.

A análise da dominância relativa dos grupos ecológicos indicou que a área transversal de cada grupo não manteve a tendência quanto à percentagem do número total de indivíduos por grupo. Sendo assim, as espécies pioneiras, devido, principalmente à dominância da *Araucaria angustifolia* e a elevada taxa de ingresso da *Coussarea contracta*, apresentaram valores superiores aos demais grupos, correspondendo no ano de 2002 a 36,8% da área basal total, ampliando esse valor para 37,9% no ano de 2011 (Figura 10). O grupo das espécies climácicas apresentou um aumento de 0,90% (9,79% em 2002 e 10,69% em 2011). Em contrapartida o grupo das espécies secundárias iniciais, devido principalmente a alta taxa de mortalidade das espécies *Ilex paraguariensis*, *Myrsine umbellata* e *Casearia decandra,* apresentou uma redução na área basal de 2,09% (34,71% em 2002 e 32,62% em 2011. Não foi constatada nenhuma alteração significativa no grupo formado pelas espécies secundárias tardias.

As espécies que apresentaram área basal mais expressiva em cada grupo foram: *Araucaria angustifolia*, com 70,1% da área basal total do grupo das pioneiras; *Nectandra grandiflora*, totalizando 18,1% no grupo das secundárias iniciais; *Ocotea odorifera*, com 29,1% no grupo das secundárias tardias e *Ocotea porosa*, com 87,0% no grupo das espécies climácicas.

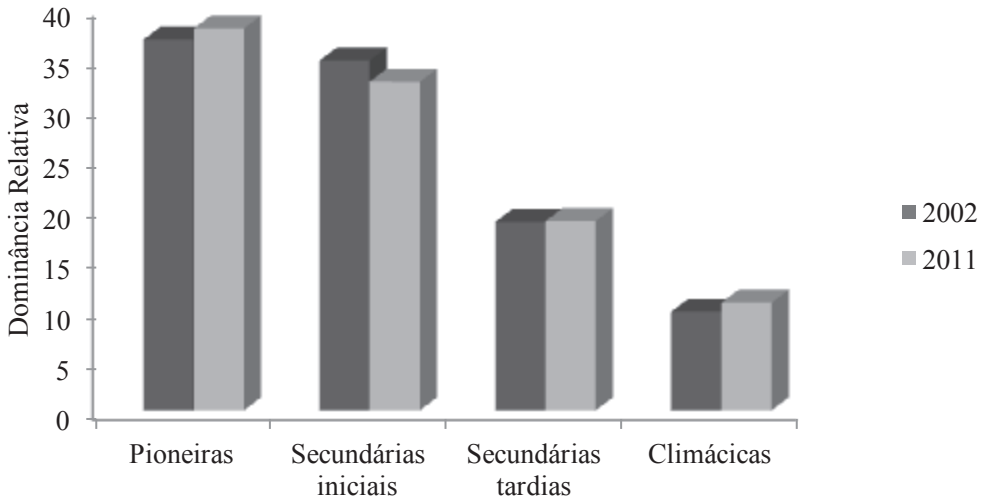


Figura 10. Dominância Relativa por grupo ecológico nos anos de 2002 e 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

2.4.2 Alteração na estrutura horizontal

A estrutura horizontal permite uma análise detalhada do componente arbóreo do fragmento, sendo possível atribuir valores de importância entre as espécies, bem como, demais parâmetros que constituem uma valiosa fonte de informações para estabelecer comparações entre os anos analisados.

De acordo com os dados referentes às dez famílias com maior Valor de Importância, entre os anos de 2002 a 2011 (Tabela 5), observa-se que as Lauraceaes mantiveram o maior valor de importância entre as famílias, apresentando densidade e dominância relativas amplamente superiores as demais famílias. A família Araucariaceae, embora tenha apresentado uma densidade de indivíduos inferior em relação à família Aquifoliaceae, manteve-se em segundo lugar de importância ao longo do período de avaliação devido, principalmente, à sua dominância relativa.

Tabela 5. Análise estrutural das dez principais famílias botânicas entre os anos de 2002 a 2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Família	FR		DR		DoR		VI	
	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Lauraceae	9,42	9,80	26,77	26,99	32,11	32,52	22,77	23,10
Araucariaceae	7,54	7,86	7,25	7,55	24,65	26,56	13,15	13,99
Aquifoliaceae	8,87	8,93	12,89	11,44	6,70	5,91	9,48	8,76
Salicaceae	7,86	8,38	9,54	9,83	4,27	4,47	7,22	7,56
Myrtaceae	7,64	8,51	7,70	9,58	3,32	3,93	6,22	7,34
Sapindaceae	5,34	5,57	4,72	4,85	4,91	4,62	4,99	5,01
Meliaceae	5,31	5,35	2,76	2,78	4,71	5,12	4,26	4,42
Myrsinaceae	5,63	4,80	4,06	3,06	1,78	1,29	3,82	3,05
Rubiaceae	5,23	6,40	4,35	5,87	1,54	2,07	3,71	4,78
Fabaceae	5,34	5,29	3,13	3,05	2,38	2,12	3,62	3,49

FR = Frequência Relativa (%); DR = Densidade Relativa (%); DoR = Dominância Relativa (%); VI = Valor de Importância (0 - 100%).

Ao longo do período de avaliação, ocorreram alterações na ordem de importância de algumas famílias. A família Rubiaceae que se encontrava na 9ª posição de importância no ano de 2002, apresentou um aumento na frequência, densidade e dominância relativas, ocupando assim, a 7ª posição de importância no ano de 2011. Com isso, a família Meliaceae, mesmo não apresentando redução de seus parâmetros fitossociológicos, foi rebaixada para a 8ª posição de importância. Observou-se uma redução da frequência, densidade e dominância relativas na família Myrsinaceae, o que resultou no rebaixamento dessa família da 8ª posição de importância no ano de 2002

para a 10ª posição no ano de 2011, colocando, dessa forma, a família Fabaceae na 9ª posição, apesar dessa família ter apresentado uma redução dos seus parâmetros fitossociológicos. As demais famílias botânicas mantiveram sua ordem de importância ao longo do período de monitoramento do fragmento.

A estrutura horizontal das espécies arbóreas referente aos anos de 2002 e 2011 é apresentada na Tabela 6. De modo a reduzir o banco de informações são apresentadas apenas as espécies com Valor de Importância superior a 1% no ano de 2011, sendo que a estrutura horizontal de todas as espécies encontra-se nos Anexos 1 e 2. Estas espécies estão descritas em ordem decrescente com base no Valor de Importância.

A *Araucaria angustifolia* foi a espécie mais importante em todos os anos monitorados, seguida por *Ilex paraguariensis, Ocotea odorifera, Nectandra grandiflora e Ocotea porosa.* Destaca-se a importância da *A. angustifolia* em relação à área basal do fragmento, sendo a espécie responsável por 24,6 e 26,6% de toda a área basal da floresta nos anos de 2002 e 2011, respectivamente. Nesse sentido, a importância da espécie ocorre, principalmente, pelo crescimento dos indivíduos já estabelecidos no local e não pelo ingresso de novos indivíduos.

De modo geral, as espécies sofreram poucas alterações em seus valores de importância nos nove anos estudados, mesmo sendo observada uma redução desse parâmetro em algumas espécies, tais como: *Ilex paraguariensis, Nectandra grandiflora, Casearia decandra, Ocotea puberula, Matayba elaeagnoides, Myrsine umbellata,* entre outras.

Araucaria angustifolia, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea odorifera*, *Nectandra grandiflora*, *Ocotea porosa*, *Casearia decandra*, *Cedrela fissilis*, *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula* mantiveram os maiores valores de importância anuais que somados correspondem a 51,36% do valor encontrado para toda a floresta, consideradas por esse motivo como as mais importantes da área.

A proximidade dos valores de importância atribuída a cada espécie propiciou alterações no ordenamento das mesmas, entre os anos analisados. No entanto, a *Coussarea contracta* foi a espécie que apresentou maior plasticidade na estrutura horizontal da floresta, pois no ano de 2002, apresentava o 14º maior valor de importância (2,40%), ao passo que em 2011 apresentou o 10º maior valor. Dessa forma, atribui-se a esse comportamento a maior valoração dessa espécie em relação às demais, devido seu incremento em área basal de 0,26 m²/ha (ano de 2002) para 0,38 m²/ha (2011) e, principalmente, a sua densidade absoluta, que passou de 19,88 indivíduos/ha

(2002) para 26,16 indivíduos/ha (2011), sendo esta a espécie que apresentou o maior número de indivíduos ingressos.

Tabela 6. Estrutura horizontal referente aos anos de 2002 e 2011 das espécies com maior Valor de Importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	FR		DR		DoR		VI	
	2002	**2011**	**2002**	**2011**	**2002**	**2011**	**2002**	**2011**
Araucaria angustifolia	5,22	5,27	7,25	7,55	24,65	26,56	12,37	13,12
Ilex paraguariensis	5,93	5,73	10,37	9,29	5,60	5,01	7,30	6,68
Ocotea odorifera	3,83	4,05	8,95	9,43	5,21	5,47	6,00	6,31
Nectandra grandiflora	4,68	4,54	6,49	6,00	6,31	5,91	5,83	5,49
Ocotea porosa	2,92	2,92	3,33	3,39	8,71	9,30	4,99	5,20
Casearia decandra	4,77	4,59	6,10	5,58	2,63	2,49	4,50	4,22
Cedrela fissilis	3,58	3,48	2,66	2,65	4,60	4,99	3,61	3,71
Nectandra megapotamica	3,58	3,67	2,95	3,14	3,26	3,27	3,26	3,36
Ocotea puberula	2,99	2,81	2,40	2,26	4,95	4,74	3,45	3,27
Coussarea contracta	2,87	3,57	3,42	4,66	0,92	1,25	2,40	3,16
Syagrus romanzoffiana	3,24	3,27	3,10	3,22	2,56	2,51	2,96	3,00
Matayba elaeagnoides	2,90	2,69	3,11	2,67	4,13	3,64	3,38	3,00
Myrsine umbellata	3,88	3,15	4,01	2,98	1,75	1,25	3,21	2,46
Ocotea diospyrifolia	2,23	2,25	1,59	1,62	2,47	2,63	2,10	2,17
Cinnamodendron dinisii	2,54	2,30	2,47	2,13	2,36	2,02	2,46	2,15
Casearia sylvestris	1,94	2,33	2,11	2,57	0,90	1,11	1,65	2,00
Prunus myrtifolia	3,00	2,50	2,27	1,83	1,34	0,89	2,21	1,74
Ilex theezans	2,71	2,41	2,18	1,88	0,93	0,76	1,94	1,68
Myrcia hebepetala	1,99	2,33	1,64	2,10	0,47	0,61	1,37	1,68
Dalbergia brasiliensis	2,40	2,25	1,69	1,59	0,95	0,87	1,68	1,57
Myrciaria floribunda	1,55	2,13	1,08	1,70	0,34	0,46	0,99	1,43
Campomanesia xanthocarpa	1,63	1,73	1,05	1,15	1,05	1,18	1,24	1,35
Eugenia involucrata	1,59	2,04	0,99	1,45	0,42	0,56	1,00	1,35
Myrcia splendens	1,78	1,63	1,53	1,42	0,49	0,42	1,27	1,15
Psychotria vellosiana	1,32	1,59	0,89	1,06	0,60	0,79	0,94	1,15
Allophylus edulis	1,22	1,57	0,84	1,13	0,28	0,35	0,78	1,02
Subtotal 1	**76,30**	**76,79**	**84,49**	**84,47**	**87,87**	**89,05**	**82,89**	**83,44**
Subtotal 2	**23,70**	**23,21**	**15,51**	**15,53**	**12,13**	**10,95**	**17,11**	**16,56**
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

FR = Frequência Relativa (%); DR = Densidade Relativa (%); DoR = Dominância Relativa (%); VI = Valor de Importância (0 – 100%); Subtotal 1 = corresponde as espécies com VI maior que 1% em 2011; Subtotal 2 = corresponde as espécies com VI menor que 1% em 2011.

Nectandra megapotamica também apresentou elevada plasticidade na floresta, passando do décimo maior valor de importância em 2002 (3,26%) para o oitavo maior

valor em 2011 (3,36%). Todavia, a espécie apresentou pouca variação na área basal, de 0,93 m²/ha (no ano de 2002) a 1,00 m²/ha (no ano de 2011), e na densidade, de 17,16 indivíduos/ha (ano de 2000) para 17,60 indivíduos/ha (2011). Sendo assim, o aumento da importância da espécie, ocorreu, principalmente, pela redução da densidade e dominância relativas das espécies *Ocotea puberula* e *Matayba elaeagnoides,* que ocupavam a 8ª e 9ª posições de importância no ano de 2002, e foram rebaixadas para a 9ª e 12ª posição de importância, respectivamente, no ano de 2011.

Outra espécie que seguiu a mesma tendência foi a *Casearia sylvestris*, que passou do 19º maior valor de importância (1,65% em 2002), para o 16º em 2011 (2,00%). A espécie apresentou um aumento em área basal de 0,26 m²/ha (2002) para 0,34 m²/ha (2011), além de um aumento da densidade de 12,28 indivíduos/ha (2002) para 14,44 indivíduos/ha (2011).

Espécies como *Matayba elaeagnoides, Myrsine umbellata* e *Cinnamodendron dinisii* apresentaram desvaloração de sua importância no período avaliado, cedendo sua "representatividade" na floresta para espécies emergentes. Essas espécies apresentaram ao longo do período de monitoramento do fragmento, gradativa perda de densidade, dominância e frequência, onde a *M. elaeagnoides* passou do 9º maior valor de importância em 2002, para o 12º em 2011. A espécie *M. umbellata*, no ano de 2002 apresentava o 11º maior valor de importância, em 2011 decresceu 2 posições, com redução de 28,17% em sua densidade absoluta. Embora a migração de uma ou duas posições no ordenamento dos valores de importância de uma determinada espécie aparente ser insignificante na análise da estrutura horizontal, para espécies com elevada representatividade na floresta, podem indicar alterações significativas em sua estrutura.

2.5 CONCLUSÕES

- A floresta apresentou elevada riqueza de espécies ao longo do período de monitoramento e pequenas alterações em relação a sua composição florística;
- O número de indivíduos diminuiu durante o período de avaliação, ao passo que o número de gêneros e espécies aumentou;
- Myrtaceae é a família botânica de maior importância, apresentando o maior número de espécies dentre todas as famílias encontradas no fragmento;

- *Araucaria angustifolia, Ilex paraguariensis, Ocotea odorifera, Nectandra grandiflora, Ocotea porosa, Casearia decandra, Cedrela fissilis, Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula* foram as espécies mais importantes do fragmento, cujos valores de importância somados correspondem a 51,36% do valor total encontrado para toda a floresta;
- A floresta mostra predomínio de espécies secundárias iniciais, seguidas pelas espécies secundárias tardias, pioneiras e em menor número, as espécies climácicas;
- As espécies raras representam cerca de 50% de todas as espécies existentes e aumentaram no período 3,8%;
- Apresentaram maior variação, ao longo do período de avaliação, em relação à sua importância na floresta as espécies: *Coussarea contracta, Nectandra megapotamica, Casearia sylvestris, Matayba elaeagnoides, Myrsine umbellata* e *Cinnamodendron dinisii*, nas quais, observou-se expressiva variação de seus parâmetros fitossociológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APG III - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.161, p.105-121, 2009.

BARTH FILHO, N. F. **Delineamentos de um sistema de monitoramento de crescimento e produção em campo para florestas naturais: aplicação na floresta com araucária**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Estrutura fitossociológica da comunidade arbórea de uma topossequência pouco alterada de uma floresta atlântica, no município de Silva Jardim – RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, p. 131-140, 2001.

BUDOWSKI, G. N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, Costa Rica, v.15, n.2, p.40-52, 1965.

BUDOWSKI, G. N. Los bosques de los tropicos humedos de America. **Turrialba**, Costa Rica, v.16, n.3, p.278-285, 1966.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Brasília: Embrapa Floresta, 2003. 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 2. Brasília: Embrapa Floresta. 2006. 627 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 3. Brasília: Embrapa Floresta, 2008. 593 p.

COUTO, H. T. Z. do. **Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas**. Piracicaba, SP: ESALQ/FAPESP, 2005. 108 p.

DURIGAN, G. Métodos em análise de vegetação arbórea. In: CULLEN, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PAUDUA, C. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre.** Curitiba, PR: IPÊ/Fundação Boticário/UFPR, 2003. p. 455-479.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR.** 1999. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

EBLING, A. A. **Dinâmica e projeção diamétrica em remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS.** 2012. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Ed. UNB, 2003. 68 p.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.

GALVÃO, F.A. **Vegetação natural do estado do Paraná** - Métodos de levantamento fitossociológico. In: IPARDES. Publicação do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba: IPARDES, 1994, p. 25-37.

GOLDSMITH, F. B.; HARRISON, C. M. Description and analysis of vegetation. In: CHAPMAN, S.B. (Ed.) **Methods in plant ecology**. London: Blackwell Scientific Publications, 1976. p. 85-155.

GOMES, J. F. **Classificação e crescimento de grupos ecológicos na Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2005. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

GROMBONE, M. T. et al. Estrutura fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do Parque Nacional da Grota Funda (Atibaia - Estado de São Paulo). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, SP, v. 4, p. 47-64, 1990.

HERRERA, H. A. R. et al. Análise Florística e Fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI, Caçador, SC – Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba. v.39, n.3, p.485-500, ago./set. 2009.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação. **Aciesp**, São Paulo, v.2, p.1-9, 1994.

KILKA, R. V. **Alguns aspectos florísticos e estruturais de uma floresta de galeria no sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. 2002. 74 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

KLEIN, R.M. Importância sociológica das mirtáceas nas florestas riograndenses. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 24., 1984, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 1984. p.367-375.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos:** ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de** *Araucaria angustifolia* **(Bert.) Ktze, no sul do Brasil.** 1980. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica em comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo-RS**. 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

LONGHI. S. J. et al. Padrões de distribuição espacial de espécies florestais em fragmento de mata ciliar, São Pedro do Sul, RS, Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7, 2000, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, 2001.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. 2 ed. São Paulo: Nova Odessa, 2002. 382 p.

MARTIN, G. J. **Ethnobotany:** a methods manual. Conservation series. Unite Kingdom: Earthscan, 2004. 268 p.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma Floresta Mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246 p.

MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estúdio de la vegetación**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos - Programa Regional de Desarrolo Científico y Tecnológico, 1982. (n.23.).

MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com história de usos diferentes no nordeste do Pará-Brasil**. 2004. 134 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 2006. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR**: 1995 a 1998. 1999. 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de** *Araucaria angustifolia* **de 60 anos.** 2008. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SAWCZUK, A. R. **Alteração na florística e estrutura horizontal de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná**. 2009. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, Irati, PR.

SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** 2001. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SOUZA, A. L. **Manejo de florestas inequiâneas**. Viçosa – MG: UFV, 1997. 122 p.

STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimentação**. 2008. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, Irati, PR.

VACCARO, S. **Crescimento de uma floresta estacional decidual, em três estágios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS, Brasil**. 2002. 157 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

3 DINÂMICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA LOCALIZADO NA FLONA DE IRATI, PARANÁ

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os processos que regem a dinâmica florestal em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado na Floresta Nacional de Irati, Paraná. Para tal, foram descritos o crescimento, recrutamento e mortalidade em nível de família botânica, espécie e grupo ecológico, com base em dados oriundos de Inventário Florestal Contínuo realizado ao longo de nove anos. Foram utilizados dados provenientes de 25 parcelas permanentes de um hectare cada (100 m x 100 m). Todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito maior ou igual a 10 cm (DAP≥10 cm) foram devidamente identificados e mensurados nos anos de 2002, 2005, 2008 e 2011. O incremento foi avaliado com base no crescimento em diâmetro e área basal das árvores medidas nas quatro ocasiões. Foi considerado como recrutamento todas as árvores que atingiram DAP maior ou igual a 10 cm em uma dada remedição. A mortalidade foi obtida pela contagem das árvores que morreram durante os períodos avaliados. A floresta apresentou um incremento diamétrico médio de 0,23 cm/ano, sendo os maiores incrementos observados para as espécies *Araucaria angustifolia* (0,42 cm/ano), *Ocotea porosa* (0,38 cm/ano) e *Cedrela fissilis* (0,35 cm/ano). O incremento em área basal da floresta foi de 0,21 m²/ha/ano. Em termos percentuais o incremento em área basal no período considerado foi de 6,62%, o que corresponde a um acréscimo anual de 0,74%. Nesse sentido, destaca-se a *A. angustifolia* que apresentou um incremento de 0,12 m²/ha/ano. A taxa de mortalidade média da floresta foi superior à taxa de ingresso (1,69% e 1,31%, respectivamente), sendo que as espécies *Coussarea contracta* e *Ilex paraguariensis* foram responsáveis pelo maior número de indivíduos ingressos e egressos, respectivamente. A família Myrtaceae foi a mais representativa em termos de indivíduos ingressos (22,3% do total), enquanto que a Aquifoliaceae foi a mais representativa em relação à mortalidade (18,9% do total). Os indivíduos pertencentes ao grupo das secundárias iniciais foram aqueles que mais ingressaram e também morreram no período com taxas anuais de 1,04 e 1,98%, respectivamente. A maior mortalidade em relação ao recrutamento não afetou o crescimento líquido da área basal média por hectare, caracterizando o avanço sucessional da floresta, que assume cada vez mais as características de sua configuração primária e evolui para atingir seu estoque completo.

Palavras-chave: Floresta com Araucária, Incremento, Ingresso, Mortalidade.

3 DYNAMICS ON AN ARAUCARIA FOREST FRAGMENT LOCATED ON THE IRATI NATIONAL FOREST, PARANÁ

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the dynamics processes of the forest in an Araucaria Forest fragment, located in the Irati National Forest (FLONA), Paraná. Growth, recruitment and mortality were described for the botanical families, species and ecological group, based on data from a continuous forest inventory with nine years of records. Data from 25 permanent sample plots of 1 ha in size each were used. All the individuals with diameter at breast height equal or larger than 10 cm (DBH ≥10 cm) were identified and measured in the years 2002, 2005, 2008 and 2011. The increment was evaluated based on the diametric and basal area growth, measured on the four occasions. Recruitments were considered those trees which reached the DBH ≥10 in any measurements. Mortality was obtained counting those trees which died during the evaluated period. The forest presented a mean diametric increment of 0.23 cm/year and the higher increments were observed for *Araucaria angustifolia* (0.42 cm/year), *Ocotea porosa* (0.38 cm/year) and *Cedrela fissilis* (0.35 cm/year). The mean basal area increment was of 0.21 m²/ha/year. In percentage, the basal area increment along the evaluated period was of 6.62%, representing an annual increasing of 0.74%. *Araucaria angustifolia* was the species which more contributed with the basal area increment, presenting an increment of 0.12 m²/ha/year. The mean mortality rate of the forest was greater than the mean recruitment rate (1.69% and 1.31%, respectively). The species *Coussarea contracta* and *Ilex paraguariensis* were responsible for the higher number of ingress and egress individuals, respectively. Myrtaceae family was the most representative considering the ingresses (22.3% of the total), whereas Aquifoliaceae was the most representative family regarding to the mortality (18.9% of the total). The early secondary species were the ones which presented the higher number of recruitments and mortality as well, with rates of 1.04% and 1.98%, respectively. The greatest mortality regarding to recruitment did not affect the mean net growth in basal area per hectare, characterizing the successional advancing of the forest, assuming by the time the features of its primary configuration, and evolving to reach its full stocked.

Keywords: Araucaria Forest, Increment, Mortality, Recruitment.

3.1 INTRODUÇÃO

Os processos que regem a dinâmica de uma floresta são conhecidos como crescimento, ingresso e mortalidade, e têm grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequadas para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado (MENDONÇA, 2003).

A dinâmica das florestas naturais depende, sobretudo, dos fatores ecológicos que contribuem durante o seu desenvolvimento, tais como a sucessão, a competição, a exposição, o sítio natural e a luminosidade. Esses fatores influem diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento de todas as árvores que compõem o povoamento. O conhecimento das interações desses fatores, na dinâmica da floresta, facilita a interpretação sobre como se desenvolveu a vegetação através do tempo (MOSCOVICH, 2006).

O estudo da dinâmica florestal constitui-se como o principal parâmetro que pode ser utilizado na predição do desenvolvimento de uma floresta natural. Essa estimativa é realizada, principalmente, por meio de inventário florestal contínuo com parcelas permanentes monitoradas a médio e longo prazo. Assim, o estudo da dinâmica pode possibilitar o entendimento do crescimento e dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças, na composição e estrutura, em nível de espécie e para a floresta como um todo.

Dentre os conhecimentos necessários na determinação da dinâmica de crescimento das espécies, pode-se destacar a necessidade de conhecer suas quantidades, dimensões e distribuição, o comportamento através do tempo e a suas necessidades quanto às condições de solo e de luminosidade. O estudo do comportamento das espécies como um todo fornece a base científica necessária para uma prática racional e sustentável da silvicultura.

Sendo assim, é necessário conhecer as características estruturais de uma floresta para que seu aproveitamento ordenado seja assegurado. O desconhecimento da dinâmica da floresta pode levar ao seu uso indevido, colocando em risco sua sustentabilidade.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o incremento, a mortalidade e o ingresso com dados de parcelas permanentes monitoradas ao longo de nove anos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista existente na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná.

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

3.2.1. Dinâmica da floresta

A dinâmica de uma comunidade vegetal está relacionada com a sua fisiologia, sua estrutura e o funcionamento desta, envolvendo diversas etapas de organização como: sucessão, mortalidade, ingresso, crescimento e regeneração, além das inúmeras relações bióticas entre as diferentes populações. Portanto, a sucessão natural das espécies constitui-se numa sequência de mudanças estruturais e florísticas após um distúrbio no ambiente da floresta relacionado com o tamanho do distúrbio ou clareira, o que permite a entrada de luz até o solo, ao banco de sementes e ao potencial vegetativo das espécies (CARVALHO, 1997).

Ainda de acordo com Carvalho (1997), a formação de clareiras é o início da dinâmica de uma floresta, provocando mudanças nas características edafoclimáticas, desencadeando o processo de sucessão vegetal. A clareira é definida, por muitos autores, como uma abertura no dossel da floresta ocasionada pela queda de uma ou mais árvores, ou de parte de suas copas. Em cada caso, formam-se clareiras de tamanhos diferentes e dessa forma, a dinâmica da floresta, relacionada à sucessão vegetal, ocorre de forma diferenciada em relação ao processo de formação das clareiras.

Segundo Whitmore (1989), as clareiras abertas no dossel das florestas, podem ter mais importância na determinação de sua composição florística do que a competição entre indivíduos por nutrientes e luz, o que define uma floresta madura como um mosaico de fases estruturais que mudam com o tempo, resultando no processo dinâmico da floresta.

O ingresso, o crescimento e a mortalidade são o resultado final do processo da dinâmica na formação dos povoamentos multiâneos. Segundo Barros (1980), o contínuo aparecimento de indivíduos no estrato inferior da floresta que limita o espaço de crescimento das árvores novas, em consequência do aumento da densidade, propicia a

eliminação de elementos menos capazes de competir. A morte de árvores grandes do estrato superior promove a abertura de clareiras, esse espaço é ocupado pelas árvores que se encontram no estrato imediato inferior que, por sua vez, proporcionam o estabelecimento de novos indivíduos, provocando uma distribuição de idades heterogêneas dos indivíduos que conformam a floresta. Esse processo dinâmico da população será garantido pela composição das espécies, partindo das pioneiras para aquelas que são capazes de reproduzirem-se satisfatoriamente à sombra.

Os processos da dinâmica florestal são responsáveis tanto pela mudança da comunidade bem como pela modificação do espaço, e tais processos se manifestam pela extinção e imigração local de populações, assim como flutuações na abundância relativa de populações dentro da comunidade (MOSCOVICH, 2006).

Para Vanclay (1994), o estudo da dinâmica implica analisar o crescimento e as mudanças na composição e na estrutura de uma floresta. O crescimento individual das árvores geralmente é avaliado, entre outras variáveis, sobretudo pelo incremento diamétrico ou em área basal, sendo essas as principais variáveis para a elaboração de modelos que predizem o crescimento individual das árvores.

Para Ferreira (1997), os parâmetros de crescimento, ingresso e mortalidade, estão entre os poucos que podem ser utilizados na predição do desenvolvimento de uma floresta natural. As estimativas desses parâmetros são obtidas, principalmente, por meio de inventário florestal contínuo com parcelas permanentes monitoradas a médio e longo prazo. Assim, o estudo da dinâmica pode possibilitar o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças, em níveis de espécies e para a floresta como um todo.

3.2.2 Crescimento

Nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies apresentando as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou, ainda, em áreas sujeitas a regime de manejo (SCOLFORO et al., 1996).

O conhecimento da produção e das taxas de crescimento de uma floresta é um aspecto de fundamental importância para o manejo florestal. Dessa forma, o estudo do crescimento e da produção presente e futura é essencial para a administração florestal.

O crescimento de uma floresta é a mudança em um atributo ou uma característica, dentro de um período estabelecido. Logo, crescimento é o conceito biológico da taxa de produção, e produção é a colheita ou exploração com base nessa taxa, em um determinado período. Assim, a produção máxima que uma floresta pode atingir é o crescimento acumulado em um determinado período, e é a máxima produção que pode ser removida perpetuamente por períodos semelhantes (DAVIS e JOHNSON, 1986).

De acordo com Husch et al. (1982), o crescimento das árvores consiste no alongamento e engrossamento das raízes, do fuste e dos galhos. Spurr (1952) definiu crescimento como a soma dos incrementos num dado período de tempo.

De acordo com Vanclay (1994) e Prodan et al. (1997), entende-se por crescimento o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta em um determinado período de tempo. Tais dimensões podem ser o diâmetro, a altura, o volume, a biomassa, a área basal, etc. Já a produção refere-se às dimensões finais ao término de determinado período. Portanto, a produção é o crescimento acumulado enquanto o crescimento é a taxa de produção.

Segundo Gauto (1997), o crescimento está caracterizado pela atividade das árvores vivas, mas a somatória dos crescimentos individuais não reflete o crescimento do povoamento como um todo, pelo fato de que existem árvores que morrem, que são cortadas e árvores que ingressam nas classes diamétricas inferiores durante o período de tempo considerado.

Existe variação de crescimento entre espécies, assim como pode haver variação dentro de uma mesma espécie e entre indivíduos por causa das diferenças que existem entre tamanhos e grau de iluminação do dossel e a influência dos fatores genéticos. Os tratamentos silviculturais podem diminuir ou até, em alguns casos, eliminar a diferença do crescimento entre indivíduos de uma mesma espécie e seu padrão de crescimento (CARVALHO, 1997).

Segundo Husch et al. (1982), o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente. Para Prodan et al. (1997), as influências ambientais incluem fatores climáticos (temperatura, vento, precipitação e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microrganismos), características topográficas (inclinação, elevação e aspecto) e competição (influência de outras árvores, sub-bosque e animais), sendo que a soma destes fatores exprime o conceito de qualidade de sítio.

Para Schneider (1993), os principais fatores que influem no crescimento de uma árvore são: luz, conteúdo de clorofila, concentração de CO_2, temperatura, água e nutrientes, fatores esses dependentes da adaptação genética da espécie e da competição.

Baker (1950) assinalou três características das quais depende o crescimento: quantidade de fotossíntese disponível; padrão de distribuição dos fotoassimilados e taxa de transformação dos produtos armazenados. A quantidade de fotossíntese disponível depende de diversos fatores, como: superfície foliar, eficiência foliar para a respiração, fatores do sítio-umidade e elementos nutritivos, além de energia solar. A distribuição e transformação dos fotoassimilados estão ligados ao caráter inerente à árvore, aos fatores genéticos e a fatores externos, como densidade do povoamento e exposição ao vento.

Oliver e Larson (1996) apresentaram o conceito de espaço de crescimento, que expressa a capacidade das plantas crescerem até que um fator necessário ao crescimento se torne limitante. A quantidade de espaço de crescimento varia no espaço e no tempo. A luz, a água, os nutrientes, a temperatura, o oxigênio e o gás carbônico são os fatores que poderiam limitar o espaço de crescimento.

3.2.3 Ingresso ou Recrutamento

Segundo Carvalho (1997), o recrutamento é a admissão de um indivíduo em uma determinada população. O recrutamento de plântulas pode ser confundido com o nascimento ou germinação. Muitas vezes, o recrutamento também é chamado ingresso. O ingresso pode ser definido como o processo pelo qual árvores pequenas aparecem na floresta, por exemplo, em uma parcela permanente, depois de sua primeira medição.

De acordo com Alder e Synnott (1992), ingresso é o processo pela qual as árvores "aparecem" nas classes diamétricas mensuráveis por crescerem acima do diâmetro mínimo considerado. O ingresso está diretamente ligado à regeneração, mas não são sinônimos, pois a regeneração é o processo, pelo qual, novas árvores são adicionadas à população pela germinação das sementes. Os mesmos autores citaram que adicionalmente ao fato da palavra regeneração definir um processo, pode-se também usá-la para se referir às árvores com diâmetro menor que o limite de medição.

De forma similar, Vanclay (1994) relatou que o recrutamento refere-se aos indivíduos que atingem um limite de tamanho pré-determinado, distinguindo-se da regeneração, que pode ser definida como o desenvolvimento de árvores já estabelecidas por meio de sementes ou plântulas.

Scolforo et al. (1998) consideraram como ingresso ou recrutamento todas as árvores que no segundo período de medição entram no processo de avaliação.

O estudo do ingresso em florestas tropicais úmidas tem grande importância do ponto de vista silvicultural, assim como sua qualidade e quantidade determinam com que sucesso a floresta está sendo "alimentada" com plântulas e pequenas árvores de espécies comerciais. Para a produção da floresta ser sustentável, é necessário que uma considerável quantia de regeneração de espécies comerciais entre na floresta e que um número mínimo dessas árvores sobreviva e cresça até o tamanho de abate a cada ciclo de corte (SILVA, 1989).

De acordo com o mesmo autor, a quantidade de ingresso varia com a composição de espécies e com o grau de distúrbio do dossel. Pequenas perturbações, tais como aquelas resultantes da queda de uma árvore ou galho, não conduzem ao aparecimento de uma enorme quantidade de novos ingressos. Se a clareira for de tamanho pequeno, o ingresso não é abundante, porque, normalmente, espécies de crescimento lento e tolerante à sombra ocupam a clareira. Inversamente, grandes perturbações, como aquelas provocadas por exploração, geralmente resultam em germinação e crescimento de um grande número de mudas de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo se desenvolvem até o tamanho mínimo de medição.

3.2.4 Mortalidade

A mortalidade refere-se ao número de árvores que foram medidas inicialmente, que não foram utilizadas, e que morreram durante o período de crescimento considerado. A mortalidade pode ser causada por diversos fatores, entre os quais: idade ou senilidade, competição, enfermidades ou pragas, condições climáticas adversas, fogos naturais, anelamento, envenenamento e corte da árvore (SANQUETTA, 1996).

Nas florestas naturais as árvores morrem continuamente. Esse fato comprova-se pela típica distribuição diamétrica em J-invertido apresentada pelas florestas, que mostra que apenas uma pequena fração da regeneração (0-10 cm de DAP) sobreviverá até atingir dimensões comerciais. Em parcelas permanentes, a mortalidade é considerada pelo cômputo das árvores que morreram (ALDER e SYNNOTT, 1992).

A mortalidade pode ser causada por muitos fatores, como ataque de patógenos, parasitas e herbívoros, tempestades, danos causados por fortes chuvas, principalmente em árvores emergentes, exploração florestal, durante a operação e principalmente nos

primeiros cinco anos seguintes, e morte por idade avançada, considerando que todo ser vivo tem um período de vida finito (CARVALHO, 1999).

Segundo Oliver e Larson (1996), a mortalidade ocorre por supressão, quando a floresta está se diferenciando, por insetos e doenças, quando a árvore está enfraquecida, e por tombamento quando a árvore torna-se alta e fina. A morte por supressão ocorre quando uma árvore não ocupa um espaço de crescimento suficiente para fornecer produtos da fotossíntese tanto para a respiração dos tecidos quanto para promover a renovação das raízes e de outros tecidos necessários à sua sobrevivência.

De acordo com Lieberman e Lieberman (1987), a causa mais comum da morte de árvores em florestas tropicais não exploradas é o vento, mas frequentemente as árvores também morrem em pé, como resultado de várias causas possíveis como: fungos patogênicos, herbívoros, senescência, déficit hídrico e supressão, ou a combinação desses fatores.

Segundo Pulz (1998), a mortalidade pode ser classificada em duas categorias: regular e irregular. A mortalidade regular é causada principalmente devido à competição, à supressão e ao próprio envelhecimento da árvore. Por outro lado, a mortalidade irregular, que é menos frequente, é provocada por fenômenos adversos como a incidência de pragas, doenças, fogo, vento, enchente, temperatura, seca entre outras causas de ocorrência irregular, ou seja, a mortalidade regular é previsível, a irregular não.

Carvalho (1997) salientou que, em florestas tropicais, a taxa de mortalidade natural no tempo e no espaço está fortemente relacionada à longevidade das árvores, sua distribuição em classes de tamanho, abundância relativa das espécies, e tamanho e número de aberturas (*gaps*) no dossel da floresta. O mesmo autor ressaltou também que, em relação ao porte dos indivíduos, alguns estudos reportam que espécies emergentes apresentam uma taxa anual de mortalidade mais baixa, enquanto que as espécies do sub-bosque apresentam taxas mais altas; e que outros estudos, considerando apenas indivíduos com DAP superior a 10 cm, não encontraram nenhuma diferença significativa com respeito à mortalidade por classes de tamanho.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Origem dos dados e localização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Paraná, cuja vegetação característica é a Floresta Ombrófila Mista. Os dados empregados no estudo são provenientes de Inventário Florestal Contínuo realizado entre os anos de 2002 a 2011 em 25 parcelas permanentes com área de 1 ha (100 m x 100 m) cada, sendo mensurados todo os indivíduos cujo diâmetro a altura do peito fosse igual ou superior a 10 cm (DAP ≥ 10), conforme descrito no Capítulo I.

A análise da dinâmica florestal se baseou na caracterização do crescimento, recrutamento e mortalidade em nível de família botânica, espécie e grupo ecológico, conforme descrito a seguir.

3.3.2 Incremento em diâmetro

O incremento em diâmetro foi obtido com base no crescimento em diâmetro das árvores medidas nas quatro ocasiões, ou seja, aquelas que permaneceram vivas durante o período estudado. Sendo assim foram descritos os incrementos diamétricos ocorridos entre 2002 a 2005, 2005 a 2008 e 2008 a 2011 e também, a média de incremento no período entre 2002 a 2011. Os incrementos periódicos (*IP*) e periódico anual (*IPA*) em diâmetro foram calculados utilizando:

$$IP_d = d_f - d_i \tag{3.1}$$

$$IPA_d = \frac{IP_d}{P} \tag{3.2}$$

onde:

IP_d = Incremento Periódico em diâmetro (cm);

IPA_d = Incremento Periódico Anual em diâmetro (cm/ano);

d_f = DAP no final do período de crescimento avaliado (cm);

d_i = DAP no início do período de crescimento avaliado (cm);

P = intervalo de medição (anos).

3.3.3 Incremento em área basal

O mesmo procedimento foi utilizado para avaliar o incremento em área basal, ou seja, foram descritos os incrementos em área basal nos períodos de 2002 a 2005, 2005 a 2008, 2008 a 2011 e também o incremento médio da floresta, em área basal, para todo o período de avaliação, de 2002 a 2011. O incremento periódico (*IP*) e o incremento periódico anual (*IPA*) em área basal, por hectare, foram obtidos utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$IP_d = G_f - G_i \tag{3.3}$$

$$IPA_d = \frac{IP_G}{P} \tag{3.4}$$

onde:

IP_G = Incremento Periódico em área basal (m²/ha);

IPA_G = Incremento Periódico Anual em área basal (m²/ha);

G_f = área basal no final do período avaliado (m^2/ha);

G_i = área basal no início do período avaliado (m^2/ha);

P = intervalo de medição (anos).

3.3.4 Ingresso

Foi considerado como ingresso ou recrutamento todas as árvores que atingiram DAP maior ou igual a 10 cm em uma dada remedição. A taxa de ingresso foi definida com base na seguinte fórmula:

$$In\% = \frac{N_{In}}{N_i} \cdot 100 \tag{3.5}$$

onde:

$In\%$ = taxa de ingresso (%);

N_{In} = número de árvores ingressas no período avaliado;

N_i = número de árvores no início do período considerado.

3.3.5 Mortalidade

A mortalidade foi obtida mediante a contagem das árvores que morreram durante o período avaliado. A taxa de mortalidade foi computada de forma absoluta e também em percentagem pela fórmula:

$$M\% = \frac{N_m}{N_i} \cdot 100 \tag{3.6}$$

em que:

$M\%$ = taxa de mortalidade (%);

N_m = número de árvores mortas no período avaliado;

N_i = número de árvores no início do período considerado.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Incremento em diâmetro

A análise do crescimento em diâmetro da floresta indicou uma grande variabilidade no padrão de crescimento entre as espécies e, mesmo, entre indivíduos da mesma espécie.

Durante os nove anos de monitoramento do fragmento, a floresta apresentou um incremento médio de 0,23 cm/ano, variando de -0,28 a 1,56 cm/ano.

Alguns indivíduos apresentaram incremento negativo, o que pode ser causado pela queda da casca de algumas espécies entre as medições; por fatores ambientais como períodos de mais ou menos precipitação, que podem ocasionar alterações no fuste de alguns indivíduos, devido ao inchamento dos mesmos; pelo fato de proceder ou não a limpeza do tronco antes da medição; ou mesmo em virtude do crescimento bastante lento de algumas espécies ou de pequenas alterações no momento da medição.

As taxas de crescimento médio mais expressivas foram observadas, em geral, para espécies que apresentaram uma densidade baixa de indivíduos, como por exemplo, *Cedrela lilloi, Cinnamomum glaziovii, Anadenanthera colubrina e Lonchocarpus*

muehlbergianus, o que pode ter influenciado no elevado crescimento dessas espécies, cujas taxas de incremento variam de 0,6 até 1,0 cm/ano.

Na Tabela 7 são apresentadas as médias do Incremento Periódico em diâmetro das dez espécies com maior Valor de Importância na floresta, com suas respectivas taxas de incremento. A relação da taxa de incremento de todas as espécies existentes no período avaliado é apresentada no Anexo 3.

Tabela 7. Incremento Periódico Anual em diâmetro para as dez espécies de maior Valor de Importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	VI	Incremento em diâmetro (cm/ano)				CV (%)
	2011	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO	
Araucaria angustifolia	13,12	0,417	-0,283	1,220	0,229	54,92
Ocotea porosa	6,68	0,376	-0,025	1,379	0,243	64,66
Cedrela fissilis	6,31	0,348	0,000	1,139	0,201	57,80
Ocotea puberula	5,49	0,300	0,000	1,082	0,193	64,46
Nectandra megapotamica	5,20	0,232	-0,071	1,556	0,172	73,94
Coussarea contracta	4,22	0,215	0,018	0,637	0,104	48,23
Nectandra grandiflora	3,71	0,213	-0,124	1,273	0,169	79,42
Ilex paraguariensis	3,36	0,199	-0,110	0,955	0,159	79,65
Casearia decandra	3,27	0,181	-0,265	0,644	0,121	67,15
Ocotea odorifera	3,16	0,141	-0,071	0,760	0,103	73,04

VI = Valor de Importância (%), MÍNIMO = menor valor observado para a espécie, MÁXIMO = maior valor observado para a espécie, DESVIO = desvio padrão (cm/ano), CV = coeficiente de variação (%).

Araucaria angustifolia foi a espécie que apresentou a maior taxa de incremento, sendo esta igual a 0,42 cm/ano, seguida por *Ocotea porosa* com 0,38 cm/ano, *Cedrela fissilis* com 0,35 cm/ano e *Ocotea puberulla* com 0,30 cm/ano. Com taxas de crescimento intermediário, destacam-se as espécies *Nectandra megapotamica, Coussarea contracta, Nectandra grandiflora, Ilex paraguariensis* e *Casearia decandra,* cujas taxas de incremento variam de 0,18 a 0,23 cm/ano. Dentre as espécies mais importantes no fragmento, *Ocotea odorifera* apresentou a menor taxa de incremento (0,14 cm/ano).

Observa-se uma elevada variação entre os incrementos diamétricos, demonstrado pelo elevado coeficiente de variação por espécie, sendo um indicativo de dificuldades para a modelagem do incremento em florestas nativas.

Considerando-se as famílias botânicas existentes no fragmento no período compreendido entre 2002 e 2011, o Incremento Periódico Anual em diâmetro variou de 0,10 a 0,42 cm/ano.

Araucariaceae foi a família que apresentou a taxa de crescimento mais expressiva, 0,42 cm/ano, seguida pela família Araliaceae com 0,39 cm/ano, Symplocaceae com 0,38 cm/ano e Asteraceae com 0,37 cm/ano. Em relação às famílias consideradas mais importantes na floresta, com base em seus valores de importância (Tabela 8), merecem destaque: Meliaceae e Rubiaceae, que apresentaram crescimento mais expressivo, cujas taxas de incremento correspondem a 0,35 e 0,27 cm/ano, respectivamente. As famílias Lauraceae, Salicaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Sapindaceae e Aquifoliaceae, apresentaram uma taxa de incremento intermediária, variando de 0,18 a 0,23 cm/ano. E, finalmente, a família Myrsinaceae que apresentou a taxa de crescimento menos expressiva, sendo esta igual a 0,13 cm/ano.

Tabela 8. Incremento Periódico Anual em diâmetro para as dez famílias de maior Valor de Importância em um fragmento de FOM, localizado na FLONA de Irati, Paraná.

Família	VI	Incremento em diâmetro (cm/ano)				CV (%)
	2011	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO	
Araucariaceae	13,99	0,417	-0,283	1,220	0,229	54,92
Meliaceae	4,42	0,350	0,000	1,139	0,203	58,05
Rubiaceae	4,78	0,271	0,018	1,305	0,195	71,76
Lauraceae	23,10	0,225	-0,124	1,556	0,185	82,31
Salicaceae	7,56	0,205	-0,265	0,697	0,129	63,01
Myrtaceae	7,34	0,200	-0,053	0,867	0,133	66,31
Fabaceae	3,49	0,195	-0,035	1,093	0,179	91,86
Sapindaceae	5,01	0,185	-0,035	0,785	0,127	68,53
Aquifoliaceae	8,76	0,184	-0,110	0,955	0,153	83,07
Myrsinaceae	3,05	0,131	-0,039	0,637	0,111	84,40

VI = Valor de Importância (%), MÍNIMO = menor valor observado para a família, MÁXIMO = maior valor observado para a família, DESVIO = desvio padrão (cm/ano), CV = coeficiente de variação (%).

Em relação às taxas de incremento observadas para cada grupo ecológico (Figura 11), destaca-se o grupo das espécies pioneiras com incremento médio de 0,32 cm/ano, seguido pelo grupo das espécies climácicas com 0,30 cm/ano, secundárias tardias com 0,20 cm/ano e secundárias iniciais com uma taxa de incremento anual de 0,19 cm.

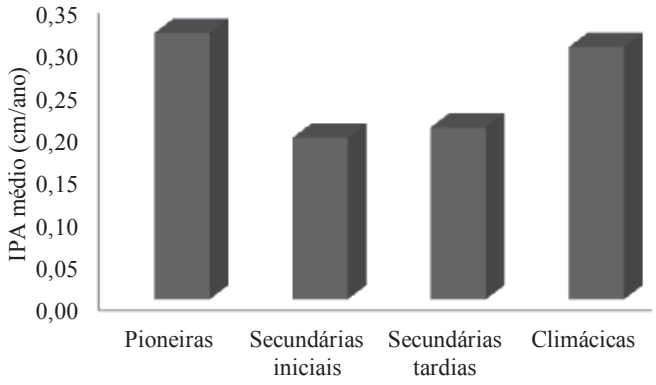


Figura 11. Incremento Periódico Anual em diâmetro por grupo ecológico em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Na Figura 12 é apresentada a evolução das taxas de incremento, bem como do diâmetro médio da floresta ao longo do período de monitoramento.

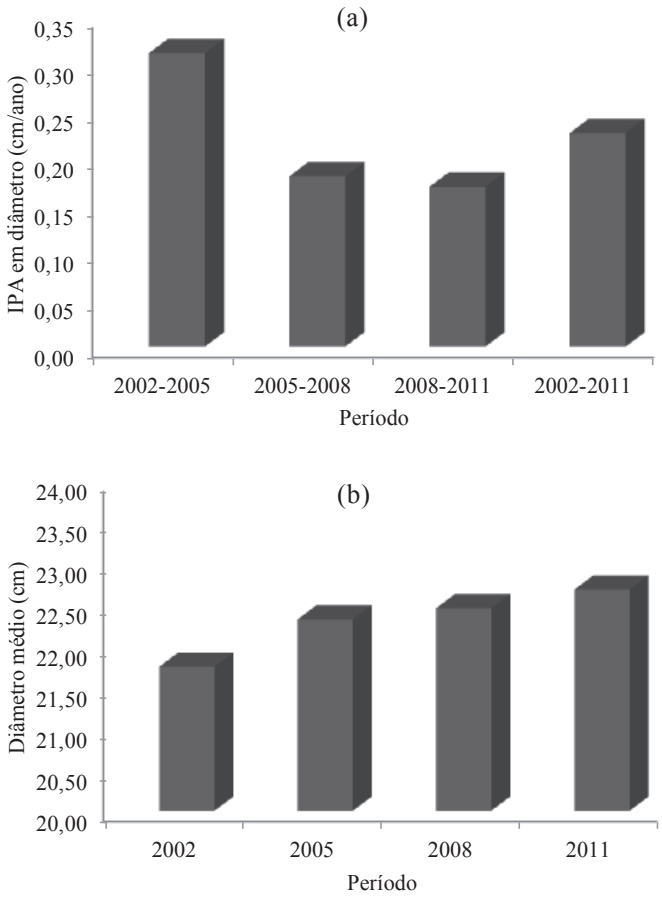


Figura 12. Evolução da taxa de incremento em diâmetro (a) e diâmetro médio (b) no período compreendido entre 2002 e 2011 em um fragmento de FOM localizado na FLONA de Irati, Paraná.

Observa-se que a taxa de incremento médio em diâmetro da floresta diminuiu ao longo do período de avaliação, passando de 0,31 cm/ano para 0,23 cm/ano. Em contrapartida, o diâmetro médio apresentou um leve aumento no decorrer dos anos, passando de 21,7 cm em 2002 para 22,7 cm no ano de 2011.

A maior taxa de incremento, observada para o período 2002-2005, pode estar relacionada a uma fase cíclica de crescimento da floresta, influenciada pela abertura de grandes clareiras ocasionadas pela seca da taquara que ocorreu nesse período, onde a abertura de luz no interior da floresta pode ter favorecido o crescimento das árvores.

O diâmetro médio e a taxa de crescimento observados para o fragmento em análise são similares a outros valores encontrados em diversos estudos realizados em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, localizados nos estados do Sul do Brasil.

Pizatto (1999), estudando a estrutura e dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista na região de São João do Triunfo, estado do Paraná, observou um diâmetro médio de 21,8 cm e incremento periódico anual de 0,18 cm/ano.

Schaaf (2001), em estudo da florística, estrutura e dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, Paraná, constatou que o diâmetro médio da floresta foi de 35,9 cm e a taxa de crescimento foi igual a 0,27 cm/ano. Todavia esse autor utilizou limite de inclusão de 20 cm de DAP, enquanto que os outros trabalhos levaram em consideração um limite de inclusão igual a 10 cm.

Barth Filho (2002), estudando uma Floresta Ombrófila Mista sob regime de manejo sustentável na região de General Carneiro, Paraná, relatou que o diâmetro médio e a taxa de crescimento foram 24,6 cm e 0,13 cm/ano, respectivamente.

Moscovich (2006), avaliando a dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, Rio Grande do Sul, observou um diâmetro médio para a floresta de 22,1 cm e incremento médio em diâmetro igual a 0,17 cm/ano, para um limite de inclusão de 9,5 cm de DAP.

3.4.2 Incremento em área basal

A floresta apresentou um incremento total em área basal de 1,90 m²/ha no período avaliado, o que representa um incremento periódico anual de 0,21 m²/ha/ano, considerando apenas a área basal total dos indivíduos avaliados no ano de 2002 e que permaneceram vivos até o ano de 2011. Em termos percentuais o incremento em área

basal no período considerado foi de 6,62%, o que corresponde a um acréscimo anual de 0,74%.

São apresentadas na Tabela 9 as espécies com os maiores incrementos em área basal observados durante todo o período de avaliação, sendo que a tabela completa, com a relação dos incrementos periódicos anuais em área basal de todas as espécies existentes no fragmento, é apresentada no Anexo 4.

Tabela 9. Incremento Periódico Anual em área basal no período 2002-2011, das espécies de maior crescimento, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

	Área Basal		**Incremento em Área Basal**			
Espécie	**m²/ha 2002**	**m²/ha 2011**	**m²/ha 2002-2011**	**m²/ha/ano 2002-2011**	**% no período**	**% anual**
Araucaria angustifolia	7,068	8,118	1,050	0,117	14,86	1,65
Ocotea porosa	2,497	2,843	0,346	0,038	13,88	1,54
Cedrela fissilis	1,320	1,526	0,206	0,023	15,57	1,73
Ocotea odorifera	1,494	1,671	0,177	0,020	11,83	1,31
Coussarea contracta	0,263	0,383	0,120	0,013	45,73	5,08
Ocotea diospyrifolia	0,708	0,803	0,096	0,011	13,51	1,50
Casearia sylvestris	0,257	0,339	0,082	0,009	31,93	3,55
Psychotria vellosiana	0,173	0,240	0,067	0,007	38,59	4,29
Nectandra megapotamica	0,935	1,001	0,066	0,007	7,09	0,79
Campomanesia xanthocarpa	0,300	0,361	0,061	0,007	20,40	2,27
Eugenia involucrata	0,119	0,172	0,052	0,006	43,94	4,88
Myrcia hebepetala	0,135	0,187	0,052	0,006	38,53	4,28
Myrciaria floribunda	0,096	0,142	0,046	0,005	47,38	5,26
Casearia obliqua	0,173	0,210	0,037	0,004	21,27	2,36
Syagrus romanzoffiana	0,733	0,769	0,036	0,004	4,91	0,55
Diatenopteryx sorbifolia	0,085	0,114	0,029	0,003	33,98	3,78
Ocotea puberula	1,420	1,448	0,028	0,003	1,98	0,22
Total para a área amostrada	**28,66**	**30,56**	**1,90**	**0,21**	**6,62**	**0,74**

Comparando os resultados obtidos no presente estudo com resultados de outros trabalhos realizados em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil, observa-se que os valores de área basal média são, de maneira geral, bastante similares, todavia, o incremento periódico anual médio da floresta em estudo é inferior aos encontrados por outros autores. Por exemplo, Schaaf (2001), encontrou valores de área basal e taxa de crescimento anual iguais a 28,52 m²/ha e 0,42 m²/ha/ano, respectivamente, para um fragmento de FOM em São João do Triunfo, PR, porém,

ressalta-se que este autor adotou um limite de inclusão de 20 cm de DAP. Durigan (1999) constatou que a floresta em São João do Triunfo crescia a 0,71 m²/ha/ano e apresentava uma área basal média de 36,97 m²/ha, porém Pizatto (1999) usando dados provenientes também de São João do Triunfo obteve um incremento de 0,35 m²/ha/ano e área basal de 33,07 m²/ha/ano. Para a mesma floresta, Rossi (2007), observou um crescimento de 0,48 m²/ha/ano e área basal de 34,90 m²/ha. Moscovich (2006), em Nova Prata, Rio Grande do Sul, observou que a floresta crescia a uma taxa de 0,37 m²/ha/ano e apresentava uma área basal média de 33,76 m²/ha.

Araucaria angustifolia foi a espécie que apresentou o maior incremento durante o período, com 1,05 m²/ha, o que corresponde a um incremento periódico anual de 0,12 m²/ha/ano, e um aumento anual de 1,65%.

Ocotea porosa apresentou o segundo maior incremento no período, com um ganho de 0,35 m²/ha em nove anos, o que corresponde a um incremento periódico anual de 0,04 m²/ha/ano.

Cedrela fissilis e *Ocotea odorifera* também apresentaram incrementos consideráveis, 0,023 e 0,020 m²/ha/ano, respectivamente, o que corresponde a um acréscimo anual de 1,7 e 1,3%.

Em relação às espécies mais importantes da floresta, destaca-se a *Coussarea contracta* que apresentou um incremento de 0,013 m²/ha/ano, o que corresponde a um ganho anual em área basal de 5,08%. Já as espécies *Nectandra grandiflora* e *Ilex paraguariensis* apresentaram uma pequena redução na área basal, em cerca de 0,02 e 0,5%, respectivamente.

Ao estudar o incremento em área basal de espécies da Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, Paraná, Schaaf (2001) observou que *Nectandra megapotamica*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa*, *Cinnamomum sellowianun* e *Ocotea puberula* foram às espécies que apresentaram os maiores incremento em área basal no período de 21 anos. Durigan (1999) também em São João do Triunfo, Paraná, verificou que *Piptocarpha angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Luehea divaricata*, *Clethra scabra* e *Araucaria angustifolia* foram as espécies de maior incremento em área basal.

Observa-se, com base no presente estudo e trabalhos citados, que o incremento em área basal é bastante variável, dependendo da tipologia em estudo e do estágio sucessional. As espécies que apresentaram os maiores incrementos também variam consideravelmente, indicando comportamento diferenciado de uma mesma espécie submetida a ambientes diferentes.

Na Figura 13 são apresentadas as famílias botânicas com os incrementos mais expressivos no período, bem como a taxa de crescimento anual de cada uma.

A família Araucariaceae apresentou o maior incremento no período, com 0,12 m²/ha/ano, o que representa um aumento anual em área basal de 1,65%. A família Lauraceae também apresentou um bom crescimento, sendo que a área basal total da família passou de 9,20 m²/ha em 2002 para 9,95 m²/ha no ano de 2011, o que representa um incremento periódico de 0,08 m²/ha/ano.

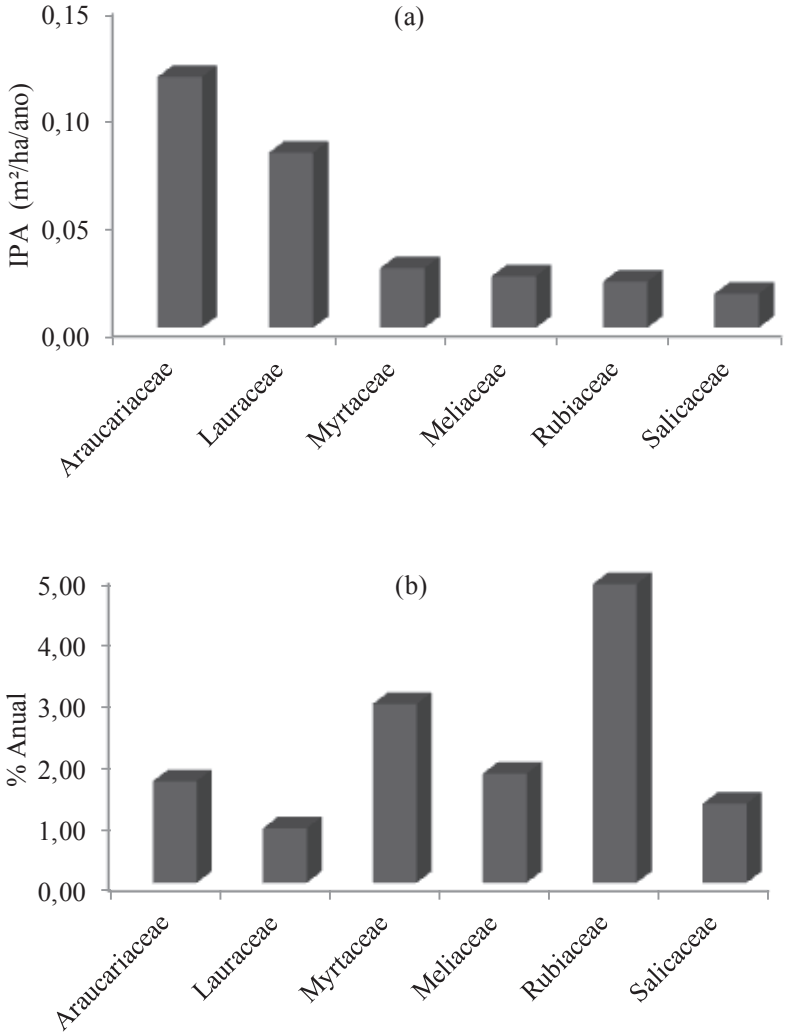


Figura 13. Incremento Periódico Anual (a) e Incremento Relativo (b) para as famílias de maior crescimento em área basal no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Todavia, considerando-se os valores relativos, ou seja, a proporção entre o incremento em área basal e a área basal observada no início do período de avaliação,

destacam-se as famílias Rubiaceae e Myrtaceae, que apresentaram um acréscimo anual em área basal de 4,85 e 2,91%, respectivamente.

Em relação ao crescimento em área basal por grupo ecológico (Figura 14), o maior incremento foi observado para o grupo das espécies pioneiras, com 0,12 m²/ha/ano, seguido pelo grupo das espécies climácicas com 0,05 m²/ha/ano, secundárias tardias com 0,04 m²/ha/ano e, por fim, o grupo das espécies secundárias iniciais que apresentou um incremento de 0,01 m²/ha/ano. O baixo incremento em área basal das espécies secundárias iniciais está relacionado a diferença entre as taxas de ingresso e mortalidade desse grupo de espécies. Sendo assim, a maior taxa de mortalidade (2,0%) em comparação a taxa de ingresso (1,0%), é responsável pelo baixo incremento em área basal do grupo, sendo este, o único a apresentar taxa de mortalidade superior a taxa de ingresso.

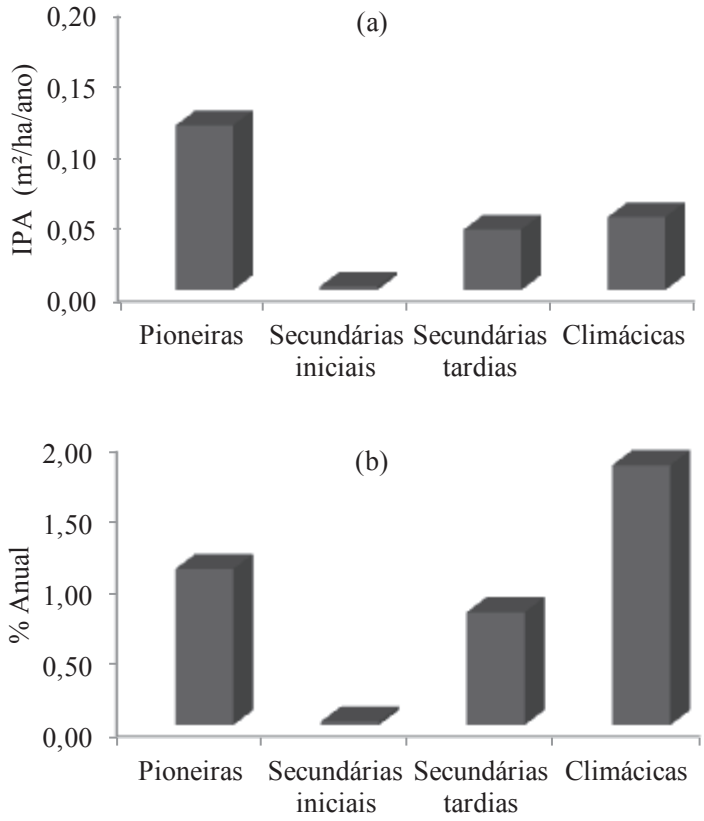


Figura 14. Incremento Periódico Anual em área basal (a) e Incremento Relativo (b) por grupo ecológico no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Com base na proporção entre o incremento em área basal e a área basal de cada grupo no início do período de avaliação, destacam-se as espécies climácicas, com um ganho anual de 1,83%. Em seguida aparece o grupo das espécies pioneiras, com um acréscimo anual em área basal de 1,10%, seguido pelo grupo das secundárias tardias, com 0,79% e, finalmente, o grupo das secundárias iniciais, com um ganho anual de 0,02%.

Na Figura 15 pode-se observar que a área basal média da floresta continua aumentando com o decorrer do tempo, enquanto que o incremento médio em área basal sofreu uma significativa redução no intervalo do primeiro para o segundo período de avaliação, apresentando, posteriormente, um leve aumento, indicando que a floresta ainda não atingiu seu estágio clímax.

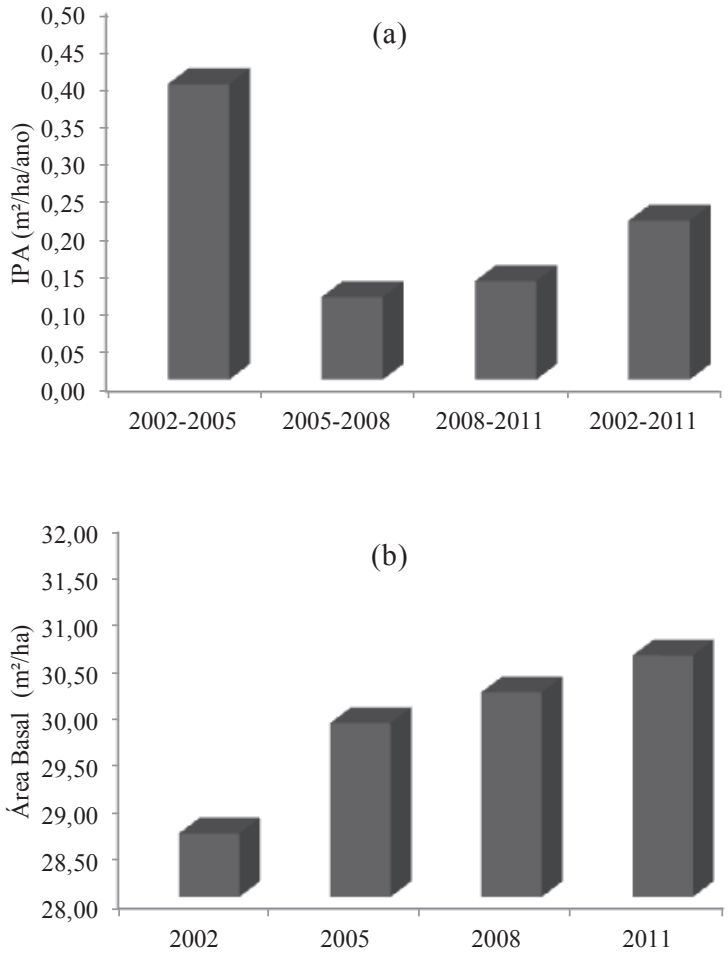


Figura 15. Evolução do Incremento Periódico Anual em área basal (a) e da área basal média (b) em um fragmento de FOM, na FLONA de Irati, Paraná.

A maior taxa de incremento em área basal, observada para o período 2002-2005, pode também estar relacionada a uma fase cíclica de crescimento da floresta, influenciada pela abertura de grandes clareiras ocasionadas pela seca da taquara que ocorreu nesse período, onde a abertura de luz no interior da floresta favoreceu o crescimento das árvores já estabelecidas e o ingresso de novos indivíduos, sendo que nesse período, foi observada a maior taxa de ingresso entre todos os períodos avaliados.

3.4.3 Ingresso e Mortalidade

Na Tabela 10 é apresentada a relação das espécies existentes no fragmento no ano de 2002 e que permaneceram vivas até o ano de 2011, com suas respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade.

Tabela 10. Relação de espécies e respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

			INGRESSO		MORTALIDADE	
Espécie	**N/ha 2002**	**N/ha 2011**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**
Actinostemon concolor	0,08	0,04	0,04	5,56	0,08	11,11
Aegiphila integrifolia	0,24	0,20	0,04	1,85	0,08	3,70
Albizia edwallii	0,28	0,28	0	0	0	0
Allophylus edulis	4,88	6,36	1,92	4,37	0,44	1,00
Allophylus petiolulatus	1,04	1,68	0,72	7,69	0,08	0,85
Anadenanthera colubrina	0,20	0,20	0	0	0	0
Annona rugulosa	0,04	0	0	0	0,04	11,11
Annona sylvatica	0,08	0,16	0,08	11,11	0	0
Araucaria angustifolia	42,12	42,32	1,04	0,27	0,84	0,22
Cabralea canjerana	0,56	0,64	0,12	2,38	0,04	0,79
Campomanesia guazumifolia	0,08	0,08	0	0	0	0
Campomanesia xanthocarpa	6,08	6,44	0,64	1,17	0,28	0,51
Casearia decandra	35,40	31,32	3,24	1,02	7,32	2,30
Casearia gossypiosperma	0,04	0,04	0	0	0	0
Casearia lasiophylla	1,52	2,32	1,16	8,48	0,36	2,63
Casearia obliqua	5,20	5,80	0,68	1,45	0,08	0,17
Casearia sylvestris	12,28	14,44	3,32	3,00	1,16	1,05
Cassia leptophylla	0,76	0,72	0	0	0,04	0,58
Cedrela fissilis	15,44	14,88	0,36	0,26	0,92	0,66
Cedrela lilloi	0,04	0,04	0	0	0	0

continua…

Tabela 10. Relação de espécies e respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

			INGRESSO		MORTALIDADE	
Espécie	**N/ha 2002**	**N/ha 2011**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**
Chrysophyllum gonocarpum	3,68	4,04	0,52	1,57	0,16	0,48
Chrysophyllum marginatum	1,16	1,32	0,24	2,30	0,08	0,77
Cinnamodendron dinisii	14,36	11,96	0,40	0,31	2,80	2,17
Cinnamomum amoenum	0,40	0,32	0,04	1,11	0,12	3,33
Cinnamomum glaziovii	0,08	0,04	0	0	0,04	5,56
Cinnamomum sellowianum	2,56	2,32	0,20	0,87	0,44	1,91
Citrus sinensis	0,08	0,12	0,04	5,56	0	0
Clethra scabra	5,60	4,24	0,20	0,40	1,56	3,10
Coussarea contracta	19,88	26,16	9,88	5,52	3,60	2,01
Cryptocarya aschersoniana	0,32	0,36	0,04	1,39	0	0
Cupania vernalis	1,84	1,92	0,12	0,72	0,04	0,24
Curitiba prismatica	4,40	5,24	1,36	3,43	0,52	1,31
Dalbergia brasiliensis	9,84	8,92	0,48	0,54	1,40	1,58
Diatenopteryx sorbifolia	1,60	2,28	0,72	5,00	0,04	0,28
Drimys brasiliensis	2,60	2,32	0,24	1,03	0,52	2,22
Erythroxylum deciduum	0,04	0,04	0	0	0	0
Eugenia involucrata	5,76	8,12	2,48	4,78	0,12	0,23
Eugenia pluriflora	0,20	0,12	0	0	0,08	4,44
Eugenia pyriformis	0,16	0,20	0,08	5,56	0,04	2,78
Eugenia uniflora	0,36	0,20	0,04	1,23	0,20	6,17
Ficus enormis	0,24	0,20	0	0	0,04	1,85
Handroanthus albus	0,04	0,04	0	0	0	0
Ilex brevicuspis	0,36	0,40	0,04	1,23	0	0
Ilex dumosa	1,60	1,12	0	0	0,48	3,33
Ilex paraguariensis	60,20	52,12	4,96	0,92	13,04	2,41
Ilex theezans	12,68	10,52	0,96	0,84	3,12	2,73
Inga virescens	1,56	1,64	0,16	1,14	0,08	0,57
Jacaranda micrantha	3,16	3,40	0,28	0,98	0,04	0,14
Lafoensia pacari	1,00	0,88	0,04	0,44	0,16	1,78
Lamanonia ternata	0,20	0,20	0	0	0	0
Laplacea fruticosa	1,80	1,12	0,04	0,25	0,72	4,44
Lithraea molleoides	1,24	0,84	0	0	0,40	3,58
Lonchocarpus muehlbergianus	0,04	0,08	0,04	11,11	0	0
Luehea divaricata	0,76	0,48	0	0	0,28	4,09
Machaerium stipitatum	3,52	2,68	0,04	0,13	0,88	2,78
Matayba elaeagnoides	18,08	14,96	0,28	0,17	3,40	2,09
Maytenus grandiflora	0,04	0,20	0,16	44,44	0	0
Maytenus officinalis	0,20	0,36	0,16	8,89	0	0

continua…

Tabela 10. Relação de espécies e respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

			INGRESSO		MORTALIDADE	
Espécie	**N/ha 2002**	**N/ha 2011**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**
Mimosa scabrella	1,08	1,44	1,24	12,76	0,88	9,05
Myrceugenia miersiana	0,04	0,04	0	0	0	0
Myrcia guianensis	0,08	0,20	0,12	16,67	0	0
Myrcia hebepetala	9,52	11,80	3,32	3,87	1,04	1,21
Myrcia lajeana	0,08	0,40	0,32	44,44	0	0
Myrcia splendens	8,88	7,96	1,84	2,30	2,76	3,45
Myrciaria delicatula	1,24	1,48	0,28	2,51	0,04	0,36
Myrciaria floribunda	6,28	9,56	4,36	7,71	1,08	1,91
Myrsine coriacea	0,28	0,40	0,24	9,52	0,12	4,76
Myrsine umbellata	23,28	16,72	1,40	0,67	7,96	3,80
Nectandra grandiflora	37,72	33,68	0,96	0,28	5,00	1,47
Nectandra megapotamica	17,16	17,60	1,84	1,19	1,40	0,91
Ocotea corymbosa	1,40	2,04	0,92	7,30	0,28	2,22
Ocotea diospyrifolia	9,24	9,08	0,20	0,24	0,36	0,43
Ocotea indecora	0,60	0,68	0,08	1,48	0	0
Ocotea odorifera	51,96	52,88	3,12	0,67	2,20	0,47
Ocotea porosa	19,32	19,00	0,28	0,16	0,60	0,35
Ocotea puberula	13,96	12,68	0,08	0,06	1,36	1,08
Ormosia arborea	0,08	0,08	0,04	5,56	0,04	5,56
Parapiptadenia rigida	0,80	1,04	0,24	3,33	0	0
Persea major	0,76	0,64	0	0	0,12	1,75
Picramnia parvifolia	0,20	0,20	0,04	2,22	0,04	2,22
Picrasma crenata	2,24	2,48	0,40	1,98	0,16	0,79
Piptocarpha angustifolia	2,24	1,84	0,52	2,58	0,92	4,56
Piptocarpha axillaris	0,60	1,00	0,52	9,63	0,12	2,22
Plinia cauliflora	1,56	1,56	0	0	0	0
Prockia crucis	0,24	0,40	0,16	7,41	0	0
Prunus myrtifolia	13,20	10,28	1,40	1,18	4,32	3,64
Psychotria vellosiana	5,16	5,96	1,56	3,36	0,76	1,64
Quillaja brasiliensis	0,24	0,24	0,04	1,85	0,04	1,85
Randia ferox	0,08	0,04	0,04	5,56	0,08	11,11
Roupala montana	1,00	0,84	0,04	0,44	0,20	2,22
Rudgea jasminoides	0,16	0,76	0,64	44,44	0,04	2,78
Sapium glandulosum	1,08	1,08	0,12	1,23	0,12	1,23
Schefflera morototoni	1,32	1,08	0,20	1,68	0,44	3,70
Sebastiania commersoniana	0,20	0,28	0,08	4,44	0	0
Sloanea hirsuta	4,92	4,08	0,04	0,09	0,88	1,99
Solanum bullatum	0,08	0,08	0	0	0	0

continua…

Tabela 10. Relação de espécies e respectivas taxas anuais de ingresso e mortalidade no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

			INGRESSO		MORTALIDADE	
Espécie	**N/ha 2002**	**N/ha 2011**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**	**N/ha 2002-2011**	**Taxa Anual (%)**
Solanum pseudoquina	0,04	0,16	0,12	33,33	0	0
Solanum sanctaecatharinae	0,36	0,32	0,12	3,70	0,16	4,94
Sorocea bonplandii	0,04	0,04	0	0	0	0
Strychnos brasiliensis	0,04	0,08	0,04	11,11	0	0
Styrax leprosus	6,24	4,00	0,20	0,36	2,44	4,34
Syagrus romanzoffiana	18,00	18,08	1,20	0,74	1,12	0,69
Symplocos tenuifolia	0,04	0,12	0,20	55,56	0,12	33,33
Symplocos tetrandra	0,08	0,04	0	0	0,04	5,56
Vernonanthura discolor	2,00	1,88	0,56	3,11	0,68	3,78
Vernonanthura petiolaris	4,28	1,92	0,24	0,62	2,60	6,75
Vitex megapotamica	0,08	0,08	0	0	0	0
Xylosma pseudosalzmanii	0,72	0,84	0,12	1,85	0	0
Zanthoxylum kleinii	0,48	0,48	0,04	0,93	0,04	0,93
Zanthoxylum rhoifolium	1,28	1,04	0,04	0,35	0,28	2,43
Total	**580,76**	**560,88**	**68,24**	**1,31**	**88,12**	**1,69**

N/ha = número de indivíduos por hectare.

Considerando toda a floresta, o número de árvores que morreram foi superior ao número de árvores que ingressaram. Nesse sentido, observou-se, no período compreendido entre 2002 e 2011, o egresso de 88,12 indivíduos/ha, o que corresponde a uma taxa anual de mortalidade de 1,69%. No mesmo período ocorreu o ingresso de 68,24 indivíduos/ha, o que corresponde a uma taxa anual de ingresso de 1,31%.

Considerando todos os períodos de avaliação do fragmento, observa-se que a taxa de mortalidade foi sempre superior a taxa de ingresso (Figura 16). Este maior número de árvores mortas em relação ao número de árvores ingressas pode estar atribuído a uma fase cíclica que a floresta esteja passando ou devido à maior competição das árvores, principalmente nas menores classes de diâmetro que representam as maiores taxas de mortalidade.

Observa-se, também, que com o passar do tempo, tanto a taxa de mortalidade da floresta, como a taxa de ingresso vem sofrendo uma ligeira redução, indicando que um menor número de indivíduos está ingressando no fragmento, devido a redução do espaço livre disponível para o estabelecimento de novos indivíduos, ocasionado pela

redução da taxa de mortalidade que influencia diretamente na abertura de clareiras provenientes da queda de árvores mortas.

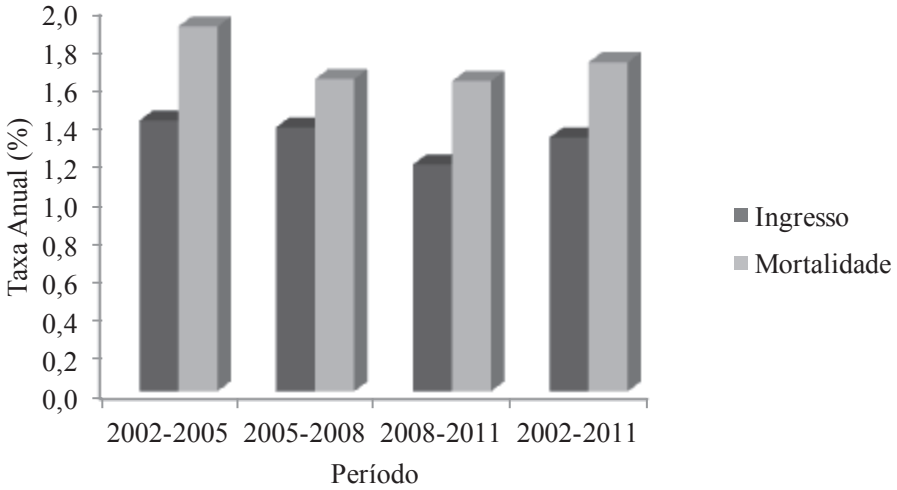


Figura 16. Taxas anuais de ingresso e mortalidade em cada período de avaliação em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Vários trabalhos realizados em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista em estados do sul do Brasil podem ser utilizados para comparar as taxas anuais de ingresso e mortalidade nas diferentes regiões.

Pizatto (1999), obteve uma taxa anual de ingresso igual a 3,50% e de mortalidade igual a 1,49% para uma FOM na região de São João do Triunfo, estado do Paraná.

Durigan (1999), em estudo realizado em um fragmento de FOM, também localizado em São João do Triunfo, descreveu taxas anuais de ingresso e mortalidade iguais a 1,62 e 0,21%, respectivamente.

Barth Filho (2002), estudando uma FOM sob regime de manejo sustentável na região de General Carneiro, Paraná, relatou que as taxas anuais de ingresso e mortalidade foram 5,03 e 1,84%, respectivamente.

Schaaf (2001), em estudo da florística, estrutura e dinâmica de uma FOM em São João do Triunfo, Paraná, constatou que a taxa anual de ingresso foi igual a 1,31%, enquanto que a taxa anual de mortalidade foi igual a 1,15%. Ressalta-se que, nesse caso, o limite de inclusão adotado foi igual a 20 cm de DAP.

Moscovich (2006), avaliando um remanescente de FOM em Nova Prata, Rio Grande do Sul, observou que as taxas anuais de ingresso e mortalidade foram iguais a 3,05 e 7,40%, respectivamente, para um limite de inclusão de 9,5 cm de DAP.

Sanquetta et. al (2003), avaliando a dinâmica em duas florestas de Araucaria descreveu que, para a região de General Carneiro, Paraná, as taxas anuais de ingresso e mortalidade foram iguais a 5,58 e 1,01%, respectivamente, enquanto que, para a região de São João do Triunfo, Paraná, essas mesmas taxas foram iguais a 2,87 e 1,90%, respectivamente.

Rossi (2007), estudando um remanescente também na região de São João do Triunfo, observou uma taxa de ingresso igual a 3,00%, enquanto que a taxa de mortalidade foi de 1,10%.

Observa-se que, entre todos os trabalhos citados, apenas o de Moscovich (2006), encontrou taxas de mortalidade superiores às de ingresso. Os valores mais próximos aos encontrados no presente estudo, foram, respectivamente, para as taxas de ingresso, aqueles observados nos trabalhos de Schaaf (2001) e Durigan (1999) e para as taxas de mortalidade, aqueles encontrados nos trabalhos de Barth Filho (2002), Pizatto (1999), Schaaf (2001) e Sanquetta et al. (2003), todos para a região de São João do Triunfo. Tais resultados indicam instabilidade nos processos dinâmicos da floresta, pois o padrão de florestas conservadas é o de equilíbrio entre as taxas de mortalidade e recrutamento (LIEBERMAN et al., 1985).

Dentre todas as espécies, *Symplocos tenuifolia* apresentou as maiores taxas anuais de ingresso e mortalidade, 55,6% e 33,3%, respectivamente, sendo que a densidade da espécie passou de 0,04 indivíduos/ha em 2002 para 0,12 indivíduos/ha em 2011.

Taxas expressivas de ingresso também foram observadas para as espécies *Maytenus grandiflora, Myrcia lajeana* e *Rudgea jasminoides*, todas com uma taxa anual de 44,4%.

Em relação à mortalidade destacam-se as espécies: *Actinostemon concolor, Randia ferox* e *Annona rugulosa*, com uma taxa anual de 11,1%, *Mimosa scabrella* com 9,1% e *Vernonanthura petiolaris* com 6,75%.

A mesma tendência do comportamento entre as taxas de ingresso e mortalidade observada para a floresta como um todo, foi verificada nas espécies mais importantes do fragmento, com exceção da espécie *Coussarea contracta,* que apresentou a mesma taxa anual de ingresso e mortalidade (2%); *Nectandra megapotamica, Ocotea odorifera* e

Araucaria angustifolia que apresentaram taxas anuais de ingresso superiores às taxas de mortalidade (Figura 17).

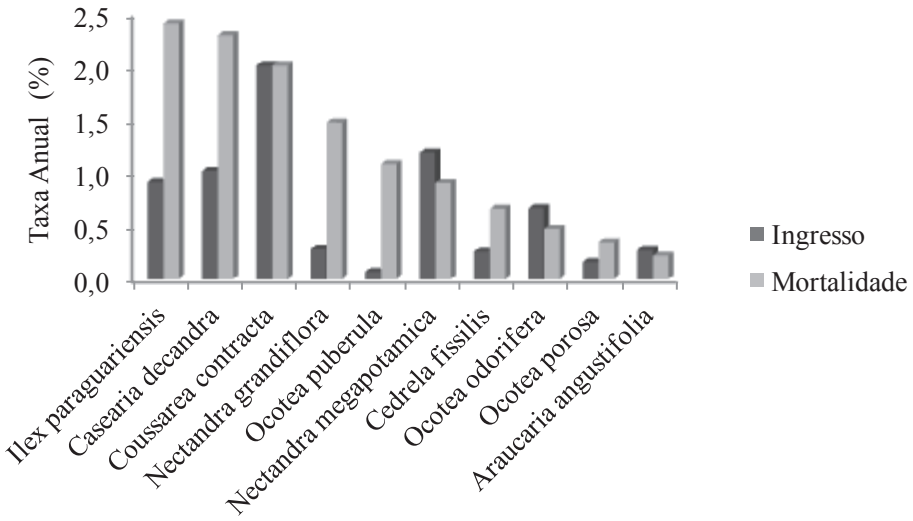


Figura 17. Taxas anuais de ingresso e mortalidade para as dez espécies de maior valor de importância em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Considerando-se a representatividade de cada espécie em relação ao número total de indivíduos ingressos (Figura 18), destacam-se: *Coussarea contracta* (responsável por 14,5% do total de indivíduos ingressos), *Ilex paraguariensis* (7,3%), *Myrciaria floribunda* (6,4%), *Myrcia hebepetala* e *Casearia sylvestris* (4,9%), *Casearia decandra* (4,7%) e *Ocotea odorifera* (4,6%). As demais espécies somadas correspondem a 52,8% do total de indivíduos ingressos.

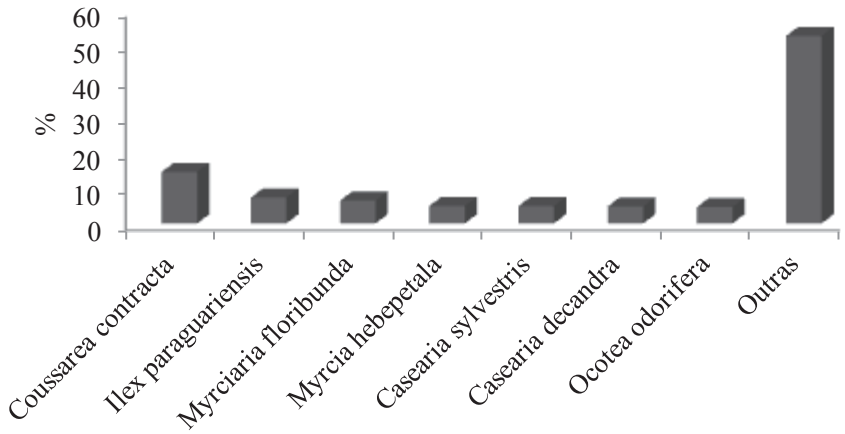


Figura 18. Porcentagem do número de indivíduos ingressos por espécie, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Considerando-se a representatividade de cada espécie em relação ao número total de indivíduos egressos (Figura 19), destacam-se: *Ilex paraguariensis* (responsável por 14,8% do total de indivíduos mortos), *Myrsine umbellata* (9,0%), *Casearia decandra* (8,3%), *Nectandra grandiflora* (5,7%), *Prunus myrtifolia* (4,9%), *Coussarea contracta* (4,1%) e *Matayba elaeagnoides* (3,9%). As demais espécies somadas correspondem a 49,3% do total de indivíduos egressos.

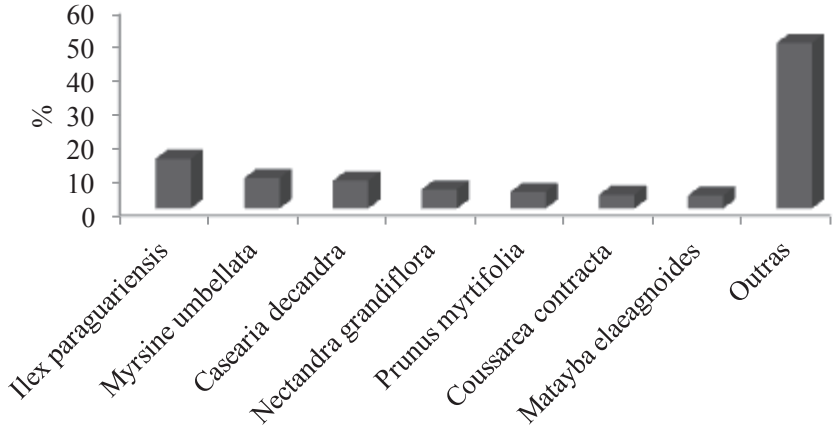


Figura 19. Porcentagem do número de indivíduos mortos por espécie, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Em relação ao ingresso entre as famílias botânicas, verificou-se a maior taxa anual para a família Symplocaceae (22,2%), seguida por Celastraceae (14,8%), Loganiaceae (11,1%) e Annonaceae (7,4%). Quanto à mortalidade, a família Symplocaceae também apresentou a maior taxa anual (14,8%), seguida pela Asteraceae (5,3%) e pelas famílias Theaceae, Styracaceae e Malvaceae, cujas taxas anuais de mortalidade foram, respectivamente, 4,4%, 4,3% e 4,1%.

Na Figura 20 são apresentadas as famílias botânicas com suas respectivas representatividades em relação ao total de indivíduos ingressos. Nesse sentido, destaca-se a importância da família Myrtaceae, a qual foi responsável por 22,3% do total de indivíduos ingressos, apresentando uma taxa de ingresso superior à taxa de mortalidade, cujos valores correspondem a 3,8 e 1,5%, respectivamente. O mesmo foi observado para a família Rubiaceae, cuja taxa anual de ingresso foi de 5,3%, enquanto que a taxa de mortalidade foi de 2,0%.

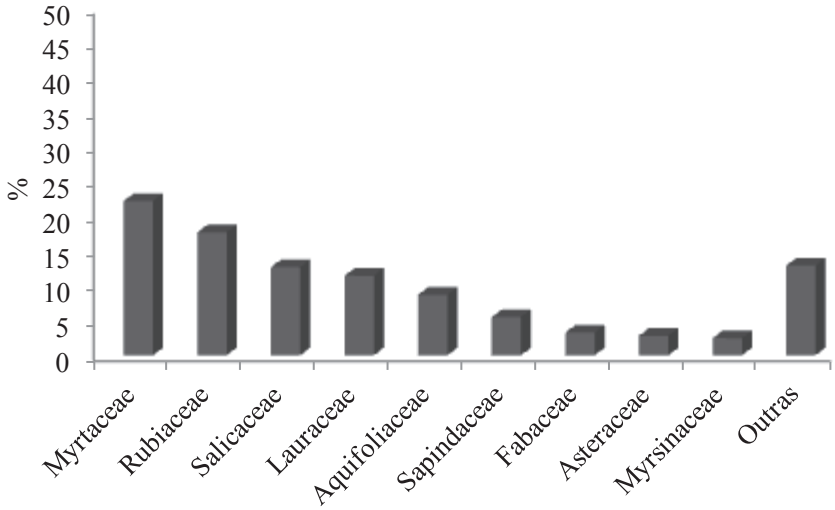


Figura 20. Porcentagem do número de indivíduos ingressos por família botânica, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Observou-se uma maior mortalidade de indivíduos pertencentes às famílias: Aquifoliaceae (responsável por 18,9% do total de indivíduos mortos), Lauraceae (13,5%), Salicaceae (10,1%), Myrsinaceae (9,1%), Myrtaceae (7,0%), Rubiaceae (5,1%), Asteraceae e Rosaceae (4,9%) e Sapindaceae (4,5%). As demais famílias juntas correspondem a 41,3% do total de indivíduos egressos (Figura 21).

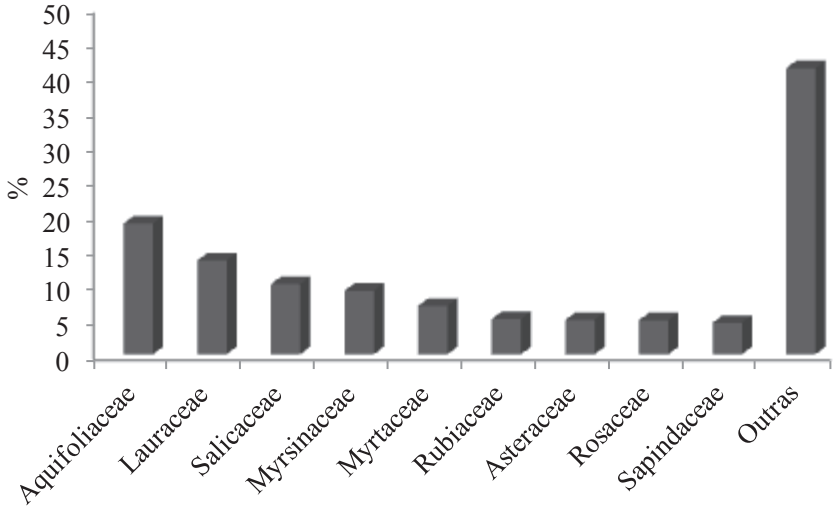


Figura 21. Porcentagem do número de indivíduos mortos por família botânica, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

A análise do ingresso por grupo ecológico indicou as maiores taxas anuais para as espécies climácicas (2,6%), seguidas pelo grupo das pioneiras (1,6%), secundárias tardias (1,2%) e secundárias iniciais (1,0%). Em relação à mortalidade, as maiores taxas foram observadas para o grupo das secundárias iniciais (2,0%), seguido pelo grupo das pioneiras (1,8%), secundárias tardias (1,2%) e climácicas (0,7%).

Com relação à representatividade de cada grupo (Figura 22), as espécies secundárias iniciais foram responsáveis por 40% dos recrutamentos no período, as pioneiras 26%, as secundárias tardias 21% e as climácicas 12%. Quanto à mortalidade, as secundárias iniciais foram responsáveis por 59% do total de egressos no período, as pioneiras por 22%, as secundárias tardias por 16% e as climácicas por 3%.

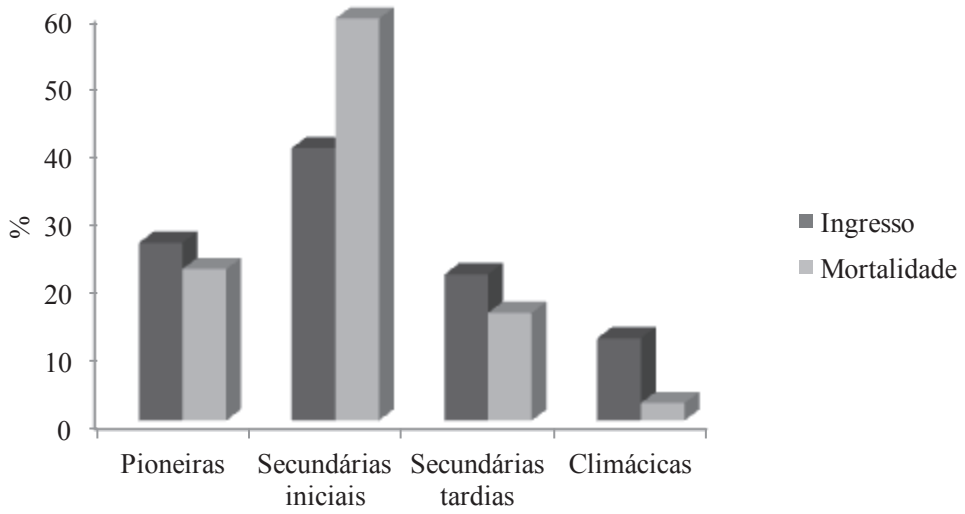


Figura 22. Porcentagem de indivíduos mortos e recrutados por grupo ecológico, no período 2002-2011, em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

A maior mortalidade das secundárias iniciais está relacionada, principalmente, à competição por espaço, nutrientes, luz e água com indivíduos de outras espécies. Em geral, as secundárias iniciais apresentam porte pequeno ou médio e na disputa, principalmente por luz, com espécies de grande porte como *Araucaria angustifolia, Ocotea porosa* e *Ocotea odorifera,* não encontram condições ideais para seu desenvolvimento.

Já o maior recrutamento das secundárias iniciais, assim como das pioneiras está relacionado a abertura de grandes clareiras na área amostrada, ocasionadas pela seca da taquara que ocorreu no período, onde a abertura de luz no interior da floresta, favoreceu

o recrutamento dessas espécies, as quais necessitam de plena luz para seu desenvolvimento.

3.5 CONCLUSÕES

- As espécies *Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa* e *Cedrela fissilis* apresentaram as taxas de incremento mais expressivas, tanto para o diâmetro, quanto para a área basal;
- Verificou-se uma maior mortalidade em relação ao ingresso e também uma redução da densidade da floresta, porém isso não afetou o crescimento líquido da área basal média por hectare, caracterizando o avanço sucessional da floresta;
- As espécies *Coussarea contracta* e *Ilex paraguariensis* foram responsáveis pelo maior número de indivíduos ingressos e egressos, respectivamente.
- As famílias Myrtaceae e Aquifoliaceae foram as mais representativas em termos de ingresso e mortalidade, respectivamente.
- Os indivíduos pertencentes ao grupo das secundárias iniciais foram aqueles que mais ingressaram e também morreram no período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, D.; SYNNOTT, T.J. **Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest**. Oxford: Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1992. 231 p. (Tropical Forestry Papers, 25).

BAKER, F. S. **Principles of Silviculture**. New York: McGraw Hill, 1950. 414 p.

BARROS, P. L. C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós – Pará**. 1980. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BARTH FILHO, N. F. **Delineamentos de um sistema de monitoramento de crescimento e produção em campo para florestas naturais: aplicação na floresta com araucária**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1997. p. 43-55. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 34).

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999. p. 174-179.

DAVIS, L. S., JOHNSON, K. N. **Forest management**. New York: McGraw-Hill, 1986. 790 p.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR.** 1999. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG.** 1997. 208 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.

GAUTO, O. A. **Análise da dinâmica e impactos da exploração sobre o estoque remanescente (por espécie e grupos de espécies similares) de uma Floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina**. 1997. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

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

LIEBERMAN, D. et al. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.73, n.3, p. 915-924, 1985.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p. 347-358, 1987.

MENDONÇA, A. C. A., **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição.** 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS.** 2006. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. Update edition. New York: John Willey & Sons, 1996.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR**: 1995 a 1998. 1999. 172 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal.** San José, C.R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997.

PULZ, F. A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras - MG.** 1998. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROSSI, L. M. B. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de Floresta Natural**. 2007. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SANQUETTA, C. R.. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal.** Curitiba: FUPEF. 1996. 49 p. (Série Didática, n. 08).

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati, v.5, n.1, p. 101-112, jan./jun. 2003

SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** 2001. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, CEPEF/FATEC, 1993. 348 p.

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A., MELLO, J. M. de. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a analise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. (org). **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998, p. 189-246.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, v.2, n.1, p. 112-137, 1996.

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 p. Tese (Doutorado) – University of Oxford, Oxford, 1989.

SPURR, S. H. **Forest Inventory**. New York: Ronald, 1952. 476 p.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield:** applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and two major groups of forest trees. **Ecology**, Ithaca, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

4 MODELAGEM DO INCREMENTO DIAMÉTRICO EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA UTILIZANDO ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que a estratificação dos dados pela análise de agrupamento pode melhorar a modelagem do incremento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná, bem como avaliar o efeito da utilização de outras variáveis dimensionais, sociológicas, de sítio e competição, além do DAP na estimativa do incremento diamétrico. O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Paraná, cuja vegetação característica é a Floresta Ombrófila Mista. Os dados empregados no estudo são provenientes de Inventário Florestal Contínuo realizado entre os anos de 2002 a 2011 em 25 parcelas permanentes com área de 1 ha (100 m x 100 m) cada uma, sendo mensurados todos os indivíduos cujo diâmetro à altura do peito fosse igual ou superior a 10 cm (DAP $\geq$ 10). A modelagem do incremento foi realizada em nível de floresta, grupo ecológico e grupo de espécies, sendo estes definidos pela análise de agrupamento, com base nos valores de incremento diamétrico médio, por espécie, por classe de diâmetro. A modelagem foi realizada de duas formas: na primeira, procedeu-se o ajuste de oito modelos matemáticos que apresentam como variável independente apenas o DAP; na segunda, foram geradas, pelo procedimento Stepwise, equações para a estimativa do incremento diamétrico com base em variáveis dimensionais, sociológicas, de sítio e competição. A utilização de outras variáveis independentes, além do DAP, influenciou positivamente os ajustes, com a redução do erro padrão de estimativa e aumento do coeficiente de determinação. Nesse sentido, as equações para a predição do incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise apresentaram melhores resultados, em todos os grupos avaliados quando comparadas aos modelos que utilizam somente o DAP no início do período de avaliação como variável independente. As variáveis mais correlacionadas com o incremento em diâmetro e, portanto, mais selecionadas nas equações obtidas pelo procedimento Stepwise, foram, respectivamente: forma da copa (100% das ocasiões), posição da copa (73,7%), área basal da parcela (68,4%), área basal da espécie por hectare (57,9%) e posição sociológica (52,6%). A variável DAP raramente foi selecionada, indicando a baixa correlação existente entre o incremento em diâmetro e o diâmetro no início do período de avaliação. A estratificação dos dados em grupos de maior similaridade, em relação ao crescimento, pela análise de agrupamento, não tornou os modelos apropriados para estimar o incremento em diâmetro, porém trouxe melhoras, reduzindo o erro padrão de estimativa.

Palavras-chave: Análise multivariada, Crescimento, Floresta com Araucária.

4 DIAMETER INCREMENT MODELING IN AN ARAUCARIA FOREST FRAGMENT BY USING CLUSTER ANALYSIS

ABSTRACT

The purpose of this study was to test the hypothesis that the data stratification by the cluster analysis could improve the modeling of the diametric increment of species from the Araucaria Forest in the Irati National Forest (FLONA), Paraná State, as well as to evaluate the effect of using other dimensional, sociological, site and competition related variables, besides DBH on the estimates of the diametric increment. The study was conducted in the Irati National Forest, which local vegetation is the Araucaria Forest. Data from 25 permanent sample plots of 1 ha in size each were used and all the individuals with diameter at breast height equal or larger than 10 cm (DBH ≥10 cm) were identified and measured. The increment modeling was performed for the whole forest, ecological groups and species groups defined by the cluster analysis according to the mean diametric increment for the species and diameter classes. Modeling was performed in two ways: in the first one eight mathematical models were fitting, presenting as independent variables only DBH; and in the second one equations for the estimation of the diametric increment were obtained by the Stepwise method, based on other dimensional, sociological, site and competition related variables. The use of other variables besides DBH had a positive effect on the fitting, reducing the standard error of estimate and increasing the coefficient of determination. According to the late methodology, the obtained equations presented better results when applied to all the evaluated groups, compared with the former methodology which uses only DBH. The most correlated variables with the diametric increment were, respectively: shape of the crown (100% of the occasions), crown position (73.7%), basal area of the plot (68.4%), basal area of the species by hectare (57.9%), and the sociological position (52.6%). The variable DBH was rarely selected, indicating a low correlation between the diametric growth and the diameter on the beginning of the evaluation period. The data stratification by groups with greater similarity, in relation to the growth, by the cluster analysis, did not make the models suitable for the estimating of the diametric increment, although it brought improvements by reducing the standard error of estimate.

Keywords: Multivariate analysis, Growth, Araucaria Forest.

4.1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo, o manejo de povoamentos florestais, equiâneos e em sua grande maioria, compostos por uma única espécie, vem sendo amplamente estudado, sendo que já se observa um grande domínio das características, técnicas e ferramentas destinadas ao manejo desses povoamentos.

Muitas espécies florestais nativas no Brasil apresentam alto potencial de utilização. Mesmo assim, pouca atenção vinha sendo dado às mesmas, no sentido da compreensão de seu ritmo de crescimento. Todavia, nas últimas décadas, surgiu um crescente interesse no estudo de florestas nativas, em vista das preocupantes taxas de destruição desses ecossistemas, do interesse em produtos secundários da floresta e da utilização de produtos madeiráveis nobres, de maneira sustentável.

Para fins madeireiros, um requisito fundamental é o da sustentabilidade da produção. Este requisito pressupõe, como informações mínimas, o conhecimento do estoque atual e o ritmo de crescimento das espécies componentes da floresta ou, pelo menos, daquelas consideradas importantes. O estoque pode ser obtido por meio de inventários das áreas de interesse. O crescimento florestal, definido com base em inventários sucessivos, entretanto, só pode ser previsto se existirem modelos de crescimento para a floresta ou modelos de incremento para as espécies de interesse que a compõe (DELLA-FLORA, 2001).

Nesse sentido, a predição do crescimento e da produção em florestas manejadas e não-manejadas é essencial para a credibilidade de um plano de manejo sustentável, tendo em vista que as decisões de manejo são tomadas com base na taxa de crescimento e na produção que a floresta pode alcançar de acordo com essa mesma taxa (FERREIRA, 1997). No Brasil tais informações são pouco utilizadas pelos órgãos competentes na aprovação de planos de manejo, muitas vezes pela insuficiência de resultados de pesquisas na área.

Uma função preditiva para o incremento do diâmetro de árvores é fundamental para modelos de crescimento, bem como para outros modelos funcionais baseados no indivíduo (árvore) ou em classes de tamanho (ALDER, 1995).

Para Zeide (1989), a modelagem do crescimento de árvores sempre é relacionada com os seus diâmetros (DAP's), devido à facilidade de medição dessa variável, sua sensibilidade às mudanças ambientais e densidade do povoamento e o fato de ser fortemente relacionada com o tamanho da copa, massa da árvore ou volume do

tronco. Já para Alder (1995), nas florestas tropicais, o incremento diamétrico pode ser predito empiricamente a partir do DAP da árvore ou da área basal, situação de competição da árvore ou povoamento e variáveis contínuas ou categóricas do sítio.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos no sentido de modelar o incremento diamétrico ou em área basal com base em variáveis dimensionais e sociológicas das árvores, índices de sítio e competição, porém os resultados obtidos não foram muito satisfatórios, sendo o baixo desempenho no ajuste destes modelos, muitas vezes, reflexo da variação existente entre os incrementos das diferentes árvores ou de vários fatores que podem estar interferindo na dinâmica de cada indivíduo, como por exemplo, a variabilidade genética, diferenças de idades, condições ambientais e mesmo a competição com outros indivíduos.

Considerando as dificuldades em modelar o incremento diamétrico de espécies florestais nativas, nesta pesquisa, buscou-se testar a hipótese de que a estratificação dos dados pela análise de agrupamento pode melhorar a modelagem do incremento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná, bem como avaliar o efeito da utilização de outras variáveis dimensionais, sociológicas, de sítio e competição, além do DAP na estimativa do incremento diamétrico.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

4.2.1 Crescimento de árvores e da floresta

O conhecimento da produção e do crescimento das florestas é essencial para o manejo criterioso das mesmas. De acordo com Della-Flora (2001), o crescimento das árvores é resultante da atividade meristemática e tem como consequência o alongamento e engrossamento de raízes, galhos e tronco, causando alterações no peso, volume e na forma da árvore.

Segundo a mesma autora, a "curva cumulativa de crescimento" toma a forma de uma sigmóide que representa, em diferentes idades, o valor cumulativo de qualquer característica mensurável de uma árvore (diâmetro, altura, volume, etc.) ou de um povoamento florestal (área basal, volume total por unidade de área, altura dominante, etc.) em função do tempo.

O crescimento das dimensões e as dimensões definitivas de cada espécie sofrem a influência das condições ambientais locais que se refletem nas curvas de crescimento (LAMPRECHT, 1990). Assim, o crescimento das árvores é governado pelos fatores genéticos da espécie e pelas condições ambientais que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição.

Gauto (1997) considerou como crescimento da floresta, ou das árvores que a compõem, as mudanças ocorridas em tamanho em um determinado período de tempo. Sabe-se, portanto, que, em uma floresta, o crescimento está caracterizado pela atividade das árvores vivas, mas a somatória dos crescimentos individuais não reflete o crescimento do povoamento como um todo, pelo fato de que existem árvores que morrem e árvores que ingressam nas classes diamétricas inferiores durante o período de tempo considerado.

De acordo com Carvalho (1997), existe variação de crescimento entre espécies, assim como pode haver variação dentro de uma mesma espécie e entre indivíduos por causa das diferenças que existem entre tamanhos e grau de iluminação do dossel e a influência dos fatores genéticos. Os tratamentos silviculturais podem diminuir ou até, em alguns casos, eliminar a diferença do crescimento entre indivíduos de uma mesma espécie e seu padrão de crescimento.

Os principais fatores que influem no crescimento de uma árvore são: luz, conteúdo de clorofila, concentração de CO_2, temperatura, água e nutrientes; fatores esses dependentes da adaptação genética da espécie e da competição (SCHNEIDER, 1993).

Segundo Baker (1950), o crescimento de uma árvore depende de três características: quantidade de fotossíntese disponível, padrão de distribuição dos fotoassimilados e taxa de transformação dos produtos armazenados. A quantidade de fotossíntese disponível depende de diversos fatores, como: superfície foliar, eficiência foliar para a respiração, fatores de sítio-umidade e elementos nutritivos, além de energia solar.

4.2.2 Modelagem do crescimento

Meyer et al. (1961) comentaram que a tarefa do profissional envolvido com o manejo florestal deve estar dirigida à produção sustentada da floresta pelo conhecimento e manejo do crescimento.

Uma das maneiras de se obter conhecimentos sobre o crescimento das espécies é por meio de modelos de crescimento. Esses modelos auxiliam nas pesquisas e no manejo das florestas de várias formas, entre as quais, inclui-se a possibilidade da predição de produção em tempos futuros, partindo das condições atuais.

Segundo Campos e Leite (2006), há uma extensa literatura no que diz respeito a modelos de crescimento de florestas homogêneas e equiâneas. No entanto, esse tipo de ecossistema é simples e muitos desses modelos não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento e, portanto, não são aplicáveis para florestas de múltiplas espécies com diferentes idades (VANCLAY, 1994).

De acordo com Sterba (1992), em povoamentos equiâneos, o incremento é determinado em função das características médias das variáveis dimensionais, das árvores médias do povoamento e em função da idade. Essas variáveis, segundo Andreassen e Tomter (2002), são os componentes básicos para as estimativas futuras em povoamentos homogêneos. Todavia, em uma floresta inequiânea, embora a idade tenha expressão, não é conhecida ou muitas vezes é de difícil determinação devido à ausência de anéis anuais de crescimento em algumas espécies, sendo, assim, substituída pela dimensão das árvores.

Florestas mistas possuem um elevado nível de complexidade e diversidade comparado a povoamentos homogêneos. Possuem uma vasta gama de espécies, com várias alturas e tamanhos de copa, resultando em um perfil vertical irregular da floresta. Consequentemente, idade e índice de sítio (variáveis utilizadas na tabela de produção para povoamentos homogêneos) não são utilizáveis para modelagem do crescimento de árvores individuais em florestas nativas, sendo esta uma das razões por que a modelagem do crescimento e da produção para esse tipo de floresta não tem sido desenvolvida tão rapidamente como para povoamentos homogêneos (KIERMAN et al., 2008).

Segundo Vanclay (1994), para a determinação do crescimento e incremento de espécies que compõem as florestas inequiâneas e de múltiplas espécies, deve-se lançar mão de técnicas de modelagem de crescimento considerando as árvores de forma individual, pois cada espécie apresenta um conjunto de características singulares, como: ritmo de crescimento, necessidades por nutrientes, luz e espaço para crescimento, em um período de desenvolvimento bem mais longo quando comparado a uma floresta pura.

Segundo Della-Flora (2001), esses modelos têm como vantagem o detalhamento da estrutura do povoamento sendo potencialmente aplicáveis para as florestas naturais, além de permitirem a análise de aspectos fisiológicos e de coexistência. Nesses modelos, não é mais o povoamento a unidade de prognose, mas sim cada árvore individualmente. Nas tabelas de produção usuais, a média das dimensões e somas por unidade de área serão o somatório dos incrementos das árvores singulares.

Os diversos modelos de crescimento e produção para florestas mistas e inequiâneas podem ser divididos em três grupos, sendo modelos para o povoamento total ou globais (*whole stand model*), de classes de tamanho (*size class model*) e de árvore individual (*single-tree model*). Nos modelos para o povoamento total, o crescimento e a produção são enfocados no povoamento, ou seja, o povoamento é tomado como unidade básica para modelagem. Nos modelos de classes de tamanho, empregam-se classes (de diâmetro, de altura, etc.) como unidades básicas. Já nos modelos para árvores individuais, a árvore é a unidade básica. Os modelos para árvore individual simulam cada indivíduo com relação ao estabelecimento, crescimento e mortalidade, e a soma das estimativas de cada árvore resulta na produção do povoamento (VANCLAY, 1994).

Vários trabalhos, que abordaram o tema em análise foram realizados, dentre os quais estão os de Vanclay (1991) que desenvolveu uma função de incremento em diâmetro e testou vários critérios de agrupamento de 237 espécies da floresta de Queensland, na Austrália; Chai e Lemay (1993) que desenvolveram um modelo diamétrico para as florestas de Sarawak, Malásia; Zhang et al. (1996) que modelaram o crescimento de *Pinus taeda*; Nyström e Kexi (1997) que modelaram o incremento em área basal de *Picea abies* em povoamentos jovens; Della-Flora (2001) que formulou modelos de crescimento para *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula* no estado do Rio Grande do Sul; Spathelf e Durlo (2001) que empregaram um modelo polinomial de segundo grau para ajustar o incremento diamétrico com o centro de classe como variável independente em floresta secundária subtropical no estado do Rio Grande do Sul; Andreassen e Tomter (2002) que modelaram o crescimento em área basal de espécies folhosas e coníferas; Palahí et al. (2003) que usaram um modelo de incremento diamétrico para a modelagem de crescimento de árvores de *Pinus sylvestris* na Espanha; Palahí e Grau (2003) que modelaram o incremento em diâmetro de *Pinus nigra* no norte da Espanha; Phillips et al. (2004) que aplicaram um modelo de incremento individual na floresta amazônica brasileira; Liang et al. (2005) que usaram um modelo de incremento

diamétrico em florestas mistas de coníferas na Califórnia; Nebel e Meilby (2005) que empregaram uma equação para modelar o incremento diamétrico para oito espécies na Amazônia peruana; Namaalwa et al. (2005) que desenvolveram um modelo de crescimento para as florestas áridas de Uganda; González et al. (2006) que modelaram o incremento em diâmetro de *Quercus suber*; Mattos (2007) que modelou o incremento periódico anual em área basal para *Cabralea canjerana, Cedrela fissilis e Cordia tricotoma*; Rossi (2007) que utilizou modelos lineares e não lineares para realizar a modelagem do incremento em uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, Paraná; Adame et al. (2008) que modelaram o incremento em diâmetro de *Quercus pyrenaica*.

No entanto, ainda pouco se conhece sobre as florestas nativas, principalmente no que diz respeito ao ritmo de crescimento das espécies. Observa-se de maneira geral, que os trabalhos apresentaram um coeficiente de determinação baixo, informando a baixa precisão das estimativas de incremento em área basal ou diâmetro. Esses resultados podem ser justificados pela alta variabilidade presente nas florestas nativas, as quais apresentam inúmeras espécies em diferentes idades.

A maioria dos modelos adequados para florestas mistas predizem, explicitamente, o crescimento de árvores individuais, na maioria das vezes, com equações para estimar o crescimento em diâmetro a partir do diâmetro das árvores e outras variáveis. Estas equações são normalmente ajustadas com dados de remedições de parcelas permanentes nas quais todas as árvores foram individualmente medidas e identificadas (VANCLAY, 1994).

O crescimento em diâmetro de árvores individuais pode ser expresso como incremento em diâmetro ou correspondente incremento em área basal. Segundo Vanclay (1994), pesquisadores discutem a preferência da modelagem do incremento em área basal sobre a modelagem do incremento em diâmetro, já que o incremento em área basal supostamente seria mais parecido com o crescimento em volume atingido por uma árvore e também pelo fato de os modelos de incremento em área basal apresentarem maior coeficiente de determinação em relação aos de incremento em diâmetro. No entanto, segundo o autor, essa diferença na precisão do modelo é devido à estrutura do erro e implica uma relação funcional, ao invés de superioridade de um modelo sobre o outro, sendo que West (1980) não encontrou diferenças na precisão entre modelos de incremento em diâmetro e área basal.

Outra decisão a ser tomada na modelagem é em relação à variável resposta, ou seja, modelar o diâmetro futuro ou o incremento em diâmetro. De acordo com Vanclay (1994), o aumento do diâmetro do tronco pode ser expresso como uma função de produção, a qual estima diâmetros futuros, ou como uma função de crescimento, que estima o incremento durante um período específico. Em teoria, ambas as formas deveriam apresentar o mesmo resultado; no entanto, diferenças podem ser observadas quando há variações nos intervalos de medição ou quando este é muito grande.

4.2.3 Análise de agrupamento

Em quase todas as áreas de pesquisa diversas variáveis são mensuradas e, em geral, essas devem ser analisadas conjuntamente. A análise multivariada é a área da estatística que trata desse tipo de estudo e existem várias técnicas que podem ser aplicadas, sendo que, a utilização dessas depende do tipo de dados que se deseja analisar e dos objetivos do estudo.

Basicamente, a estatística multivariada se divide em dois grupos: um primeiro, constituído pelas técnicas exploratórias de sintetização (ou simplificação) da estrutura de variabilidade dos dados, e um segundo, constituído pelas técnicas de inferência estatística. Fazem parte do primeiro grupo, métodos como a análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamento, análise discriminante e análise de correspondência. Esses métodos têm um apelo prático muito interessante, pois, em geral, independem do conhecimento da forma matemática da distribuição de probabilidades geradora dos parâmetros. No segundo grupo, encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, de covariância e de regressão (MINGOTI, 2005).

A análise de agrupamento é uma técnica multivariada que tem por objetivo proporcionar uma ou várias partições na massa de dados, em grupos, por algum critério de classificação, de tal forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre grupos (SNEATH e SOKAL, 1973; MARDIA et al., 1997).

A análise de agrupamento, utilizada em processos de classificação, consiste em determinar o nível de similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos e/ou grupos destes, aplicando-se uma função de agrupamento a uma determinada variável.

A análise de agrupamento inicia-se pela determinação de uma função de agrupamento, onde esta é usada como critério para medir a distância entre dois

elementos ou para estabelecer o quanto eles são parecidos. Alguns autores a chama de "coeficiente de parecença", que se divide em duas categorias: medida de similaridade e dissimilaridade. Sabe-se, ainda, que existem na literatura vários métodos de agrupamento associados às várias funções de agrupamento, gerando diferentes formas de grupos. Os relacionados por Wilks (1995) são: Método da Ligação Simples, Método da Ligação Completa, Método do Centróide e Método de Ward.

Esse tipo de técnica sumariza dados para interpretação e utiliza métodos que procuram grupos excludentes, ascendentes, reduzindo as informações de um conjunto de n indivíduos para informações de um novo conjunto de g grupos, onde g é significativamente menor que n, resultando um dendrograma de exclusão (MARDIA et al., 1997).

Geralmente, é difícil avaliar a qualidade do processo de agrupamento. Não existem testes estatísticos padrões para garantir que o resultado seja puramente aleatório. Na análise de agrupamento, é fundamental ter particular cuidado na seleção das variáveis de partida que vão caracterizar cada indivíduo, e determinar, em última instância, qual o grupo em que deve ser inscrito. Nesta análise não existe qualquer tipo de dependência entre as variáveis, isto é, os grupos se configuram por si mesmo sem necessidade de ser definida uma relação causal entre as variáveis utilizadas. Essa análise não faz uso de modelos aleatórios, mas é útil por fornecer um sumário bem justificado de um conjunto de dados. As técnicas são exploratórias e a idéia é, sobretudo gerar hipóteses, mais do que testá-las, sendo necessária a validação posterior dos resultados encontrados pela aplicação de outros métodos estatísticos (REIS, 1997).

Genericamente, a análise de agrupamento compreende cinco etapas (AAKER et al., 2001):

1. A seleção de indivíduos ou de uma amostra de indivíduos a serem agrupados;
2. A definição de um conjunto de variáveis a partir das quais serão obtidas informações necessárias ao agrupamento dos indivíduos;
3. A definição de uma medida de semelhança ou distância entre os indivíduos;
4. A escolha de um algoritmo de partição/classificação;
5. Por último, a validação dos resultados encontrados.

A análise de agrupamento envolve algumas decisões subjetivas, como qual técnica é mais conveniente, conforme as circunstâncias. Vários são os tipos de técnicas de agrupamento encontradas na literatura (JOHNSON e WICHERN, 1992; CRUZ e REGAZZI, 1994; MARDIA et al., 1997; AAKER et al., 2001; BARROSO e ARTES,

2003), tendo o pesquisador que tomar a decisão de qual é a mais adequada ao seu propósito, uma vez que, as diferentes técnicas podem levar a diferentes soluções.

Determinar o número de grupos para uma base de dados é uma das tarefas mais difíceis no processamento de agrupamento. Para Barroso e Artes (2003), o número de grupos pode ser definido a priori, com algum conhecimento que se tenha sobre os dados, pela conveniência do pesquisador, por simplicidade, ou ainda pode ser definido a posteriori com base nos resultados da análise.

Alguns trabalhos realizados na área florestal com base na análise multivariada podem ser citados, como os de Longhi (1997) que utilizou as análises de agrupamento e discriminante em comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo, estado do Rio Grande do Sul, com finalidade de proporcionar subsídios em programas de recuperação e utilização racional da vegetação.

Scheeren et al. (2000) obtiveram unidades amostrais similares, em razão dos fatores físicos e dos nutrientes do solo, das acículas e da serapilheira de um povoamento de *Araucaria angustifolia*, utilizando a análise de agrupamentos e discriminante na Floresta Nacional de Canela, estado do Rio Grande do Sul.

Souza et al. (2003), em estudos na Mata da Silvicultura em Viçosa, estado de Minas Gerais, propuseram um método de estratificação vertical para florestas inequiâneas, utilizando análise de agrupamento e discriminante. Mais tarde este método foi aplicado por Souza e Souza (2004) em Paragominas, estado do Pará, para estratificação vertical da Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada.

Santos et al. (2004) utilizaram as análises de componentes principais, de agrupamento e discriminante para distinguir grupos ecológicos de 37 espécies arbóreas, em área sem intervenção, na Floresta Estacional Semidecidual Secundária de Transição, em Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, estado de Minas Gerais.

Souza e Souza (2006) propuseram um método de estratificação em classes homogêneas de estoque volumétrico da Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada, empregando as técnicas de análise de agrupamento e discriminante.

Rivera (2007) desenvolveu uma proposta para ordenamento do território da Reserva Florestal Embrapa/Epagri (RFEE) em Caçador, estado de Santa Catarina, utilizando a Avaliação Multicritério, a qual foi composta, dentre outras técnicas, pela análise multivariada (análise de agrupamento e discriminante). No estudo foram agrupadas 56 parcelas, em cinco grupos florísticos, sendo cinco variáveis (espécies) com capacidade de discriminar os grupos.

Rode (2008) utilizou as técnicas multivariadas de agrupamento e discriminante para formar grupos florísticos mais homogêneos na vegetação arbórea de um povoamento de araucária e em uma Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional de Irati, Paraná, bem como para determinar as espécies discriminantes nos diferentes ambientes dos grupos formados.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Origem dos dados e localização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Paraná, cuja vegetação característica é a Floresta Ombrófila Mista. Os dados empregados no estudo são provenientes de Inventário Florestal Contínuo realizado entre os anos de 2002 a 2011 em 25 parcelas permanentes com área de 1 ha (100 m x 100 m) cada uma, sendo mensurados todo os indivíduos cujos diâmetros à altura do peito fossem iguais ou superiores a 10 cm (DAP ≥ 10), conforme descrito no Capítulo I.

4.3.2 Incremento em diâmetro

O incremento em diâmetro foi obtido com base no crescimento em diâmetro das árvores medidas na primeira ocasião e que permaneceram vivas durante todo o período de monitoramento do fragmento. Sendo assim, foram descritos os incrementos diamétricos ocorridos entre 2002 e 2011. Os incrementos periódicos (*IP*) e periódico anual (*IPA*) em diâmetro foram calculados utilizando:

$$IP_d = d_f - d_i \tag{4.1}$$

$$IPA_d = \frac{IP_d}{P} \tag{4.2}$$

onde:

IP_d = Incremento Periódico em diâmetro (cm);

IPA_d = Incremento Periódico Anual em diâmetro (cm/ano);

d_f = DAP no final do período de crescimento avaliado (cm);

d_i = DAP no inicio do período de crescimento avaliado (cm);
P = intervalo de medição (anos).

4.3.3 Estratificação dos dados

Com o objetivo de reduzir a variação dos dados na busca de uma modelagem mais eficiente, foram definidos grupos de espécies com características de crescimento similares. Para tal, primeiramente as espécies foram classificadas em grupos ecológicos (conforme descrito no capítulo II). Para cada grupo ecológico (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas) foi estruturada uma matriz de dados com a *i-ésima* espécie e *j-ésima* classe de DAP, considerando-se os valores de incremento diamétrico médio, ou seja, as espécies foram agrupadas com base em suas dimensões e sua taxa de crescimento. Cada matriz de dados foi submetida à análise de agrupamento pelo método aglomerativo hierárquico utilizando a Distância Euclidiana como medida de similaridade, sendo o dendrograma, gerado para cada grupo ecológico, obtido pelo método de ligação completa (vizinho mais distante), com base no qual foram definidos grupos de espécies com características de crescimento similares. A determinação do número de grupos de espécies obtidos para cada grupo ecológico, foi realizada pela análise gráfica do dendrograma, através da qual foram realizados testes para avaliar as estimativas geradas pelos diferentes grupos (diferentes níveis de corte), e deste modo, determinar qual composição apresentava os melhores resultados.

As espécies raras (densidade inferior a um indivíduo por hectare) não foram consideradas no agrupamento, visto que na maioria das vezes, formavam grupos isolados e, nestes casos, o número de observações era insuficiente para a realização da modelagem.

Dessa forma, foram comparados os resultados da modelagem do incremento em diâmetro em nível de floresta, grupo ecológico e grupos de espécies.

4.3.4 Modelagem do incremento em diâmetro

Realizou-se a modelagem do incremento em diâmetro de duas formas. Em uma delas foram testados oito modelos (Tabela 11), sendo três lineares e cinco não lineares, os quais apresentam como variável independente apenas o DAP no início do período de avaliação para a estimativa do incremento diamétrico. Considerou-se o incremento

periódico anual, calculado com base no período 2002-2011, utilizando-se, obviamente o diâmetro no ano de 2002 como variável independente. Foram realizados testes para avaliar as estimativas considerando-se intervalos menores entre as medições (3 anos), porém os resultados obtidos foram inferiores em comparação ao período de nove anos. Sendo assim, é apresentada apenas a modelagem referente ao período 2002-2011.

Tabela 11. Modelos de incremento diamétrico testados.

N°	Autor	Modelo
1	ALEMDAG (1978)	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$
2	BERTALANFFY	$I_d = \beta_0 DAP^{\beta 1} - DAP^{\beta 2}$
3	*	$I_d = \beta_0 DAP^{\beta 1} e^{\beta 2 DAP}$
4	*	$I_d = DAP (\beta_0 - (\beta_1 \ln DAP))$
5	*	$I_d = e^{\beta 0 + \beta 1 (1/DAP)}$
6	*	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP$
7	*	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP^2$
8	*	$I_d = e^{\beta 0 + \beta 1 DAP}$

*Modelos ajustados por ROSSI (2007); I_d = Incremento periódico anual em diâmetro (cm/ano); DAP = Diâmetro a 1,3m (cm) no início do período de crescimento; ln = logaritmo neperiano; e = base do logaritmo neperiano; β_0, β_1, β_2 = coeficientes a estimar.

Com o objetivo de avaliar o efeito da utilização de outras variáveis, além do diâmetro, na estimativa do incremento diamétrico, foram criadas equações pelo procedimento Stepwise, tanto para os grupos ecológicos, como para os grupos obtidos pela análise de agrupamento e também para a floresta em geral. Foram utilizadas como variáveis independentes as características dimensionais e sociológicas, índices de competição e de sítio. Nesse sentido, foram definidas as seguintes variáveis:

a) *Variáveis dimensionais*: diâmetro a altura do peito; diâmetro somado a um desvio padrão; diâmetro somado a duas vezes o desvio padrão; diâmetro elevado ao quadrado; logaritmo neperiano do diâmetro; inverso do diâmetro; área transversal; centro da classe de diâmetro (15 a 105 cm, sendo a amplitude de classe utilizada igual a 10 cm);

b) *Variáveis de Sítio*: área basal da parcela (10 m x 50 m); área basal da espécie por hectare;

c) *Variáveis de competição*: Índice de Glover e Hool (definido pela razão entre o quadrado do diâmetro da árvore considerada pelo quadrado do diâmetro médio da floresta) e Índice de BAL (*Basal Area Larger*), definido pela razão entre a área basal média por unidade amostral e a área basal da árvore considerada;

d) Outras: Forma do fuste (FF): fuste reto (3), fuste levemente tortuoso (2) e fuste tortuoso (1); Posição sociológica (PS): estrato superior (3), estrato médio (2) e estrato inferior (1); Fitossanidade: fitossanidade boa (3), fitossanidade média (2), fitossanidade ruim ou atacada por pragas, podridão do fuste etc. (1). Foram utilizadas, ainda, duas variáveis que merecem destaque, a posição da copa (PC) e a forma da copa (FC), avaliadas de acordo com a proposta de Dawkins (1958).

A posição da copa, conforme Dawkins (1958), é determinada em função da incidência de luz. Para isso, considera-se um cone com ângulo de 90° a partir da base da copa. O método divide a posição da copa em cinco classes (Figura 23). Na classe 5 (emergente), a superfície da copa está completamente exposta à luz no sentido vertical e está livre de competição lateral; há incidência total de luz no cone. Na classe 4 (iluminação superior completa), a parte superior da copa está completamente exposta à luz, mas ocorre sombreamento lateral de outras copas de altura igual ou maior dentro do cone. Na classe 3 (iluminação superior parcial), a superfície da copa não fica inteiramente exposta à luz no sentido vertical, pois está parcialmente sombreada por outras copas. Na classe 2 (alguma iluminação natural), a superfície da copa está toda sombreada no sentido vertical, mas permanece exposta a alguma luz direta devido a uma clareira ou à extremidade de um dossel superior. Na classe 1 (sem iluminação direta), a superfície da copa está totalmente sombreada, tanto no sentido vertical quanto lateral.

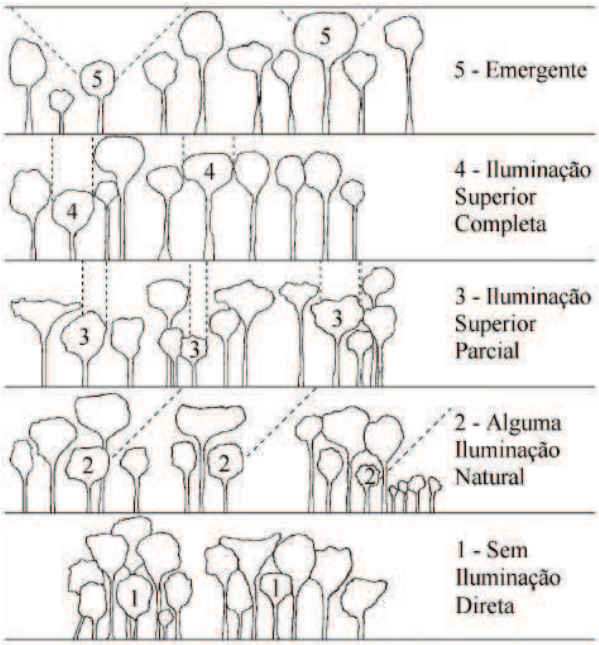


Figura 23. Classificação da posição da copa proposta por Dawkins (adaptado de Dawkins, 1958).

A forma da copa, segundo Dawkins (1958), também é definida em cinco classes (Figura 24). Classe 5 (forma perfeita): nenhuma irregularidade, tanto em perspectiva superior quanto lateral. Classe 4 (boa forma): existe pequena irregularidade no formato da copa. Classe 3 (forma tolerável): as irregularidades são maiores, porém inferiores a 50% da copa. Classe 2 (forma pobre): as irregularidades são superiores a 50% da copa. Classe 1 (forma intolerável): as irregularidades são muito grandes, podendo atingir toda a copa.

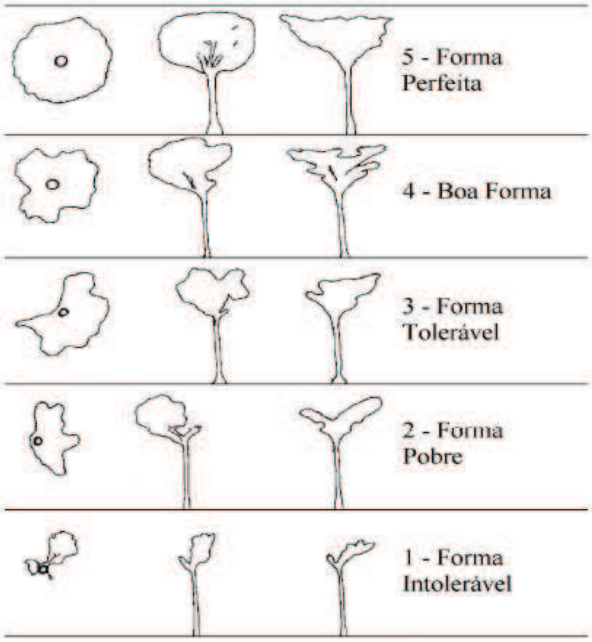


Figura 24. Classificação da forma da copa proposta por Dawkins (adaptado de Dawkins, 1958).

4.3.5 Avaliação dos modelos

A seleção dos modelos foi feita com base no maior coeficiente de determinação ajustado (R^2 adj), menor erro padrão da estimativa relativo (Syx%) e para os melhores modelos foi construída a distribuição gráfica dos resíduos em percentagem a fim de verificar possíveis tendências nas estimativas. Além disso, verificou-se a significância dos coeficientes (p-valor $\alpha \leq 0,05$) para cada ajuste realizado. Quando constatados coeficientes não significativos, estes foram descartados e realizou-se um novo ajuste somente com os coeficientes significativos. Foram utilizadas as seguintes equações:

$$R^2 = 1 - \frac{SQ\mathrm{Re}s}{SQTot} \qquad (4.3)$$

$$R^2adj = 1 - \frac{SQ\mathrm{Re}s}{SQTot} \cdot \frac{n-p}{n-1} \qquad (4.4)$$

$$Sq\,\mathrm{Re}s = \sum (Yi - Yest)^2 \qquad (4.5)$$

$$Sq\,Tot = \sum (Yi - Ymed)^2 \qquad (4.6)$$

$$Syx = \sqrt{\frac{SQ\,\mathrm{Re}s}{n-p}} \qquad (4.7)$$

$$Syx\,\% = \frac{Syx}{Ymed} \cdot 100 \qquad (4.8)$$

$$\mathrm{Re}s\,\% = \frac{Yi - Yest}{Yi} \cdot 100 \qquad (4.9)$$

Onde:

R^2 = Coeficiente de determinação;

R^2adj = Coeficiente de determinação ajustado;

SQ Res = Soma dos Quadrados dos Resíduos;

SQ Tot = Soma dos Quadrados Totais;

Syx = Erro padrão da estimativa;

Syx% = Erro padrão da estimativa em percentagem;

Res% = Percentagem de Resíduos;

Yi = Incremento em diâmetro observado;

Yest = Incremento em diâmetro estimado;

Ymed = Incremento médio em diâmetro;

n = número de observações;

p = número de coeficientes do modelo.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Pioneiras

A definição dos grupos de espécies para cada grupo ecológico foi realizada pela análise gráfica do dendrograma resultante da análise de agrupamento com base nos valores de incremento médio por espécie, por classe de DAP. Na Figura 25 é apresentado o dendrograma obtido pela distância euclidiana como medida de similaridade, utilizando o método de ligação completa do vizinho mais distante, para o grupo ecológico das espécies pioneiras.

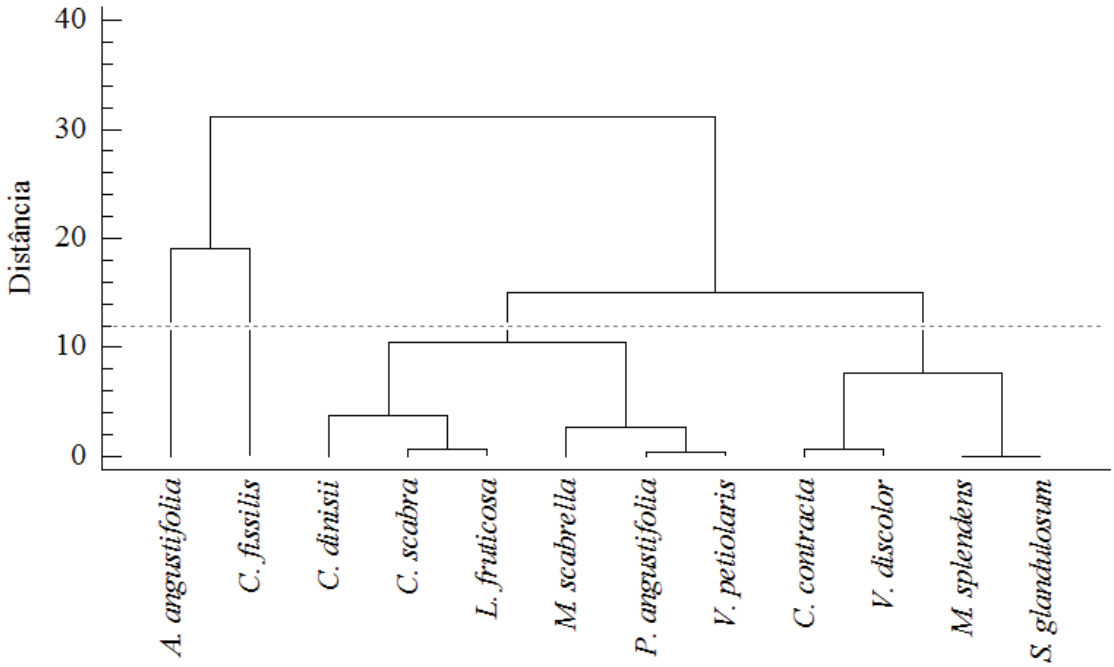


Figura 25. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies pioneiras de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Com base no dendrograma, foram definidos quatro grupos distintos. As espécies *Araucaria angustifolia* e *Cedrela fissilis* formam os grupos 1 e 2, respectivamente. O grupo 3 é formado pelas espécies *Cinnamodendron dinisii, Clethra scabra, Laplacea fruticosa, Mimosa scabrella, Piptocarpha angustifolia* e *Vernonanthura petiolaris.* Finalmente, o grupo 4 é formado pelas espécies *Coussarea contracta*, *Myrcia splendens, Sapium glandulosum* e *Vernonanthura discolor.* Com o objetivo de comparar

e avaliar a eficiência do agrupamento na modelagem do incremento em diâmetro, todas as espécies pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras foram reunidas em um único grupo, denominado Pioneiras.

Na Tabela 12 e 13 são apresentados, respectivamente, os resultados dos ajustes realizados com base nos modelos cuja variável independente é o DAP e as equações para estimativa do incremento diamétrico obtidas pela análise de regressão pelo procedimento Stepwise.

Tabela 12. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies pioneiras e para os grupos formados para as espécies pioneiras pela análise de agrupamento.

Grupo (observações)	**Estatísticas**	**MODELO**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1 (1034)	**R^2 adj**	0,171	0,150	**0,201**	0,171	0,158	0,084	0,045	0,072
	Syx (%)	50,00	50,65	**49,10**	50,00	50,40	52,56	53,68	52,92
	β_0	0,0366	0,4122	**0,0050**	0,0424	-0,5251	0,2803	0,3613	-1,1514
	β_1	0,0170	0,0981	**1,6150**	0,0084	-11,3691	0,0033	0,0001	0,0065
	β_2	-0,0002	-0,5062	**-0,0337**	---	---	---	---	---
2 (363)	**R^2 adj**	0,152	**0,158**	0,150	0,155	0,155	0,138	0,107	0,123
	Syx (%)	53,22	**53,08**	53,34	53,17	53,16	53,68	54,62	54,17
	β_0	0,0521	**0,3030**	0,0543	0,0322	-0,5564	0,1698	0,2682	-1,4970
	β_1	0,0138	**0,1613**	0,5818	0,0059	-13,4155	0,0058	0,0001	0,0139
	β_2	-0,0001	**-0,5371**	-0,0033	---	---	---	---	---
3 (498)	**R^2 adj**	0,013	0,014	0,010	0,010	**0,016**	0,010	0,007	0,010
	Syx (%)	82,98	82,90	83,06	83,07	**82,81**	83,10	83,25	83,08
	β_0	0,0994	0,4095	0,1284	0,0327	**-1,1968**	0,1751	0,2065	-1,6882
	β_1	0,0088	-0,0587	0,1701	0,0071	**-5,7069**	0,0023	0,0001	0,0090
	β_2	-0,0001	-0,7215	0,0022	---	**---**	---	---	---
4 (626)	**R^2 adj**	**0,076**	0,051	0,074	0,066	0,045	0,069	0,076	0,075
	Syx (%)	**64,24**	65,09	64,29	64,57	65,30	64,48	64,25	64,28
	β_0	**0,2059**	0,4401	0,2330	0,0234	-0,8945	0,0606	0,1394	-2,2324
	β_1	**-0,0084**	0,0402	-0,4269	0,0032	-9,2723	0,0104	0,0003	0,0454
	β_2	**0,0006**	-0,4814	0,0694	---	---	---	---	---
Pioneiras* (2521)	**R^2 adj**	0,251	0,244	**0,254**	0,244	0,242	0,204	0,145	0,174
	Syx (%)	60,15	60,40	**60,16**	60,40	60,50	61,98	64,24	63,16
	β_0	0,0243	0,4061	**0,0115**	0,0312	-0,5415	0,1587	0,2492	-1,5414
	β_1	0,0149	0,1154	**1,1973**	0,0057	-13,9647	0,0053	0,0001	0,0125
	β_2	-0,0001	-0,4160	**-0,0200**	---	---	---	---	---

* Todas espécies classificadas como pioneiras.

Observa-se na Tabela 12 que os resultados obtidos não foram satisfatórios, com R^2 ajustado inferiores a 0,254. Os erros médios também não são apropriados e foram

superiores a 49,10%. De maneira geral, o modelo 3 apresentou os melhores resultados, tanto no Grupo 1, quanto no Grupo Pioneiras, nos quais foram observados o menor erro médio e o maior coeficiente de determinação ajustado, respectivamente.

Tabela 13. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies pioneiras em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Grupo (observações)	**Variável Independente**	**Coeficientes**	**R² adj**	**Syx (%)**
1 (1034)	Constante	0,0879	0,302	45,89
	PC	0,0623		
	FC	0,0592		
	G parcela	-0,0709		
	DAP²	-0,0001		
	1/DAP	-1,3552		
2 (363)	Constante	-0,1432	0,244	50,31
	PS	0,0909		
	FC	0,0331		
	PC	0,0336		
3 (498)	Constante	0,0537	0,245	72,55
	Gsp/ha	-0,3252		
	FC	0,0488		
	PC	0,0418		
	Centro da Classe de DAP	-0,0036		
	PS	0,0348		
4 (626)	Constante	-0,8396	0,238	58.31
	FC	0,0312		
	IGH	-0,3096		
	G sp/ha	0,4635		
	G parcela	-0,1438		
	FI	0,0253		
	PC	0,0174		
	BAL	0,0013		
	DAP + 2DP	0,0451		
Pioneiras* (2521)	Constante	-0,0846	0,368	55,23
	PC	0,0436		
	FC	0,0520		
	G sp/ha	0,0105		
	G parcela	-0,0518		
	PS	0,0353		

*Todas as espécies classificadas como pioneiras; FC = Forma da copa; FI = Fitossanidade; PC = Posição da copa; PS = Posição sociológica; G parcela = Área basal da parcela; G sp/ha = Área basal da espécie por hectare; IGH = Índice de Glover e Hool; BAL = Índice de BAL; DP = Desvio padrão do DAP.

Em relação às equações obtidas pelo procedimento Stepwise, o grupo 1 apresentou o erro padrão de estimativa mais baixo, 45,89%, porém o maior R² ajustado

foi observado para o grupo Pioneiras, o que indica que não houve melhoria dessa estatística pelo agrupamento das espécies pela análise de agrupamento.

Comparando os resultados obtidos pelo procedimento Stepwise com os resultados dos modelos tradicionais, observa-se uma melhoria das estatísticas, em todos os grupos, com a adição de outras variáveis além do DAP para a estimativa do incremento diamétrico, principalmente nos grupos 3 e 4, os quais apresentaram um R^2 ajustado de 0,016 e 0,076, respectivamente, passando para 0,245 e 0,238. Em relação ao erro padrão da estimativa, estes mesmos grupos passaram de 82,81 e 64,24% para 72,55 e 58,31%, respectivamente.

A distribuição dos resíduos dos modelos tradicionais bem como das equações obtidas pelo procedimento Stepwise podem ser observadas nas Figuras 26 e 27, em que os desvios foram relativamente altos, porém não sendo observada qualquer tendência.

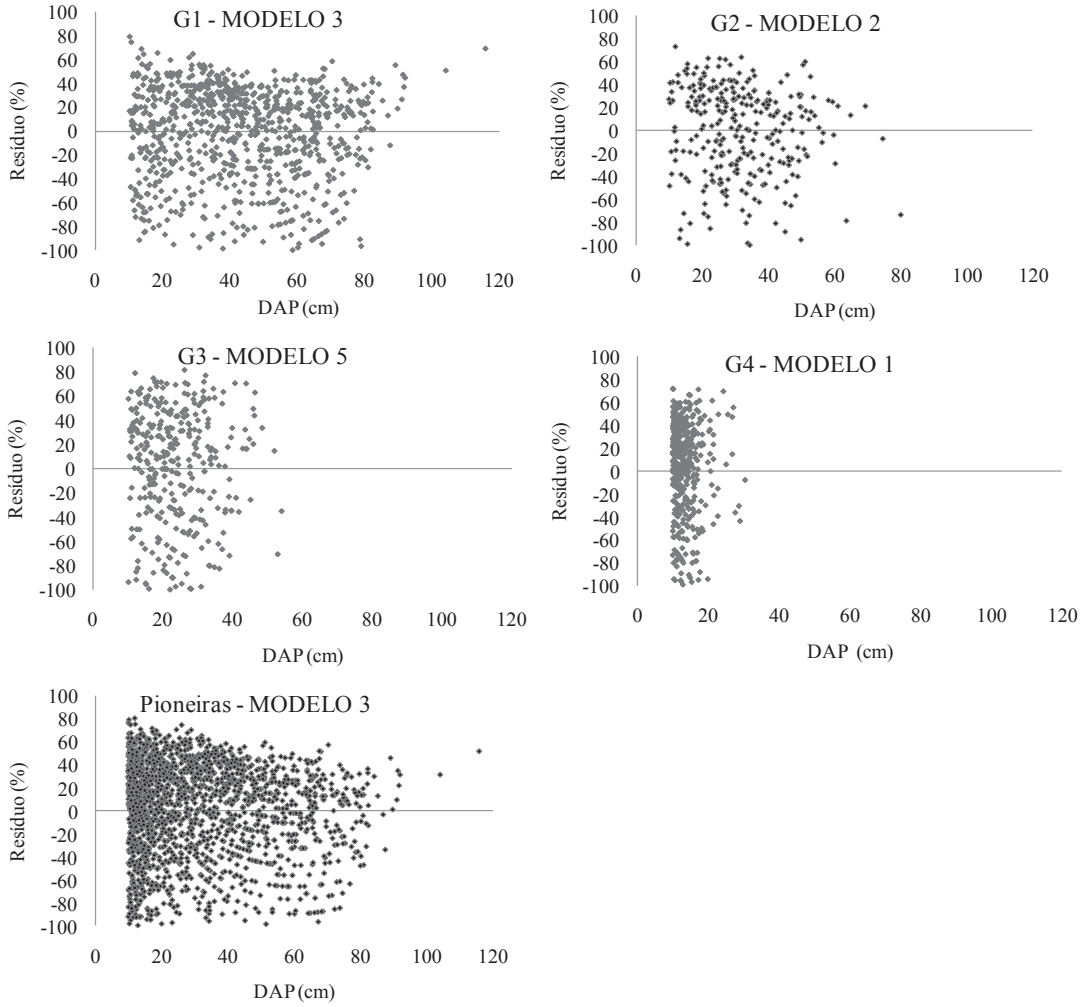


Figura 26. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies pioneiras.

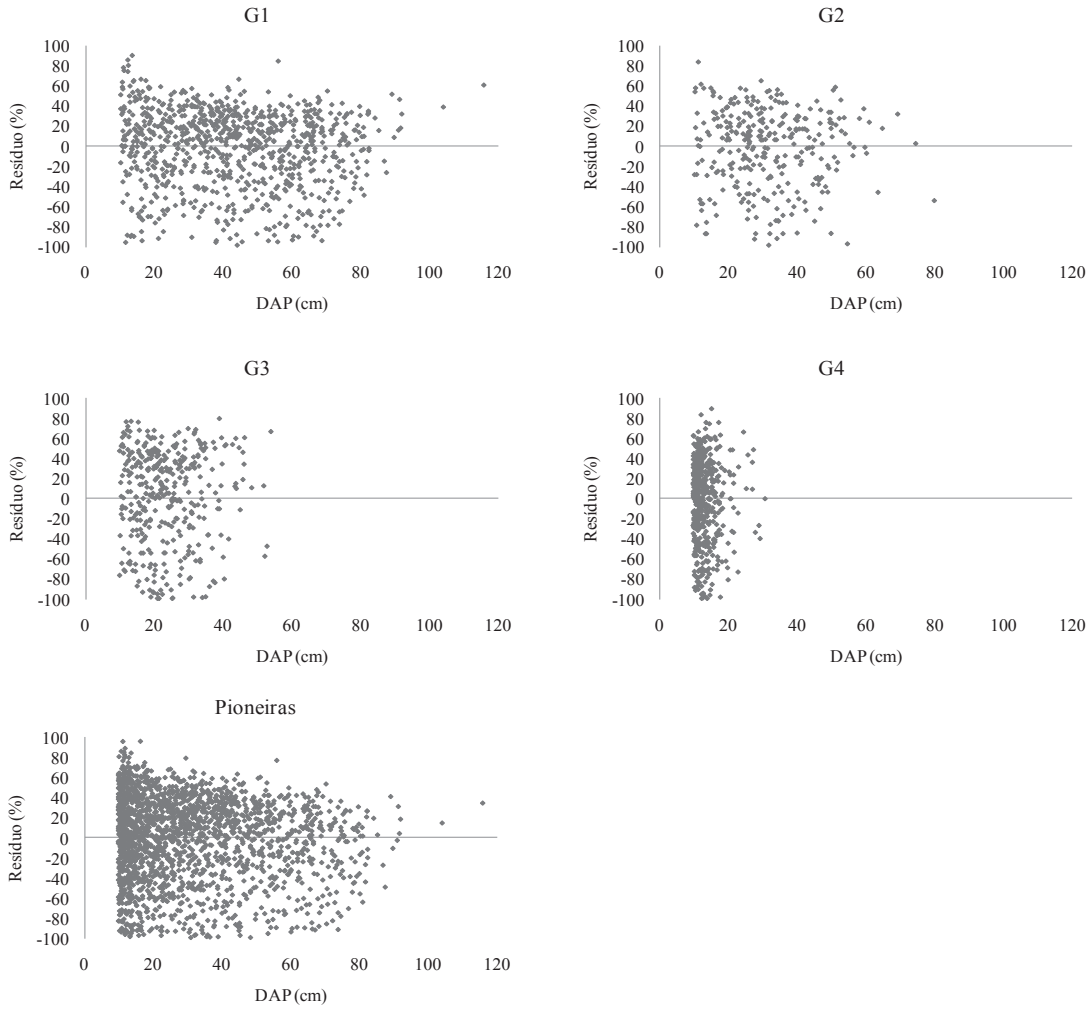


Figura 27. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies pioneiras.

4.4.2 Secundárias iniciais

Na Figura 28 é apresentado o dendrograma obtido pela distância euclidiana quadrada como medida de similaridade, utilizando o método de ligação completa vizinho do mais distante, para o grupo ecológico das espécies secundárias iniciais.

Com base no dendrograma, foram definidos quatro grupos: O grupo 1 é formado pelas espécies *Allophylus edulis, Ilex dumosa, Casearia lasiophylla, Casearia sylvestris, Inga virescens, Jacaranda micrantha, Myrsine umbellata, Curitiba prismatica, Dalbergia brasiliensis, Prunus myrtifolia, Machaerium stipitatum* e *Syagrus romanzoffiana*.

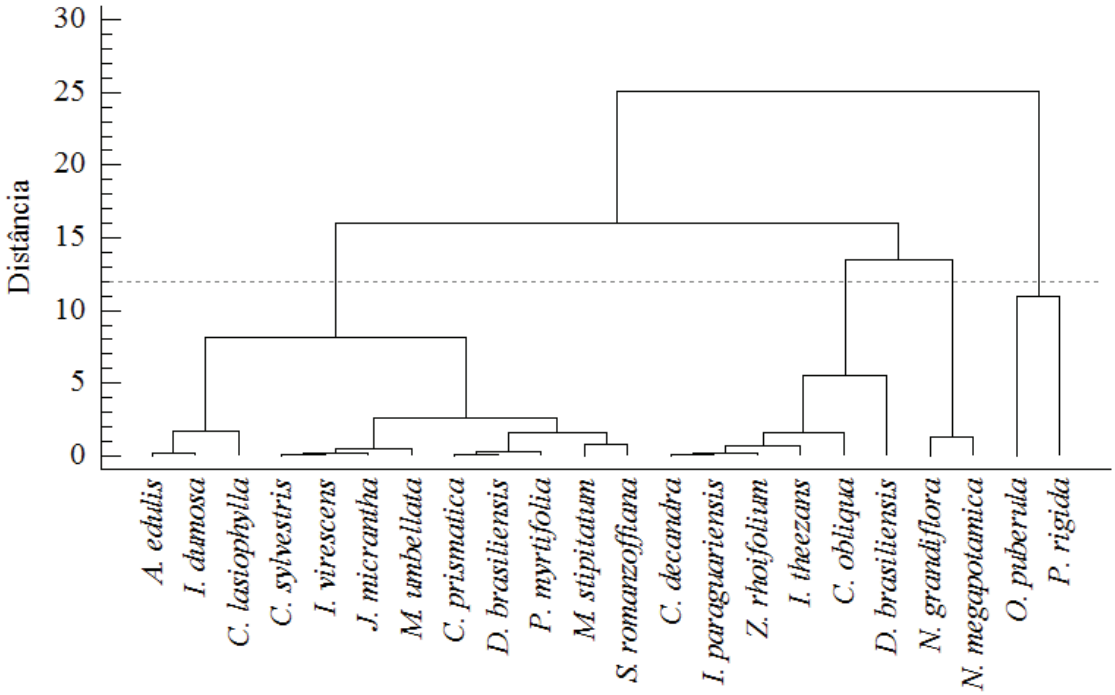


Figura 28. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies secundárias iniciais de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

As espécies *Casearia decandra, Ilex paraguariensis, Zanthoxylum rhoifolium, Ilex theezans, Casearia obliqua* e *Drimys brasiliensis* formam o grupo 2.

O grupo 3 é formado por duas Lauraceaes: *Nectandra grandiflora* e *Nectandra megapotamica*. Por fim, as espécies *Ocotea puberula* e *Parapiptadenia rigida* formam o grupo 4.

Na Tabela 14 são apresentados os resultados dos modelos tradicionais para os quatro grupos formados, bem como para o grupo composto por todas as espécies pertencentes ao grupo ecológico das secundárias iniciais.

Na Tabela 15 são apresentados os resultados das equações obtidas pelo procedimento Stepwise para a estimativa do incremento diamétrico para os grupos acima citados.

De acordo com a Tabela 14 os resultados dos ajustes obtidos para as espécies secundárias iniciais não foram satisfatórios (erros altos e coeficiente de determinação muito baixo) e foram inferiores em comparação as espécies pioneiras. Em todos os grupos o coeficiente de determinação ajustado foi inferior a 0,1 e o erro padrão da estimativa foi superior a 63%, sendo as estatísticas dos modelos bastante similares dentro de cada grupo.

Tabela 14. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies secundárias iniciais e para os grupos formados para as espécies secundárias iniciais pela análise de agrupamento.

Grupos (observações)	Estatísticas	MODELO 1	2	3	4	5	6	7	8
1 (1972)	**R² adj**	0,017	0,015	**0,019**	0,015	0,011	0,018	0,017	0,017
	Syx (%)	92,87	92,94	**92,76**	92,96	93,15	92,85	92,86	92,84
	β_0	0,2160	0,6837	**0,1124**	0,0444	-2,1476	0,2235	0,1903	-1,4323
	β_1	-0,0028	-0,4723	**0,4197**	0,0121	4,9674	-0,0036	-0,0001	-0,0233
	β_2	-0,0001	-1,3755	**-0,0478**	---	---	---	---	---
2 (2341)	**R² adj**	0,039	0,040	0,037	0,040	**0,042**	0,035	0,027	0,031
	Syx (%)	75,04	75,00	75,11	75,00	**74,91**	75,20	75,49	75,32
	β_0	0,0421	0,3377	0,0560	0,0276	**-1,1456**	0,1058	0,1549	-2,0390
	β_1	0,0116	-0,0078	0,4269	0,0057	**-8,4223**	0,0048	0,0001	0,0208
	β_2	-0,0002	-0,7048	0,0004	---	**---**	---	---	---
3 (1212)	**R² adj**	0,023	0,024	0,022	0,025	**0,027**	0,020	0,014	0,018
	Syx (%)	76,72	76,68	76,75	76,66	**76,56**	76,85	77,05	76,91
	β_0	0,1095	0,3805	0,0893	0,0306	**-1,1923**	0,1619	0,1960	-1,7521
	β_1	0,0069	-0,0442	0,3047	0,0066	**-6,5356**	0,0025	0,0001	0,0100
	β_2	-0,0001	-0,7270	-0,0016	---	**---**	---	---	---
4 (335)	**R² adj**	**0,035**	0,003	NC	0,001	0,005	0,018	0,028	0,020
	Syx (%)	**63,31**	64,31	NC	65,96	64,23	63,85	63,53	63,75
	β_0	**0,3566**	0,9763	NC	0,0333	-1,0524	0,2508	0,2746	-1,3851
	β_1	**-0,0049**	-0,0970	NC	0,0067	-2,9709	0,0019	0,0001	0,0066
	β_2	**0,0001**	-0,2797	NC	---	---	---	---	---
Sec. iniciais* (5860)	**R² adj**	0,030	0,022	0,030	0,016	0,023	0,029	0,030	**0,030**
	Syx (%)	81,81	82,17	81,82	82,41	82,13	81,86	81,81	**81,80**
	β_0	0,1553	0,6904	0,1697	0,0254	-1,2887	0,1299	0,1665	**-1,9508**
	β_1	0,0009	-0,1114	-0,0879	0,0051	-6,2521	0,0032	0,0001	**0,0149**
	β_2	0,0001	-0,4103	0,0182	---	---	---	---	**---**

*Todas espécies classificadas como secundárias iniciais; NC = não convergiu.

Nesse sentido destacam-se: no grupo 1 o modelo 3 (R² adj = 0,019 e Syx = 92,8%); nos grupos 2 e 3 o modelo 5 (com coeficiente de determinação ajustado iguais a 0,042 e 0,027 e, erro padrão da estimativa de 74,9 e 76,6%, respectivamente); no grupo 4 o modelo 1 (R² adj = 0,035 e Syx = 63,3%); e, finalmente, no grupo Secundárias iniciais destaca-se o modelo 8 (R² adj = 0,030 e Syx = 81,8%).

Em relação aos resultados obtidos pelo procedimento Stepwise, as melhores estatísticas foram observadas para o grupo 4, com R² adj = 0,15 e Syx = 59,45%. Os

Tabela 15. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies secundárias iniciais em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Grupo (observações)	**Variável Independente**	**Coeficientes**	**R² adj**	**Syx (%)**
1 (1972)	Constante	0,0914	0,112	88,24
	G sp/ha	-0,1788		
	FC	0,0267		
	FI	0,0335		
	Centro da Classe de DAP	-0,0033		
	G parcela	-0,0221		
	PC	0,0104		
2 (2341)	Constante	0,3318	0,157	70,30
	PC	0,0227		
	FC	0,0290		
	G parcela	-0,0409		
	PS	0,0266		
	Gsp/ha	0,0234		
	FF	0,0178		
	1/DAP	-1,7673		
	ln DAP	-0,0897		
3 (1212)	Constante	-0,0622	0,143	71,86
	FC	0,0448		
	PC	0,0201		
	G parcela	-0,0430		
	PS	0,0331		
	FI	0,0242		
4 (335)	Constante	-0,0283	0,148	59,45
	FC	0,0345		
	G sp/ha	-0,1458		
	PC	0,0400		
	FI	0,0831		
Sec. iniciais* (5860)	Constante	0,0083	0,101	78,76
	FC	0,0266		
	DAP²	0,0002		
	G parcela	-0,0317		
	FI	0,0348		
	G sp/ha	0,0290		
	PC	0,0151		
	Centro da Classe de DAP	-0,0039		
	PS	0,0139		
	FF	-0,0089		
	g	-1,5298		

*Todas espécies classificadas como secundárias iniciais; FC = Forma da copa; PC = Posição da copa; PS = Posição sociológica; FI = Fitossanidade; FF = Forma do fuste; ln = logarítimo neperiano; G parcela = Área basal da parcela; G sp/ha = Área basal da espécie por hectare; g = Área transversal no início do período de avaliação.

Comparando os resultados obtidos com o procedimento Stepwise com os resultados obtidos com os modelos tradicionais, observa-se uma melhoria das

estatísticas, em todos os grupos, quando inseridas outras variáveis independentes além do DAP para a estimativa do incremento em diâmetro.

Em relação à estratificação das espécies secundárias iniciais em grupos de maior similaridade, observou-se uma melhoria das estatísticas dos ajustes com o procedimento Stepwise, onde o coeficiente de determinação ajustado foi maior nos grupos formados pela análise de agrupamento, enquanto o erro padrão da estimativa foi menor, o que não foi verificado nos modelos tradicionais.

A distribuição gráfica dos resíduos, não indicou nenhuma tendência de super ou subestimativa, tanto nos modelos tradicionais quanto nas equações geradas pelo procedimento Stepwise, como pode ser observado nas Figuras 29 e 30.

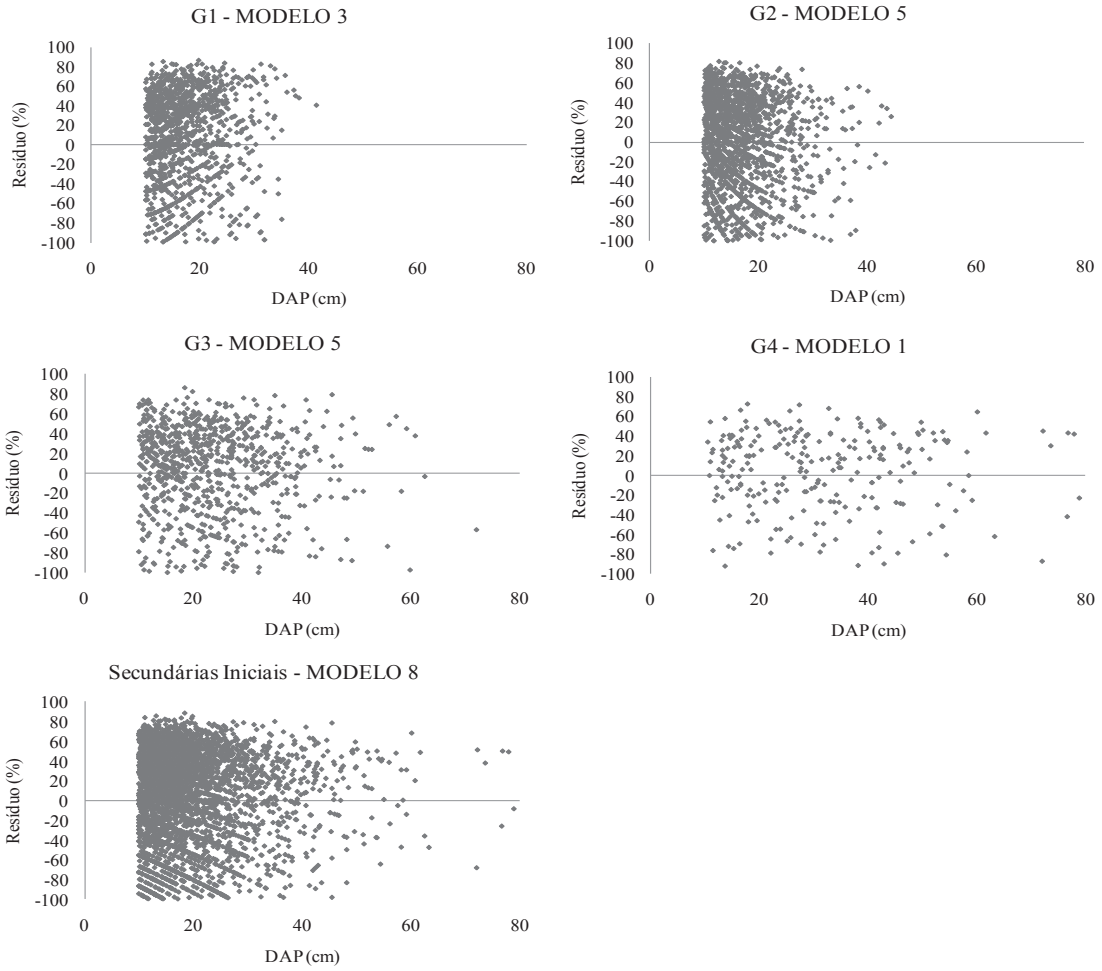


Figura 29. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies secundárias iniciais.

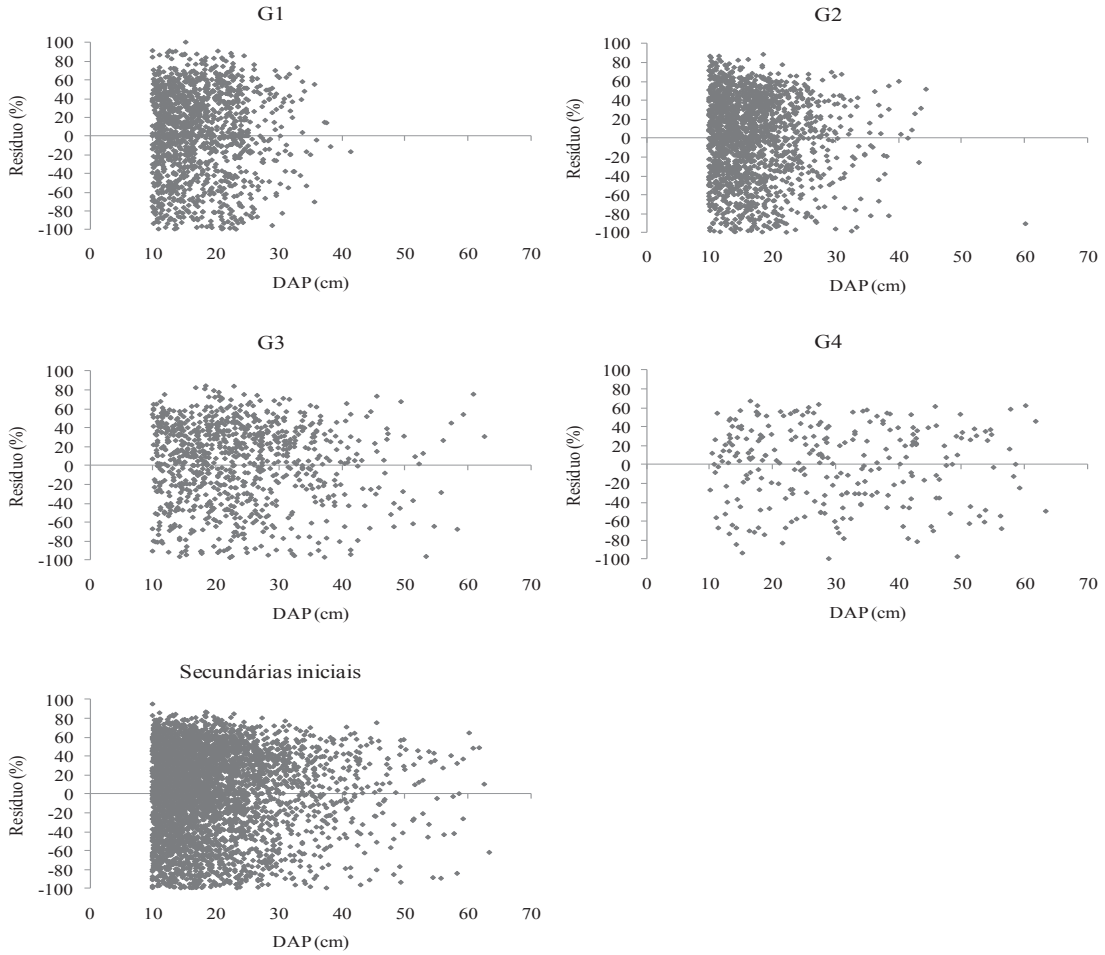


Figura 30. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies secundárias iniciais.

4.4.3 Secundárias tardias

Na Figura 31 é apresentado o dendrograma obtido pela distância euclidiana quadrada como medida de similaridade, utilizando o método de ligação completa do vizinho mais distante, para o grupo ecológico das espécies secundárias tardias.

Com base no dendrograma, foram obtidos quatro grupos de espécies. O grupo 1 é caracterizados pelas espécies *Allophylus petiolulatus* e *Chrysophyllum marginatum*. O grupo 2 é formado pelas espécies *Campomanesia xanthocarpa, Styrax leprosus, Cupania vernalis, Schefflera morototoni, Chrysophyllum gonocarpum, Picrasma crenata, Myrcia hebepetala* e *Plinia cauliflora*. Compõe o grupo 3 as espécies *Cinnamomum sellowianum, Ocotea odorifera, Psychotria vellosiana, Ocotea*

corymbosa e *Diatenopteryx sorbifolia*. Finalmente, o grupo 4 é composto por três espécies: *Matayba elaeagnoides, Sloanea hirsuta* e *Ocotea diospyrifolia*.

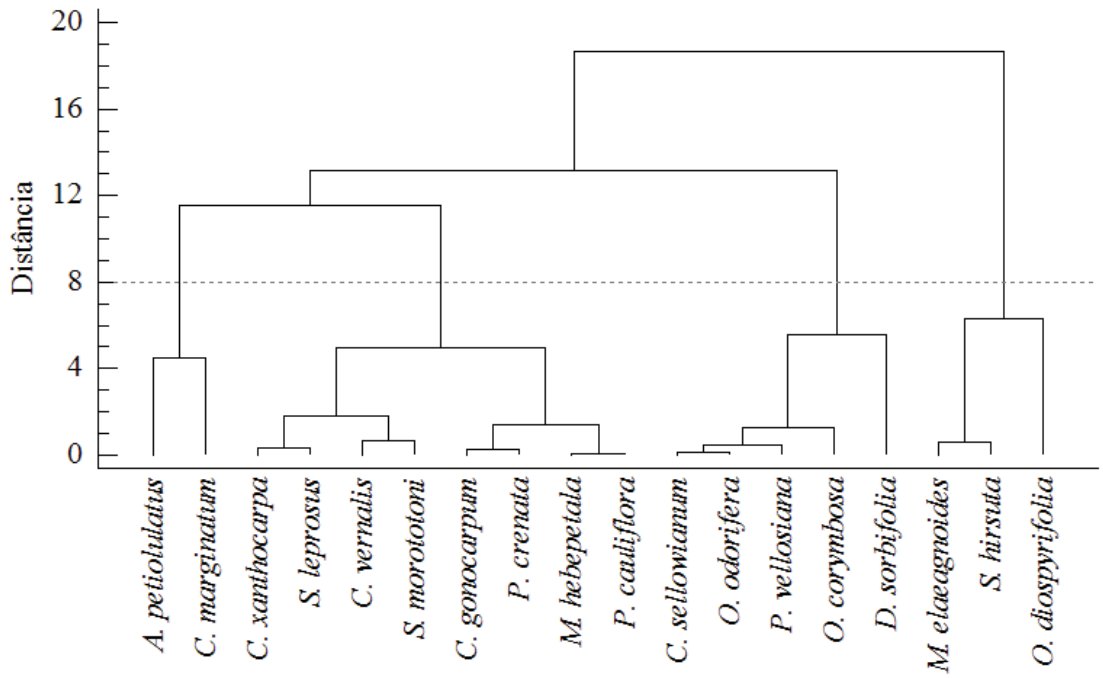


Figura 31. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies secundárias tardias de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Os resultados dos ajustes dos modelos tradicionais realizados para os grupos formados com base nas espécies secundárias tardias, bem como os resultados das equações obtidas pelo procedimento Stepwise são apresentados nas Tabelas 16 e 17, respectivamente. De maneira geral, os valores das estatísticas foram inferiores aos valores obtidos para as espécies pioneiras, porém superiores aos das secundárias iniciais.

Observa-se na Tabela 16 que os resultados não foram bons, com R^2 ajustado inferiores a 0,093 e Syx superiores a 52,26%.

O desempenho dos modelos foi bastante similar dentro de cada grupo, destacando-se o modelo 1, que apresentou as melhores estatísticas nos grupos 1, 2, 3 e Secundárias iniciais, cujo R^2 ajustado variou de 0,044 a 0,093, enquanto que o Syx variou de 52,26 a 79,58%. No grupo 4, as melhores estatísticas obtidas correspondem ao modelo 6, com R^2 ajustado de 0,034 e Syx de 72,25%.

Tabela 16. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies secundárias tardias e para os grupos formados para as espécies secundárias tardias pela análise de agrupamento.

Grupo (observações)	Estatísticas	MODELO 1	2	3	4	5	6	7	8
1 (51)	**R^2 adj**	**0,044**	0,005	0,011	0,018	0,024	0,007	0,001	0,004
	Syx (%)	**52,26**	53,31	53,14	52,95	52,80	53,25	53,51	53,34
	β_0	**-0,3202**	0,3679	0,0236	0,0428	-1,0168	0,1440	0,1937	-1,7994
	β_1	**0,0675**	0,0007	1,1347	0,0100	-6,4358	0,0057	0,0001	0,0213
	β_2	**-0,0019**	-0,7445	-0,0511	---	---	---	---	---
2 (699)	**R^2 adj**	**0,093**	0,082	0,088	0,080	0,069	0,068	0,049	0,060
	Syx (%)	**66,17**	66,55	66,36	66,62	67,04	67,07	67,73	67,37
	β_0	**-0,0160**	0,3944	0,0215	0,0353	-1,1559	0,1455	0,2061	-1,7395
	β_1	**0,0220**	0,0411	1,0361	0,0073	-3,8237	0,0055	0,0001	0,0177
	β_2	**-0,0003**	-0,5861	-0,0273	---	---	---	---	---
3 (1477)	**R^2 adj**	**0,077**	0,074	0,076	0,075	0,066	0,057	0,073	0,074
	Syx (%)	**88,83**	88,98	88,86	88,89	89,34	89,77	88,98	88,95
	β_0	**0,0594**	0,9626	0,0455	0,0164	-0,9285	0,3055	0,1269	-2,2841
	β_1	**0,0062**	0,2645	0,3732	0,0023	-13,8907	-2,1190	0,0001	0,0290
	β_2	**0,0001**	0,2202	0,0145	---	---	---	---	---
4 (690)	**R^2 adj**	0,032	0,033	0,032	0,031	0,033	**0,034**	0,032	0,033
	Syx (%)	72,30	72,28	72,32	72,37	72,28	**72,25**	72,34	72,26
	β_0	0,1381	0,8943	0,1551	0,0251	-1,2651	**0,1421**	0,1761	-1,8780
	β_1	0,0028	-0,0505	-0,0063	0,0051	-6,9169	**0,0025**	0,0001	0,0112
	β_2	-0,0001	-0,1865	0,0114	---	---	---	---	---
Sec. tardias* (2917)	**R^2 adj**	**0,047**	0,045	0,046	0,047	0,044	0,045	0,038	0,043
	Syx (%)	**79,58**	79,68	79,63	79,60	79,70	79,66	79,96	79,77
	β_0	**0,0868**	0,5687	0,0768	0,0266	-1,1374	0,1253	0,1708	-1,9272
	β_1	**0,0072**	-0,0607	0,2975	0,0054	-8,2575	0,0038	0,0001	0,0156
	β_2	**-0,0001**	-0,4476	0,0041	---	---	---	---	---

*Todas as espécies classificadas como secundárias tardias.

Não foi constatado efeito positivo na estratificação dos dados em grupos de maior similaridade com base nos resultados dos modelos tradicionais, visto que no grupo 4, o melhor modelo apresentou R^2 ajustado inferior ao grupo Secundárias iniciais, ao passo que o melhor modelo do grupo 3 apresentou maior erro.

De acordo com a Tabela 17 observa-se uma melhoria das estatísticas, em todos os grupos formados, quando comparadas às estatísticas dos modelos tradicionais, sendo que o R^2 ajustado variou de 0,086 a 0,352 e o Syx variou de 51,09 a 74,42%.

Tabela 17. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies secundárias tardias em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Grupo (observações)	**Variável Independente**	**Coeficientes**	**R² adj**	**Syx (%)**
1 (51)	Constante	0,0748	0,086	51,09
	FC	0,0446		
2 (699)	Constante	0,0414	0,181	62,88
	PC	0,0440		
	FC	0,0342		
	1/DAP	-0,7390		
3 (1477)	Constante	0,4417	0,352	74,42
	G sp/ha	-0,1655		
	FC	0,0361		
	BAL	0,0005		
	G parcela	-0,0762		
	1/DAP	-1,8612		
	FF	-0,0250		
	PS	0,0243		
4 (690)	Constante	-0,0735	0,149	67,79
	FC	0,0311		
	G parcela	-0,0541		
	FF	0,0312		
	FI	0,0400		
	PC	0,0209		
Sec. tardias* (2917)	Constante	-2,7687	0,230	71,50
	G sp/ha	-0,0925		
	FC	0,0335		
	PC	0,0206		
	BAL	0,0007		
	G parcela	-0,0732		
	ln DAP	0,5386		
	Dmax-DAP	0,0276		
	DAP²	0,0002		

*Todas as espécies classificadas como secundárias tardias; FC = Forma da copa; PC = Posição da copa; PS = Posição sociológica; FI = Fitossanidade; FF = Forma do fuste; ln = logarítimo neperiano; G parcela = Área basal da parcela; G sp/ha = Área basal da espécie por hectare; g = Área transversal no início do período de avaliação; Dmax = Diâmetro máximo; BAL = Índice de BAL.

Analisando o efeito do agrupamento na modelagem do incremento, não foi constatada nenhuma influência em relação ao coeficiente de determinação ajustado, porém, observa-se que o erro padrão de estimativa é menor nos grupos formados pela análise de agrupamento em relação ao grupo Secundárias tardias, exceto no grupo 3.

Não foi observada nenhuma tendência nas estimativas dos modelos tradicionais, bem como das equações obtidas pelo procedimento Stepwise, contudo, os erros foram relativamente altos, como mostram as Figuras 32 e 33.

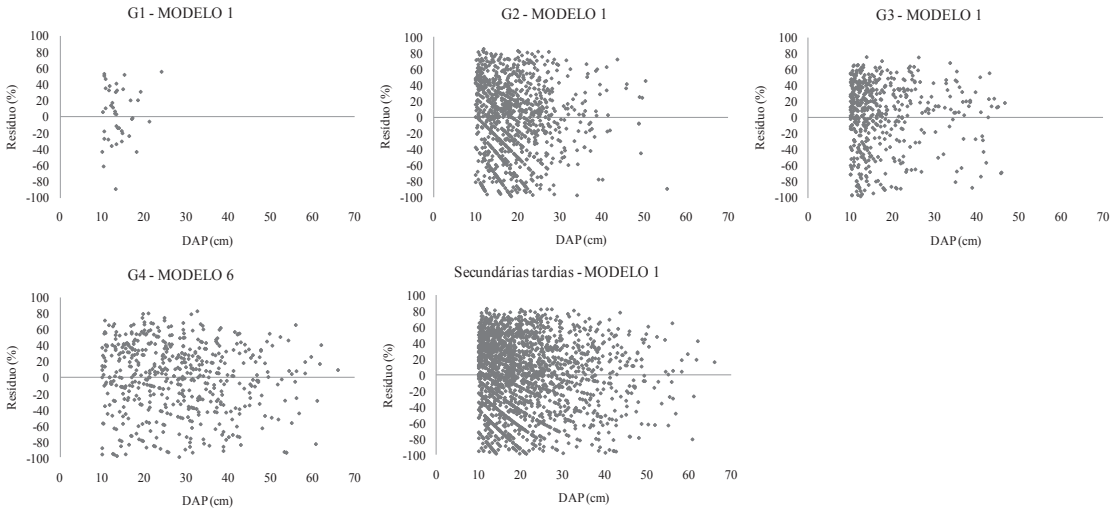


Figura 32. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies secundárias tardias.

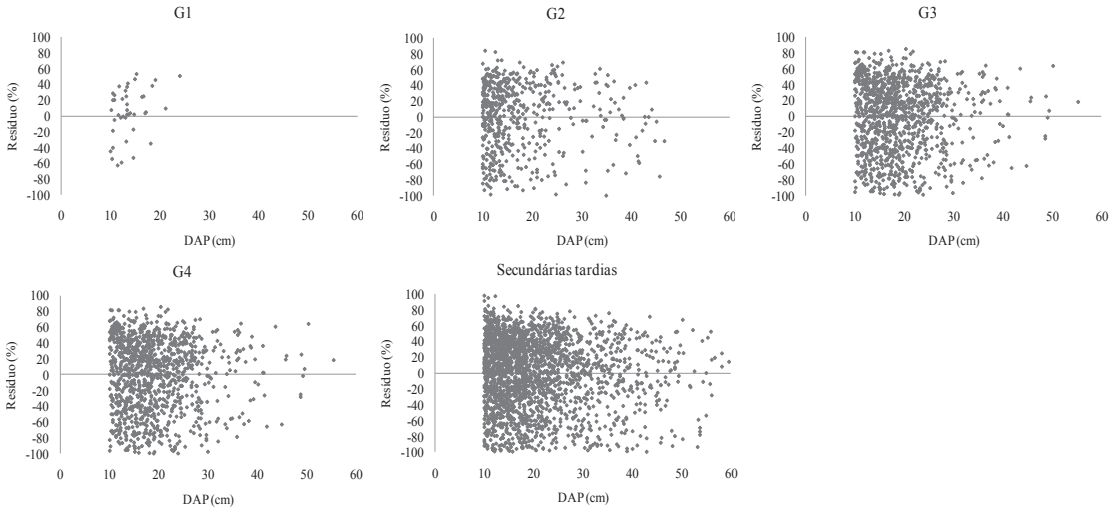


Figura 33. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies secundárias tardias.

4.4.4 Climácicas

Na Figura 34 é apresentado o dendrograma obtido pela distância euclidiana quadrada como medida de similaridade, pelo método de ligação completa do vizinho mais distante, para o grupo ecológico das espécies climácicas.

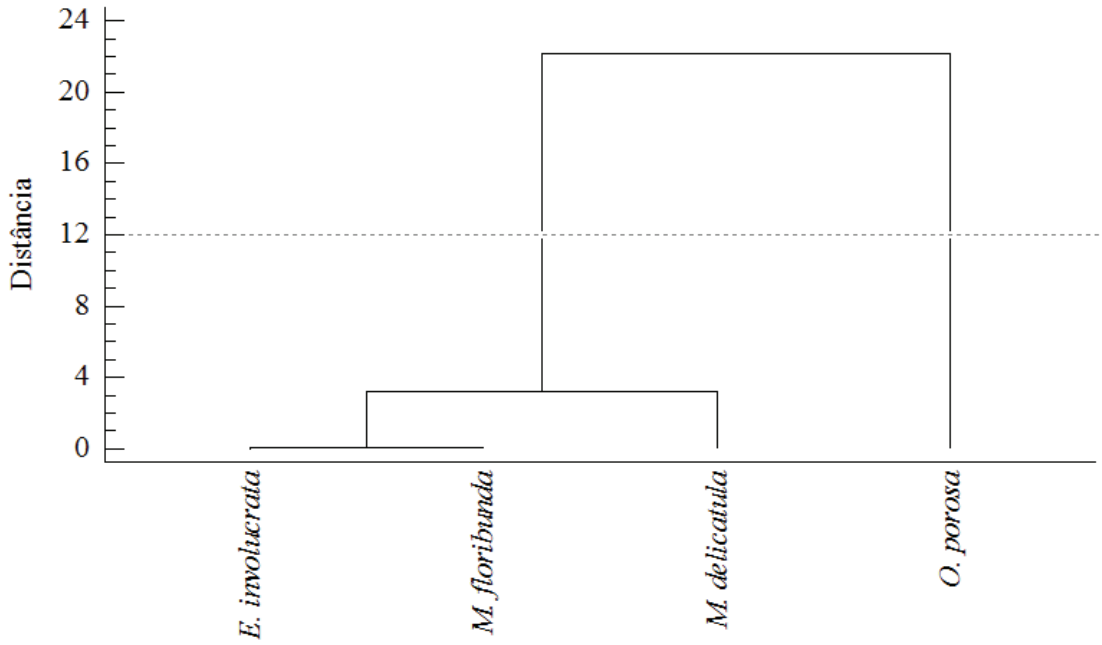


Figura 34. Agrupamento conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do vizinho mais distante das espécies climácicas de um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Com base no dendrograma, dois grupos foram definidos. O primeiro, formado por quatro Myrtaceaes: *Eugenia involucrata, Myrciaria floribunda* e *Myrciaria delicatula;* e, o segundo, pela *Ocotea porosa*.

Os resultados dos ajustes para os dois grupos formados, bem como para o grupo Climácicas pode ser visualizado nas Tabelas 18 e 19, pelos modelos tradicionais e pelas equações geradas pelo procedimento Stepwise, respectivamente.

Observa-se na Tabela 18 que os resultados obtidos foram semelhantes aqueles das espécies secundárias tardias, não sendo observada uma grande discrepância nos ajustes entre os modelos dentro de cada grupo.

O modelo 2 mostrou-se mais adequado no grupo 2 e no grupo Climácicas, com coeficiente de determinação ajustado de 0,004 e 0,115 e erro padrão de estimativa de 64,57 e 69,28%, respectivamente.

A estratificação dos dados das espécies climácicas em grupos pela análise de agrupamento contribuiu para a redução do erro padrão da estimativa, todavia, o mesmo não foi observado para o coeficiente de determinação ajustado, onde o maior valor corresponde ao grupo Climácicas.

Tabela 18. Estatísticas e coeficientes dos modelos de incremento em diâmetro ajustados para todas as espécies climácicas e para os grupos formados para as espécies climácicas pela análise de agrupamento.

Grupo (observações)	Estatísticas	MODELO 1	2	3	4	5	6	7	8
1 (304)	**R^2 adj**	0,010	0,011	0,010	0,010	0,013	0,013	0,013	**0,013**
	Syx (%)	59,23	59,19	59,23	59,23	59,14	59,13	59,15	**59,13**
	β_0	0,1448	0,2998	0,1256	0,0355	-1,3907	0,1445	0,1695	**-1,8921**
	β_1	0,0029	-0,0517	0,0949	0,0083	-3,8557	0,0029	0,0001	**0,0146**
	β_2	0,0001	-0,9999	0,0094	---	---	---	---	**---**
2 (469)	**R^2 adj**	0,001	**0,004**	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
	Syx (%)	64,81	**64,57**	66,44	66,14	64,61	64,74	64,75	64,74
	β_0	0,3579	**0,5700**	0,1733	0,0407	-0,8998	0,3646	0,3726	-1,0077
	β_1	0,0007	**-0,0708**	0,3001	0,0082	-2,1884	0,0003	0,0001	0,0008
	β_2	-0,0001	**-0,7907**	-0,0074	---	---	---	---	---
Climácicas* (773)	**R^2 adj**	0,094	**0,115**	0,110	0,109	0,114	0,072	0,035	0,058
	Syx (%)	70,11	**69,28**	69,28	69,52	69,34	70,93	72,36	71,47
	β_0	0,1453	**0,4291**	0,0248	0,0345	-0,7531	0,2093	0,2746	-1,4170
	β_1	0,0076	**0,0455**	0,9599	0,0067	-9,2716	0,0033	0,0001	0,0076
	β_2	-0,0001	**-0,5393**	-0,0197	---	---	---	---	---

*Todas as espécies classificadas como climácicas.

Tabela 19. Equações de incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise para os grupos das espécies climácicas em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Grupo (observações)	Variável Independente	Coeficientes	R^2 adj	Syx (%)
1 (304)	Constante	0,0503	0,1311	55,49
	FC	0,0257		
	FF	0,0341		
	BAL	-0,0003		
2 (469)	Constante	0,1327	0,1468	59,75
	FC	0,0521		
	G parcela	-0,1203		
	PS	0,0758		
Climácicas* (773)	Constante	0,0307	0,2805	62,47
	G sp/ha	0,0622		
	FC	0,0480		
	G parcela	-0,0958		
	PS	0,0507		

*Todas as espécies classificadas como climácicas; FC = Forma da copa; FF = Forma do fuste; PS = Posição sociológica; G parcela = Área basal da parcela; G sp/ha = Área basal da espécie por hectare; BAL = Índice de BAL.

Observa-se na Tabela 19 que o grupo Climácicas apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado (0,282), porém também apresentou o maior erro padrão de estimativa (62,47%). O erro mais baixo foi observado no grupo 1, onde o Syx foi de 55,49%.

A adição de outras variáveis independentes além do DAP na estimativa do incremento diamétrico favoreceu positivamente o coeficiente de determinação ajustado e também o erro padrão de estimativa, quando comparados aos modelos tradicionais.

A estratificação dos dados das espécies climácicas em grupos de maior similaridade favoreceu a redução do erro padrão de estimativa, contudo o inverso ocorreu em relação ao coeficiente de determinação ajustado.

Não foi verificada nenhuma tendência nas estimativas geradas tanto pelos modelos tradicionais, quanto pelas equações obtidas pelo procedimento Stepwise, como pode ser observado nas Figuras 35 e 36.

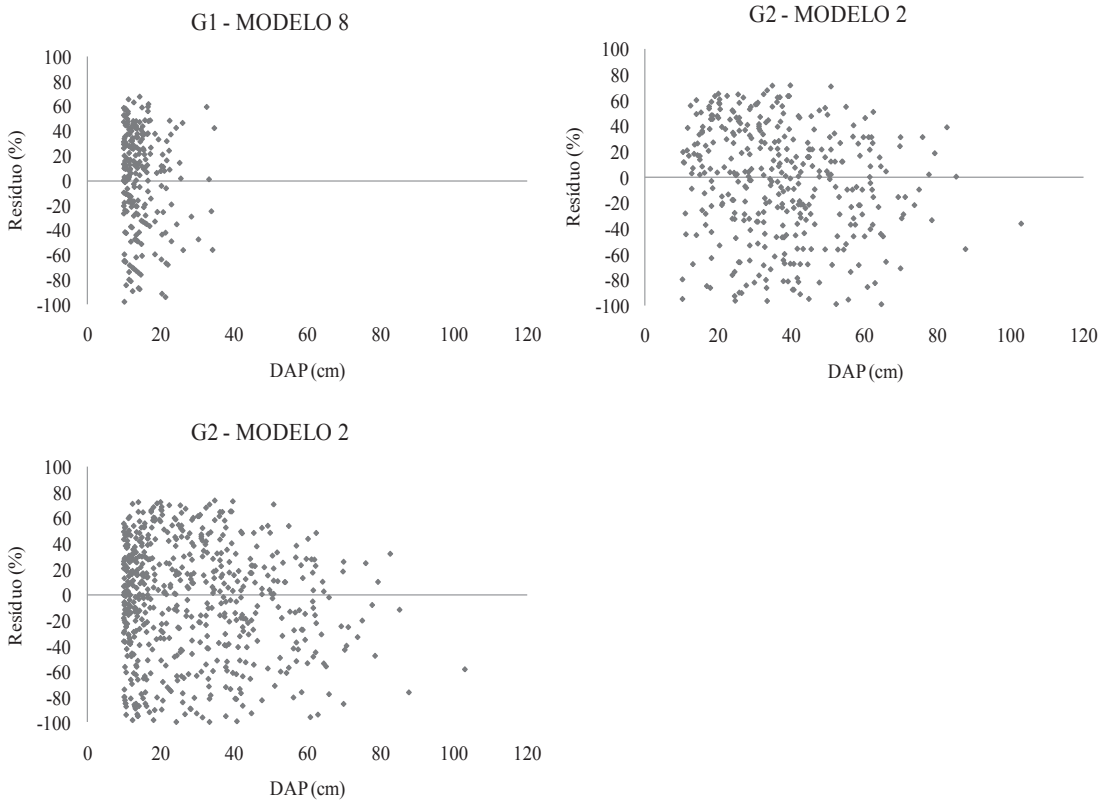


Figura 35. Distribuição de resíduos para os melhores ajustes dos modelos tradicionais obtidos para os grupos formados com base nas espécies climácicas.

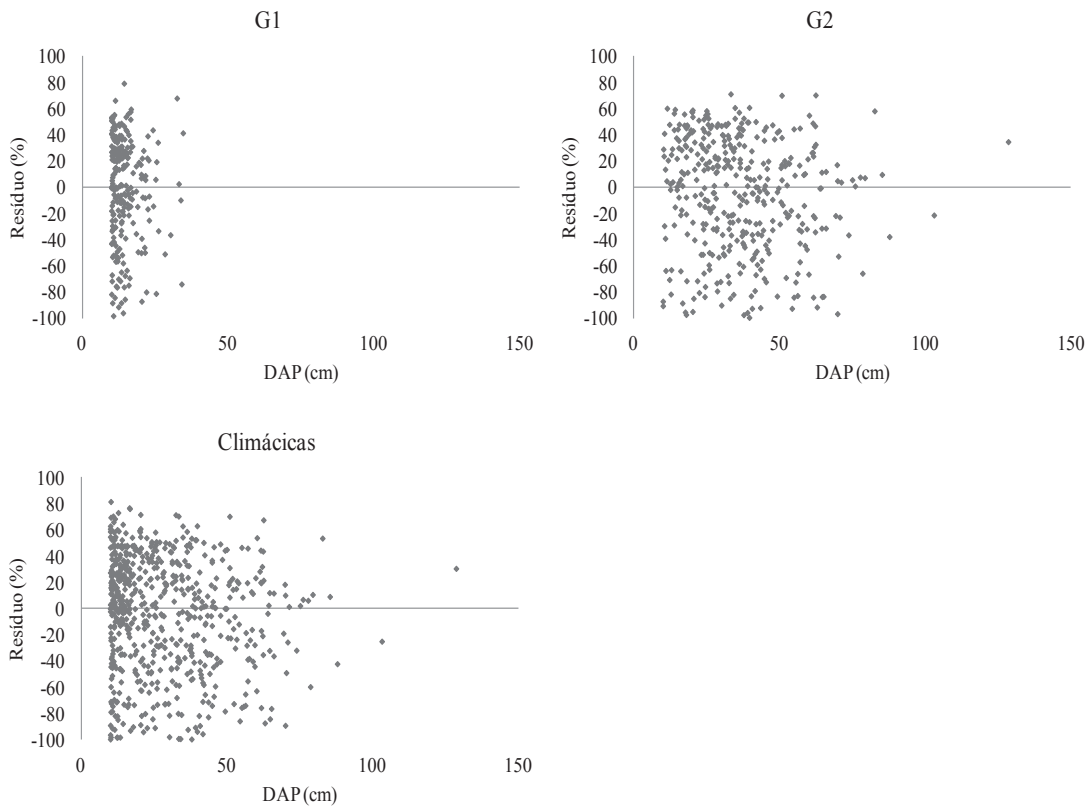


Figura 36. Distribuição de resíduos para os ajustes obtidos pelo procedimento Stepwise para os grupos formados com base nas espécies climácicas.

4.4.5 Discussão dos resultados

A utilização de outras variáveis independentes, além do DAP, na estimativa do incremento em diâmetro, influenciou positivamente os ajustes. Nesse sentido, as equações para a predição do incremento diamétrico obtidas pelo procedimento Stepwise apresentaram resultados superiores, em todos os grupos avaliados e, mesmo para a floresta em geral, quando comparadas aos modelos que utilizam somente o DAP no início do período de avaliação como variável independente.

As variáveis mais utilizadas nas equações obtidas pelo procedimento Stepwise, para a estimativa do incremento em diâmetro foram, respectivamente: forma da copa (100%), posição da copa (73,7%), área basal da parcela (68,4%), área basal da espécie por hectare (57,9%) e posição sociológica (52,6%).

A variável DAP raramente foi selecionada nas equações geradas pelo procedimento Stepwise, indicando a baixa correlação existente entre o incremento em diâmetro e o diâmetro no início no período de avaliação.

A estimativa do incremento diamétrico por grupo ecológico, apresentou efeito positivo nas espécies pioneiras e climácicas, quando comparadas às estimativas realizadas para a floresta em geral. Nesse caso, o melhor ajuste obtido para a floresta como um todo (realizou-se a modelagem em nível de floresta, ou seja, para todo o conjunto de dados sem estratificação, porém esses resultados não foram apresentados) pelos modelos que utilizam apenas o DAP como variável independente, foi o modelo 1 com coeficiente de determinação ajustado de 0,113 e erro padrão de estimativa de 76,54%. Nos grupos Pioneiras e Climácicas o R^2 ajustado foi de 0,254 e 0,115 e o Syx foi de 60,16 e 69,28%, respectivamente. Em relação às equações obtidas pelo procedimento Stepwise, a floresta apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,239 e erro padrão de estimativa de 71,14%, já os referidos grupos apresentaram R^2 ajustado de 0,368 e 0,280 e Syx de 55,23 e 62,47%, respectivamente.

A estratificação dos dados em grupos de maior similaridade, em relação ao crescimento, pela análise de agrupamento, indicou uma redução do erro padrão de estimativa, quando comparada aos ajustes por grupo ecológico, salvo algumas exceções, como é o caso dos grupos 3 e 4 das espécies pioneiras, o grupo 1 das espécies secundárias iniciais e o grupo 3 das espécies secundárias tardias. Em contrapartida, não foi constatada nenhuma relação entre a estratificação dos dados e o coeficiente de determinação ajustado.

O maior coeficiente de determinação ajustado foi observado para o grupo Pioneiras, tanto nos modelos tradicionais quanto nas equações obtidas pelo procedimento Stepwise, sendo estes iguais a 0,254 e 0,368 e erro padrão de estimativa igual a 60,16 e 55,23%, respectivamente. Contudo, dois grupos merecem destaque: o grupo 1 e o grupo 2 das espécies pioneiras, representados pelas espécies *Araucaria angustifolia* e *Cedrela fissilis,* respectivamente. O grupo 1 apresentou R^2 ajustado igual a 0,201 e Syx de 49,10% nos modelos tradicionais e R^2 ajustado de 0,302 e Syx de 45,89%, nas equações obtidas pelo procedimento Stepwise, sendo estes os menores erros observados dentre todos os grupos avaliados. O grupo 2 apresentou R^2 ajustado igual a 0,158 e Syx de 53,08% (modelos tradicionais) e R^2 ajustado de 0,244 e Syx de 50,31% (Stepwise). Isso indica que os ajustes realizados em nível de espécie podem apresentar resultados superiores àqueles obtidos por grupo de espécies, ou para a floresta em geral.

Nesse sentido, Vanclay (1991) desenvolveu uma função de incremento em diâmetro com seis coeficientes usando o DAP, qualidade de sítio, área basal e um índice

de competição. O referido autor também testou vários critérios de agrupamento de 237 espécies da floresta de Queensland, na Austrália, concluindo que o agrupamento produz equações mais robustas do que quando usando espécies individuais, embora o valor do R^2 da equação seja mais elevado para as espécies não agrupadas (0,51) do que para espécies agrupadas (0,49).

Rossi (2007) testou alguns modelos para o ajuste dos incrementos médios agrupados por classes de DAP e percebeu que os ajustes para a araucária de maneira geral apresentam melhores estatísticas do que os resultados obtidos no ajuste dos incrementos para todas as espécies. Esse autor constatou que dos 168 casos testados, somente em 22 o erro padrão de estimativa foi inferior a 15% e em apenas um caso foi inferior a 10%. Quanto ao coeficiente de determinação ajustado, houve variação de 0,00 a 0,87, ocorrendo 22 casos com valores superiores a 0,80. O Autor citado modelou o incremento médio anual obtido em períodos de 1, 2, 3 e 4 anos de monitoramento, sendo que os melhores ajustes aconteceram com dados provenientes de períodos de monitoramento de 2 anos.

Chai e Lemay (1993) desenvolveram um modelo diamétrico para as florestas de Sarawak, Malásia, utilizando as variáveis independentes DAP, DAP^2, índice de competição, idade desde a exploração, área basal, número de árvores, DAP quadrático e posição da copa. Para este modelo com nove coeficientes, o R^2 adj variou de 0,08 a 0,48, sendo que a modelagem por espécie causou uma redução de 11,2% no erro padrão de estimativa quando comparado com o grupo de espécies.

Outros trabalhos podem ser citados para comparar os resultados obtidos no presente estudo. Palahí et al. (2003) usaram um modelo de incremento diamétrico para a modelagem de crescimento de árvores de *Pinus sylvestris* na Espanha usando como variáveis independentes o DAP, um índice de competição, um índice de sítio, a área basal e a idade do povoamento. Os autores obtiveram um coeficiente de determinação de 0,24 e um erro padrão de estimativa de 64,1%.

Palahí e Grau (2003) empregando o DAP, um índice de competição e a idade do povoamento, para estimar o incremento de *Pinus nigra* no norte da Espanha, chegaram a um coeficiente de determinação de 0,14 e um erro padrão de estimativa de 67,7%, usando dados de incremento com intervalo de medição de cinco anos.

Phillips et al. (2004) aplicaram um modelo de incremento individual na floresta amazônica brasileira, cujas variáveis independentes foram o DAP e um índice de

competição, que resultou em um R^2 variando entre 0,033 e 0,186, conforme o grupo de espécies.

Della-Flora et al. (2004) empregaram um modelo para a modelagem do incremento corrente anual em área basal da espécie *Nectandra megapotamica* na Floresta Estacional Decidual no estado do Rio Grande do Sul, tendo como variáveis independentes o DAP, um índice de competição e um representante do sítio, obtiveram valores de coeficiente de determinação ajustado variando de 0,223 a 0,339.

Liang et al. (2005) usaram um modelo de incremento diamétrico com o DAP, área basal e índice de sítio como variáveis independentes para florestas mistas de coníferas na Califórnia, obtendo um R^2 de 0,25 para coníferas e 0,04 para folhosas.

Nebel e Meilby (2005) empregaram uma equação para modelar o incremento diamétrico para oito espécies na Amazônia peruana tendo como variáveis independentes o DAP e um índice de competição. Para o modelo testado o coeficiente de determinação variou de 0,13 a 0,45 para as espécies estudadas, sendo que para uma delas não houve ajuste do modelo.

O baixo desempenho na modelagem do incremento diamétrico, utilizando como entrada o DAP no início do período de monitoramento é explicado pela grande variabilidade dos incrementos das árvores em florestas nativas para um mesmo diâmetro inicial. Nestas florestas ocorre uma grande variação dos incrementos das árvores (variação biológica) muitas vezes relacionada a fatores genéticos, diferenças de idades entre as árvores, qualidade do solo e competição. Várias árvores que apresentam, por exemplo, 50 cm de diâmetro, podem apresentar um crescimento diferenciado entre elas devido a vários fatores que estão interferindo na dinâmica de cada indivíduo, ou seja, este crescimento diferenciado destas árvores de mesmas dimensões é refletido no baixo desempenho dos ajustes (STEPKA et al., 2012).

Observa-se que, em muitos trabalhos que abordam o tema, têm-se realizado a modelagem com dados de incremento médio. As estatísticas dos ajustes, nestes casos, obviamente apresentam coeficientes de determinação próximos a 100% e erros bastante baixos, porém isso não representa a realidade da variabilidade dos dados, logo esses ajustes não representam de forma real o crescimento da floresta.

Finalmente, os resultados desta pesquisa indicam que a utilização de outras variáveis como índices que representam a competição e o sítio, além do diâmetro no início do período de avaliação, para a estimativa do incremento diamétrico, influenciaram positivamente os ajustes, sendo observado um aumento do coeficiente de

determinação ajustado e uma redução do erro padrão de estimativa, tanto nos grupos formados, como nos grupos ecológicos e para a floresta em geral. A estratificação dos dados da Floresta Ombrófila Mista pela análise de agrupamento, com base nos valores de incremento médio, por espécie, por classe de DAP, provocou, de maneira geral, uma redução do erro padrão de estimativa, todavia, os resultados obtidos não viabilizam a possibilidade da modelagem do incremento em diâmetro com um bom desempenho.

4.5 CONCLUSÕES

- A análise de agrupamento encontrou quatro grupos com características similares de crescimento nas espécies pioneiras e secundárias e dois grupos nas espécies climácicas;
- Os modelos tradicionais para estimar o incremento em diâmetro não apresentaram bons resultados;
- A utilização de outras variáveis independentes, além do DAP, para a estimativa do incremento em diâmetro provocou uma melhoria dos ajustes em todos os grupos avaliados;
- As variáveis mais correlacionadas com o incremento em diâmetro e, consequentemente, mais empregadas na sua modelagem foram: forma da copa, posição da copa, área basal da parcela, área basal da espécie por hectare e posição sociológica;
- A variável DAP raramente foi selecionada nas equações geradas pelo procedimento Stepwise, indicando a baixa correlação existente entre o incremento em diâmetro e o diâmetro no início no período de avaliação;
- A estratificação dos dados pela análise de agrupamento não tornou os modelos apropriados para estimar o incremento em diâmetro, porém trouxe melhoras, reduzindo o erro padrão de estimativa;
- As equações obtidas, apesar de apresentarem erros relativamente altos, não apresentaram tendências nas estimativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se constatar que as maiores alterações na dinâmica do crescimento da floresta, ocorre associada, principalmente, à distúrbios necessários ao seu desenvolvimento. Relacionado a esse fato, no período 2002-2005, foram observadas as maiores taxas de ingresso e incremento, tanto em diâmetro, quanto em área basal. Isso pode ter sido influenciado pela abertura de grandes clareiras ocasionadas pela seca da taquara que ocorreu nesse período, onde a abertura de luz no interior da floresta favoreceu o crescimento das árvores já estabelecidas e o ingresso de novos indivíduos.

Apesar do fragmento ter apresentado uma elevada riqueza de espécies e um aumento destas ao longo do período de monitoramento, observou-se uma redução do número de indivíduos, ocasionada pela maior taxa de mortalidade em comparação à taxa de ingresso. Constatou-se que a taxa de ingresso reduziu após o período em que ocorreu o distúrbio (2002-2005) e que, de modo inverso, a taxa de mortalidade apresentou um leve aumento, indicando que as árvores voltaram a competir, principalmente por luz. Associado a isso, houve uma baixa regeneração natural (ingresso) de espécies importantes da Floresta Ombrófila Mista como a *Araucaria angustifolia, Ocotea odorifera* e *Ocotea porosa*. Este fato corrobora com as características autoecológicas e sinecológicas destas espécies, que necessitam de luz para sua sobrevivência (pouco tolerante à sombra) e, por conseguinte, altamente dependentes de distúrbios para sua subsistência.

Assim, recomenda-se a aplicação do manejo racional da floresta como uma estratégia para promover a regeneração de certas espécies em seu habitat, como o caso das espécies citadas, uma vez que o manejo pode contribuir para estimular a regeneração natural, aumento das taxas de crescimento e ingresso das árvores remanescentes, com diminuição das taxas de mortalidade natural na floresta. Nesse caso, a aplicação do manejo deixa de ser apenas uma prática de exploração (retorno econômico) e passa a ser, principalmente, uma prática de conservação (retorno ambiental).

Várias pesquisas têm posicionamento técnico-científico favorável ao manejo das florestas nativas, o qual, se conduzido de forma racional, é uma atividade viável do

ponto de vista do conceito de sustentabilidade, ou seja, pode ser economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa.

É importante salientar que o manejo florestal não é sinônimo de corte de árvores, mas sim um conjunto de atividades silviculturais que promovem o desenvolvimento da floresta e, se conduzido apropriadamente, respeitando-se os princípios do desenvolvimento sustentável, deveria ser defendido e incentivado.

Recomenda-se, ainda, que a dinâmica florestal seja monitorada e avaliada por mais tempo e também em nível de parcela, de modo a verificar se o crescimento, ingresso e mortalidade apresentam um comportamento uniforme em toda a área, ou se essa dinâmica se diferencia em áreas sujeitas a diferentes níveis de luminosidade (clareiras).

Em relação à modelagem do incremento diamétrico, recomenda-se avaliar outras formas de agrupamento das espécies e/ou realizar a modelagem para espécies de interesse comercial, individualmente, considerando principalmente as variáveis posição e forma da copa, que apresentaram maior correlação com o incremento em diâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. **Pesquisa de marketing.** São Paulo: Atlas, 2001. 745 p.

ADAME, P. et al. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) coppices. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 1011-1022, 2008.

ALDER, D. **Growth modeling for mixed tropical forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1995. 231 p. (Tropical Forestry Paper, 30).

ANDREASSEN, K.; TOMTER, S. M. Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 180, p. 11-24, 2002.

BAKER, F. S. **Principles of Silviculture**. New York: McGraw Hill, 1950. 414 p.

BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise de Multivariada**. Lavras: UFLA, 2003. 157 p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: Perguntas e respostas. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 470 p.

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1997. p. 43-55. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 34).

CHAI, F. Y. C.; LEMAY, V. M. Development and testing of diameter increment models for mixed swamp forests of Sarawak. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 58, p. 51-64, 1993.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Divergência genética. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, Impressa Universitária, 1994, cap. 6, p. 287-323.

DAWKINS, H. C. **The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda.** Oxford: University of Oxford, Imperial Forestry Institute, 1958. 155 p.

DELLA–FLORA, J. B. **Modelos de Crescimento para Árvores Singulares** *Nectandra megapotamica* **(Spreng.) Mez. e** *Ocotea puberula* **Ness.** 2001. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

DELLA–FLORA, J. B.; DURLO, M. A.; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 165-177, 2004.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**. 1997. 208 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GAUTO, O. A. **Análise da dinâmica e impactos da exploração sobre o estoque remanescente (por espécie e grupos de espécies similares) de uma Floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina**. 1997. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

GONZÁLEZ, M. S. et al. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 262-270, 2006.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. New Jersey: Prantice Hall, 1992. 642 p.

KIERMAN, D. H.; BEVILACQUA, E.; NYLAND, R. D. Individual-tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, p. 1579-1586, 2008.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LIANG, J.; BUONGIORNO, J. MONSERUD, R. A. Estimation and application of a growth and yield models for uneven-aged mixed stands in California. **International Forestry Review**. v. 7, n. 2, p. 101-112, 2005.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo-RS**. 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

MARDIA, A. K. V.; KENT. J. T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 1997. 518 p.

MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de** *Cabralea canjerana* **(Vell.) Mart.,** *Cedrela fissilis* **Vell. e** *Cordia trichotoma* **(Vell.) Arrab. *ex* Steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul, RS**. 2007. 106 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MEYER, H. A.; RECKNAGEL, A.; STEVENSON, D. et al. **Forest Management**. 2 ed. New York: The Ronald Press Company, 1961. 281 p.

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

NAMAALWA, J.; EID, T.; SANKHAYAN, P. A multi-species density-dependent matrix growth model for the dry woodlands of Uganda. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 213, p. 312-327, 2005.

NEBEL, G.; MEILBY, H. Growth and populations structure of timber species in Peruvian Amazon flood plains. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 215, p. 196-211, 2005.

NYSTRÖM, K.; KEXI, M. Individual tree basal area growth models for young stands of Norway spruce in Sweden. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 97, p. 173-185, 1997.

PALAHÍ, M.; GRAU. J. M. Preliminary site índex model and individual-tree growth and mortality models for Black pine (*Pinus nigra* Arn.) in Catalonia (Spain). **Inves. Agrar. Sist. Recur. For**. v. 12, n.1, p. 137-148, 2003.

PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; MIINA, J.; MONTERO, G. Individual-tree growth and mortality models for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. **Ann. For. Sci**. v. 60, p. 1-10, 2003.

PHILLIPS, P. D.; AZEVEDO, C. P.; DEGEN, B.; THOMPSON, I. S.; SILVA, J. N. M.; VAN GARDINGEN, P. R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 173, p. 335-354, 2004.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. Lisboa: Edições Silabo, 1997. 342 p.

RIVERA, H. **Ordenamento territorial de áreas florestais utilizando avaliação multicritério apoiada por geoprocessamento, fitossociologia e análise multivariada**. 2007. 225 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de** *Araucaria angustifolia* **de 60 anos.** 2008. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ROSSI, L. M. B. **Processo de Difusão para Simulação da Dinâmica de Floresta Natural**. 2007. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SANTOS, J. H. S. et al. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SCHEEREN, L. W. et al. Agrupamento de unidades amostrais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em função de variáveis do solo, da serapilheira e das acículas, na região de Canela, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 39-57, 2000.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, CEPEF/FATEC, 1993. 348 p.

SNEATH, P. H. A; SOKAL, R. R. **Numeric taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma Floresta Ombrófila Densa de terra firme, Amazônia Central. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 49-54, 2006.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Estratificação vertical em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 691-698, 2004.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequiâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 59-63, 2003.

SPATHELF, P.; DURLO. M. A., Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 151, p. 139-149, 2001.

STEPKA, T. F.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; SAWCZUK, A. R. Modelagem do incremento em diâmetro da *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Revista Floresta,** Curitiba, 2012. No prelo.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. Heft 4. Wien: Universität für Bodenkultur, 1992. 160 p.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 42, p. 143-168, 1991.

VANCLAY, J. K. **Moddelling forest growth and yield:** applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

WEST, P. W. Use of diameter increment and basal area increment in tree growth studies. **Canadian Journal Forest Research**, Vancouver, v. 10, p. 71–77, 1980.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Science**s. San Diego – CA: Academic Press, 1995. 467 p.

ZEIDE. B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 19, n. 10, p. 1283-1286, 1989.

ZHANG, S.; BURKHART, H. E.; AMATEIS, R. L. Modeling individual tree growth for juvenile loblolly pine plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 89, p. 157-172, 1996.

ANEXOS

Anexo 1. Estrutura horizontal referente ao ano de 2002 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Araucaria angustifolia	79,60	5,22	42,12	7,25	7,068	24,650	12,374
Ilex paraguariensis	90,40	5,93	60,20	10,37	1,606	5,599	7,297
Ocotea odorifera	58,40	3,83	51,96	8,95	1,494	5,212	5,996
Nectandra grandiflora	71,40	4,68	37,72	6,49	1,810	6,312	5,829
Ocotea porosa	44,60	2,92	19,32	3,33	2,497	8,707	4,986
Casearia decandra	72,80	4,77	35,40	6,10	0,755	2,631	4,500
Cedrela fissilis	54,60	3,58	15,44	2,66	1,320	4,604	3,614
Ocotea puberula	45,60	2,99	13,96	2,40	1,420	4,951	3,448
Matayba elaeagnoides	44,20	2,90	18,08	3,11	1,183	4,126	3,379
Nectandra megapotamica	54,60	3,58	17,16	2,95	0,935	3,260	3,265
Myrsine umbellata	59,20	3,88	23,28	4,01	0,502	1,749	3,213
Syagrus romanzoffiana	49,40	3,24	18,00	3,10	0,733	2,555	2,965
Cinnamodendron dinisii	38,80	2,54	14,36	2,47	0,677	2,362	2,460
Coussarea contracta	43,80	2,87	19,88	3,42	0,263	0,917	2,404
Prunus myrtifolia	45,80	3,00	13,20	2,27	0,384	1,340	2,205
Ocotea diospyrifolia	34,00	2,23	9,24	1,59	0,708	2,467	2,096
Ilex theezans	41,40	2,71	12,68	2,18	0,267	0,930	1,943
Dalbergia brasiliensis	36,60	2,40	9,84	1,69	0,273	0,951	1,682
Casearia sylvestris	29,60	1,94	12,28	2,11	0,257	0,896	1,650
Myrcia hebepetala	30,40	1,99	9,52	1,64	0,135	0,470	1,367
Myrcia splendens	27,20	1,78	8,88	1,53	0,140	0,488	1,267
Campomanesia xanthocarpa	24,80	1,63	6,08	1,05	0,300	1,046	1,240
Clethra scabra	20,40	1,34	5,60	0,96	0,338	1,180	1,161
Styrax leprosus	18,00	1,18	6,24	1,07	0,281	0,979	1,078
Eugenia involucrata	24,20	1,59	5,76	0,99	0,119	0,416	0,998
Myrciaria floribunda	23,60	1,55	6,28	1,08	0,096	0,336	0,988
Sloanea hirsuta	19,40	1,27	4,92	0,85	0,238	0,831	0,983
Psychotria vellosiana	20,20	1,32	5,16	0,89	0,173	0,604	0,939
Casearia obliqua	16,20	1,06	5,20	0,90	0,173	0,604	0,854
Vernonanthura petiolaris	18,20	1,19	4,28	0,74	0,166	0,580	0,837
Allophylus edulis	18,60	1,22	4,88	0,84	0,082	0,284	0,781
Machaerium stipitatum	14,40	0,94	3,52	0,61	0,131	0,458	0,669
Curitiba prismatica	15,20	1,00	4,40	0,76	0,069	0,241	0,665
Chrysophyllum gonocarpum	14,80	0,97	3,68	0,63	0,090	0,315	0,640
Jacaranda micrantha	13,80	0,90	3,16	0,54	0,089	0,311	0,587
Cinnamomum sellowianum	10,40	0,68	2,56	0,44	0,171	0,597	0,573
Drimys brasiliensis	10,60	0,69	2,60	0,45	0,048	0,167	0,437
Piptocarpha angustifolia	7,00	0,46	2,24	0,39	0,124	0,433	0,426
Laplacea fruticosa	7,80	0,51	1,80	0,31	0,120	0,419	0,413
Picrasma crenata	9,60	0,63	2,24	0,39	0,036	0,125	0,380

continua…

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Vernonanthura discolor	6,60	0,43	2,00	0,34	0,082	0,286	0,355
Cupania vernalis	8,80	0,58	1,84	0,32	0,047	0,165	0,353
Schefflera morototoni	6,00	0,39	1,32	0,23	0,090	0,315	0,312
Diatenopteryx sorbifolia	5,00	0,33	1,60	0,28	0,085	0,295	0,300
Ilex dumosa	7,40	0,49	1,60	0,28	0,039	0,136	0,299
Lithraea molleoides	5,60	0,37	1,24	0,21	0,087	0,304	0,295
Ocotea corymbosa	6,20	0,41	1,40	0,24	0,061	0,213	0,287
Inga virescens	7,00	0,46	1,56	0,27	0,033	0,116	0,281
Plinia cauliflora	6,00	0,39	1,56	0,27	0,049	0,171	0,278
Casearia lasiophylla	6,60	0,43	1,52	0,26	0,026	0,091	0,262
Zanthoxylum rhoifolium	5,60	0,37	1,28	0,22	0,052	0,182	0,257
Mimosa scabrella	3,00	0,20	1,08	0,19	0,094	0,327	0,236
Myrciaria delicatula	5,80	0,38	1,24	0,21	0,021	0,073	0,222
Roupala montana	4,60	0,30	1,00	0,17	0,041	0,142	0,205
Sapium glandulosum	5,40	0,35	1,08	0,19	0,019	0,068	0,203
Lafoensia pacari	4,40	0,29	1,00	0,17	0,040	0,140	0,200
Chrysophyllum marginatum	4,60	0,30	1,16	0,20	0,025	0,087	0,196
N.I. Morta	5,00	0,33	1,04	0,18	0,019	0,068	0,192
Persea major	3,80	0,25	0,76	0,13	0,054	0,187	0,189
Parapiptadenia rigida	3,40	0,22	0,80	0,14	0,059	0,205	0,189
Allophylus petiolulatus	5,00	0,33	1,04	0,18	0,012	0,042	0,183
Luehea divaricata	3,60	0,24	0,76	0,13	0,031	0,109	0,159
Cassia leptophylla	3,40	0,22	0,76	0,13	0,027	0,093	0,149
Xylosma pseudosalzmanii	3,60	0,24	0,72	0,12	0,009	0,032	0,131
Cabralea canjerana	2,60	0,17	0,56	0,10	0,027	0,093	0,120
Ocotea indecora	2,60	0,17	0,60	0,10	0,020	0,070	0,115
Piptocarpha axillaris	2,80	0,18	0,60	0,10	0,016	0,056	0,114
Anadenanthera colubrina	0,80	0,05	0,20	0,03	0,059	0,204	0,097
Zanthoxylum kleinii	2,20	0,14	0,48	0,08	0,017	0,058	0,095
Cinnamomum amoenum	1,80	0,12	0,40	0,07	0,019	0,065	0,084
Cryptocarya aschersoniana	1,60	0,10	0,32	0,06	0,017	0,060	0,073
Ilex brevicuspis	1,60	0,10	0,36	0,06	0,009	0,032	0,066
Solanum sanctaecatharinae	1,80	0,12	0,36	0,06	0,005	0,017	0,066
Eugenia uniflora	1,80	0,12	0,36	0,06	0,005	0,016	0,065
Myrsine coriacea	1,40	0,09	0,28	0,05	0,010	0,036	0,059
Quillaja brasiliensis	1,20	0,08	0,24	0,04	0,012	0,041	0,054
Albizia edwallii	1,40	0,09	0,28	0,05	0,005	0,016	0,052
Aegiphila integrifolia	1,20	0,08	0,24	0,04	0,004	0,015	0,045
Ficus enormis	1,00	0,07	0,24	0,04	0,007	0,025	0,044
Prockia crucis	1,20	0,08	0,24	0,04	0,003	0,012	0,044
Lamanonia ternata	1,00	0,07	0,20	0,03	0,009	0,031	0,044
Eugenia pyriformis	0,80	0,05	0,16	0,03	0,010	0,036	0,039
Sebastiania commersoniana	1,00	0,07	0,20	0,03	0,004	0,013	0,038
Eugenia pluriflora	1,00	0,07	0,20	0,03	0,004	0,013	0,038

continua…

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Maytenus officinalis	1,00	0,07	0,20	0,03	0,003	0,011	0,037
Picramnia parvifolia	1,00	0,07	0,20	0,03	0,003	0,010	0,037
Rudgea jasminoides	0,60	0,04	0,16	0,03	0,003	0,011	0,026
Vitex megapotamica	0,40	0,03	0,08	0,01	0,004	0,012	0,017
Cinnamomum glaziovii	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,009	0,016
Ormosia arborea	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,007	0,016
Myrcia guianensis	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,006	0,015
Campomanesia guazumifolia	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,006	0,015
Annona sylvatica	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,004	0,015
Symplocos tetrandra	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,004	0,015
Solanum bullatum	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,004	0,015
Citrus sinensis	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,002	0,014
Handroanthus albus	0,20	0,01	0,04	0,01	0,004	0,012	0,011
Myrcia lajeana	0,20	0,01	0,08	0,01	0,001	0,004	0,010
Cedrela lilloi	0,20	0,01	0,04	0,01	0,003	0,010	0,010
Maytenus grandiflora	0,20	0,01	0,04	0,01	0,002	0,007	0,009
Erythroxylum deciduum	0,20	0,01	0,04	0,01	0,002	0,007	0,009
Lonchocarpus muehlbergianus	0,20	0,01	0,04	0,01	0,001	0,004	0,008
Casearia gossypiosperma	0,20	0,01	0,04	0,01	0,001	0,002	0,007
Strychnos brasiliensis	0,20	0,01	0,04	0,01	0,000	0,001	0,007
Solanum pseudoquina	0,20	0,01	0,04	0,01	0,000	0,001	0,007
Myrceugenia miersiana	0,20	0,01	0,04	0,01	0,000	0,001	0,007
Sorocea bonplandii	0,20	0,01	0,04	0,01	0,000	0,001	0,007
Total	**1525,20**	**100**	**580,76**	**100**	**28,68**	**100**	**100**

FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa (%), DA = Densidade Absoluta (indivíduos/ha); DR = Densidade Relativa (%), DoA = Dominância Absoluta (m²/ha); DoR = Dominância Relativa (%), VI = Valor de Importância (0 – 100%).

Anexo 2. Estrutura horizontal referente ao ano de 2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Araucaria angustifolia	79,60	5,27	42,32	7,55	8,118	26,559	13,124
Ilex paraguariensis	86,60	5,73	52,12	9,29	1,533	5,015	6,679
Ocotea odorifera	61,20	4,05	52,88	9,43	1,671	5,468	6,315
Nectandra grandiflora	68,60	4,54	33,68	6,00	1,807	5,912	5,485
Ocotea porosa	44,20	2,92	19,00	3,39	2,843	9,302	5,205
Casearia decandra	69,40	4,59	31,32	5,58	0,760	2,487	4,221
Cedrela fissilis	52,60	3,48	14,88	2,65	1,526	4,991	3,708
Nectandra megapotamica	55,40	3,67	17,60	3,14	1,001	3,275	3,359
Ocotea puberula	42,40	2,81	12,68	2,26	1,448	4,737	3,268
Coussarea contracta	54,00	3,57	26,16	4,66	0,383	1,254	3,164
Syagrus romanzoffiana	49,40	3,27	18,08	3,22	0,769	2,515	3,002
Matayba elaeagnoides	40,60	2,69	14,96	2,67	1,111	3,635	2,996
Myrsine umbellata	47,60	3,15	16,72	2,98	0,383	1,253	2,461
Ocotea diospyrifolia	34,00	2,25	9,08	1,62	0,803	2,627	2,165
Cinnamodendron dinisii	34,80	2,30	11,96	2,13	0,616	2,016	2,150
Casearia sylvestris	35,20	2,33	14,44	2,57	0,339	1,109	2,004
Prunus myrtifolia	37,80	2,50	10,28	1,83	0,273	0,893	1,742
Ilex theezans	36,40	2,41	10,52	1,88	0,234	0,764	1,683
Myrcia hebepetala	35,20	2,33	11,80	2,10	0,187	0,610	1,681
Dalbergia brasiliensis	34,00	2,25	8,92	1,59	0,265	0,866	1,569
Myrciaria floribunda	32,20	2,13	9,56	1,70	0,142	0,465	1,433
Campomanesia xanthocarpa	26,20	1,73	6,44	1,15	0,361	1,182	1,355
Eugenia involucrata	30,80	2,04	8,12	1,45	0,172	0,562	1,349
Myrcia splendens	24,60	1,63	7,96	1,42	0,128	0,418	1,155
Psychotria vellosiana	24,00	1,59	5,96	1,06	0,240	0,785	1,145
Allophylus edulis	23,80	1,57	6,36	1,13	0,107	0,351	1,020
Casearia obliqua	17,60	1,16	5,80	1,03	0,210	0,687	0,962
Clethra scabra	16,00	1,06	4,24	0,76	0,303	0,991	0,935
Sloanea hirsuta	16,80	1,11	4,08	0,73	0,233	0,763	0,867
Curitiba prismatica	16,60	1,10	5,24	0,93	0,088	0,289	0,774
Chrysophyllum gonocarpum	16,60	1,10	4,04	0,72	0,115	0,376	0,731
Styrax leprosus	12,00	0,79	4,00	0,71	0,169	0,553	0,687
Jacaranda micrantha	14,60	0,97	3,40	0,61	0,107	0,349	0,641
Machaerium stipitatum	11,20	0,74	2,68	0,48	0,117	0,384	0,534
Cinnamomum sellowianum	9,40	0,62	2,32	0,41	0,173	0,566	0,534
Picrasma crenata	10,40	0,69	2,48	0,44	0,044	0,145	0,425
Casearia lasiophylla	10,60	0,70	2,32	0,41	0,038	0,124	0,413
Diatenopteryx sorbifolia	6,60	0,44	2,28	0,41	0,114	0,371	0,405
Drimys brasiliensis	9,40	0,62	2,32	0,41	0,053	0,173	0,403
Ocotea corymbosa	9,00	0,60	2,04	0,36	0,072	0,236	0,398

continua…

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Vernonanthura petiolaris	8,60	0,57	1,92	0,34	0,070	0,230	0,380
Cupania vernalis	9,20	0,61	1,92	0,34	0,057	0,186	0,379
Piptocarpha angustifolia	6,00	0,40	1,84	0,33	0,102	0,333	0,353
Vernonanthura discolor	6,80	0,45	1,88	0,34	0,071	0,232	0,339
Inga virescens	7,20	0,48	1,64	0,29	0,044	0,143	0,304
Plinia cauliflora	6,00	0,40	1,56	0,28	0,062	0,204	0,293
Allophylus petiolulatus	7,20	0,48	1,68	0,30	0,022	0,072	0,283
Myrciaria delicatula	6,60	0,44	1,48	0,26	0,034	0,113	0,271
Laplacea fruticosa	5,20	0,34	1,12	0,20	0,080	0,261	0,268
Schefflera morototoni	5,20	0,34	1,08	0,19	0,076	0,248	0,262
Chrysophyllum marginatum	5,60	0,37	1,32	0,24	0,030	0,099	0,235
Parapiptadenia rigida	4,00	0,26	1,04	0,19	0,077	0,253	0,234
Lithraea molleoides	3,80	0,25	0,84	0,15	0,077	0,253	0,218
Zanthoxylum rhoifolium	4,40	0,29	1,04	0,19	0,051	0,168	0,215
Ilex dumosa	5,20	0,34	1,12	0,20	0,028	0,090	0,211
Mimosa scabrella	3,80	0,25	1,44	0,26	0,035	0,114	0,208
Sapium glandulosum	5,40	0,36	1,08	0,19	0,020	0,066	0,205
Lafoensia pacari	3,80	0,25	0,88	0,16	0,041	0,135	0,181
Roupala montana	4,00	0,26	0,84	0,15	0,035	0,113	0,176
Piptocarpha axillaris	4,00	0,26	1,00	0,18	0,025	0,081	0,175
Persea major	3,20	0,21	0,64	0,11	0,052	0,170	0,165
N.I. Morta	4,20	0,28	0,96	0,17	0,011	0,035	0,161
Xylosma pseudosalzmanii	4,20	0,28	0,84	0,15	0,012	0,039	0,156
Cassia leptophylla	3,20	0,21	0,72	0,13	0,029	0,096	0,145
Cabralea canjerana	3,00	0,20	0,64	0,11	0,034	0,112	0,142
Ocotea indecora	3,00	0,20	0,68	0,12	0,026	0,086	0,135
Rudgea jasminoides	3,40	0,22	0,76	0,14	0,010	0,032	0,131
Anadenanthera colubrina	0,80	0,05	0,20	0,04	0,069	0,226	0,105
Luehea divaricata	2,20	0,15	0,48	0,09	0,025	0,081	0,104
Zanthoxylum kleinii	2,20	0,15	0,48	0,09	0,018	0,060	0,097
Cryptocarya aschersoniana	1,80	0,12	0,36	0,06	0,021	0,069	0,084
Myrsine coriacea	2,00	0,13	0,40	0,07	0,012	0,038	0,081
Ilex brevicuspis	1,80	0,12	0,40	0,07	0,011	0,037	0,076
Prockia crucis	2,00	0,13	0,40	0,07	0,006	0,019	0,074
Cinnamomum amoenum	1,40	0,09	0,32	0,06	0,019	0,061	0,070
Myrcia lajeana	1,80	0,12	0,40	0,07	0,004	0,014	0,068
Maytenus officinalis	1,60	0,11	0,36	0,06	0,005	0,018	0,063
Solanum sanctaecatharinae	1,60	0,11	0,32	0,06	0,004	0,014	0,059
Albizia edwallii	1,40	0,09	0,28	0,05	0,007	0,022	0,055
Sebastiania commersoniana	1,40	0,09	0,28	0,05	0,005	0,018	0,053
Quillaja brasiliensis	1,20	0,08	0,24	0,04	0,011	0,035	0,052
Eugenia pyriformis	1,00	0,07	0,20	0,04	0,010	0,034	0,045
Lamanonia ternata	1,00	0,07	0,20	0,04	0,010	0,032	0,045
Aegiphila integrifolia	1,00	0,07	0,20	0,04	0,005	0,016	0,039

continua…

Espécie	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	VI
Picramnia parvifolia	1,00	0,07	0,20	0,04	0,004	0,013	0,038
Maytenus grandiflora	1,00	0,07	0,20	0,04	0,004	0,013	0,038
Ficus enormis	0,80	0,05	0,20	0,04	0,008	0,025	0,038
Myrcia guianensis	1,00	0,07	0,20	0,04	0,003	0,010	0,037
Eugenia uniflora	1,00	0,07	0,20	0,04	0,002	0,008	0,037
Solanum pseudoquina	0,80	0,05	0,16	0,03	0,002	0,007	0,029
Annona sylvatica	0,80	0,05	0,16	0,03	0,002	0,007	0,029
Eugenia pluriflora	0,60	0,04	0,12	0,02	0,002	0,006	0,022
Citrus sinensis	0,60	0,04	0,12	0,02	0,001	0,004	0,022
Vitex megapotamica	0,40	0,03	0,08	0,01	0,004	0,012	0,018
Lonchocarpus muehlbergianus	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,007	0,016
Campomanesia guazumifolia	0,40	0,03	0,08	0,01	0,002	0,006	0,016
Solanum bullatum	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,005	0,015
Ormosia arborea	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,004	0,015
Strychnos brasiliensis	0,40	0,03	0,08	0,01	0,001	0,003	0,015
Cedrela lilloi	0,20	0,01	0,04	0,01	0,005	0,015	0,012
Handroanthus albus	0,20	0,01	0,04	0,01	0,004	0,012	0,011
Erythroxylum deciduum	0,20	0,01	0,04	0,01	0,002	0,007	0,009
Cinnamomum glaziovii	0,20	0,01	0,04	0,01	0,002	0,007	0,009
Symplocos tetrandra	0,20	0,01	0,04	0,01	0,001	0,004	0,008
Casearia gossypiosperma	0,20	0,01	0,04	0,01	0,001	0,003	0,008
Sorocea bonplandii	0,20	0,01	0,04	0,01	0,001	0,002	0,007
Myrceugenia miersiana	0,20	0,01	0,04	0,01	0,000	0,002	0,007
Total	**1511,40**	**100**	**560,88**	**100**	**30,57**	**100**	**100**

FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa (%), DA = Densidade Absoluta (indivíduos/ha); DR = Densidade Relativa (%), DoA = Dominância Absoluta (m²/ha); DoR = Dominância Relativa (%), VI = Valor de Importância (0 – 100%).

Anexo 3. Incremento Periódico Anual em diâmetro no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	N/ha	Incremento em diâmetro (cm/ano)				CV (%)
	2011	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO	
Cedrela lilloi	0,04	1,001	1,001	1,001	0	0
Cinnamomum glaziovii	0,04	0,760	0,760	0,760	0	0
Anadenanthera colubrina	0,20	0,619	0,431	0,725	0,123	19,83
Lonchocarpus muehlbergianus	0,08	0,619	0,619	0,619	0	0
Piptocarpha angustifolia	1,84	0,504	0,141	1,337	0,251	49,87
Mimosa scabrella	1,44	0,504	0,350	0,778	0,170	33,74
Psychotria vellosiana	5,96	0,483	0,042	1,305	0,291	60,36
Parapiptadenia rigida	1,04	0,481	0,110	1,093	0,233	48,43
Solanum pseudoquina	0,16	0,470	0,470	0,470	0	0
Piptocarpha axillaris	1,00	0,456	0,106	1,040	0,245	53,73
Araucaria angustifolia	42,32	0,417	-0,283	1,220	0,229	54,92
Ormosia arborea	0,08	0,389	0,389	0,389	0	0
Schefflera morototoni	1,08	0,385	0	1,291	0,352	91,35
Symplocos tetrandra	0,04	0,382	0,382	0,382	0	0
Ocotea porosa	19,00	0,376	-0,025	1,379	0,243	64,66
Vernonanthura discolor	1,88	0,369	0,035	1,103	0,273	73,92
Cryptocarya aschersoniana	0,36	0,366	0,057	0,760	0,242	66,21
Sorocea bonplandii	0,04	0,364	0,364	0,364	0	0
Cabralea canjerana	0,64	0,361	0,046	0,743	0,197	54,61
Diatenopteryx sorbifolia	2,28	0,358	0,103	0,785	0,164	45,75
Cedrela fissilis	14,88	0,348	0	1,139	0,201	57,80
Albizia edwallii	0,28	0,341	0,134	0,615	0,180	52,86
Laplacea fruticosa	1,12	0,310	0,067	0,902	0,222	71,80
Rudgea jasminoides	0,76	0,302	0,209	0,531	0,154	50,93
Ocotea puberula	12,68	0,300	0	1,082	0,193	64,46
Ocotea indecora	0,68	0,295	0,071	0,619	0,157	53,07
Campomanesia xanthocarpa	6,44	0,290	-0,053	0,867	0,181	62,40
Cinnamomum sellowianum	2,32	0,288	-0,025	0,884	0,214	74,41
Plinia cauliflora	1,56	0,282	0,060	0,584	0,144	51,15
Casearia sylvestris	14,44	0,275	0,018	0,697	0,134	48,87
Ocotea diospyrifolia	9,08	0,271	-0,004	1,291	0,192	70,90
Styrax leprosus	4,00	0,263	0,018	0,888	0,197	75,16
Inga virescens	1,64	0,259	0,035	0,672	0,169	65,29
Chrysophyllum marginatum	1,32	0,251	0,018	0,538	0,124	49,51
Vernonanthura petiolaris	1,92	0,249	-0,007	0,902	0,232	93,10
Clethra scabra	4,24	0,246	-0,053	1,114	0,218	88,38
Picramnia parvifolia	0,20	0,246	0,046	0,495	0,202	81,91
Chrysophyllum gonocarpum	4,04	0,234	-0,035	0,637	0,139	59,34
Nectandra megapotamica	17,60	0,232	-0,071	1,556	0,172	73,94
Solanum bullatum	0,08	0,228	0,035	0,421	0,273	119,50
Eugenia pyriformis	0,20	0,228	0,106	0,417	0,167	73,18
Cinnamomum amoenum	0,32	0,225	0,014	0,502	0,182	81,08
Picrasma crenata	2,48	0,224	0,028	0,902	0,164	73,22
Persea major	0,64	0,217	0,025	0,548	0,175	80,51
Eugenia involucrata	8,12	0,217	0	0,601	0,117	53,92
Coussarea contracta	26,16	0,215	0,018	0,637	0,104	48,23
Ocotea corymbosa	2,04	0,214	0	0,690	0,168	78,67

continua…

Espécie	N/ha	Incremento em diâmetro (cm/ano)				CV (%)
	2011	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO	
Nectandra grandiflora	33,68	0,213	-0,124	1,273	0,169	79,42
Erythroxylum deciduum	0,04	0,212	0,212	0,212	0	0
Solanum sanctaecatharinae	0,32	0,212	0,095	0,332	0,112	52,64
Zanthoxylum kleinii	0,48	0,208	0,035	0,421	0,141	67,61
Myrciaria delicatula	1,48	0,207	0,014	0,520	0,126	60,81
Casearia obliqua	5,80	0,206	0	0,506	0,109	52,82
Ilex paraguariensis	52,12	0,199	-0,110	0,955	0,159	79,65
Myrcia hebepetala	11,80	0,199	0	0,545	0,106	53,28
Roupala montana	0,84	0,198	0,035	0,495	0,116	58,51
Aegiphila integrifolia	0,20	0,193	-0,011	0,386	0,176	91,33
Ilex brevicuspis	0,40	0,193	0,053	0,407	0,101	52,36
Curitiba prismatica	5,24	0,192	0	0,477	0,096	49,86
Casearia gossypiosperma	0,04	0,191	0,191	0,191	0	0
Drimys brasiliensis	2,32	0,191	-0,018	0,548	0,131	68,52
Lafoensia pacari	0,88	0,191	0,050	0,389	0,100	52,44
Allophylus petiolulatus	1,68	0,189	0,021	0,389	0,105	55,63
Maytenus officinalis	0,36	0,187	0,060	0,414	0,133	71,21
Zanthoxylum rhoifolium	1,04	0,185	0,025	0,495	0,132	71,03
Lithraea molleoides	0,84	0,183	-0,035	0,591	0,143	78,25
Casearia lasiophylla	2,32	0,182	0,018	0,453	0,107	58,97
Casearia decandra	31,32	0,181	-0,265	0,644	0,121	67,15
Matayba elaeagnoides	14,96	0,180	-0,035	0,619	0,116	64,47
Machaerium stipitatum	2,68	0,179	-0,035	0,725	0,149	83,64
Sloanea hirsuta	4,08	0,178	-0,018	0,813	0,137	77,18
Cinnamodendron dinisii	11,96	0,177	-0,018	0,531	0,117	66,36
Myrceugenia miersiana	0,04	0,177	0,177	0,177	0	0
Prunus myrtifolia	10,28	0,176	-0,050	1,096	0,160	90,98
Quillaja brasiliensis	0,24	0,175	0,035	0,301	0,108	61,59
Luehea divaricata	0,48	0,174	0,035	0,357	0,102	58,32
Jacaranda micrantha	3,40	0,172	0	0,601	0,164	95,05
Cupania vernalis	1,92	0,169	0	0,619	0,140	82,99
Maytenus grandiflora	0,20	0,159	0,159	0,159	0	0
Lamanonia ternata	0,20	0,155	0,028	0,318	0,110	70,80
Myrciaria floribunda	9,56	0,150	-0,004	0,421	0,089	59,60
Eugenia uniflora	0,20	0,148	0,035	0,290	0,111	75,45
Citrus sinensis	0,12	0,147	0,120	0,173	0,038	25,56
Cassia leptophylla	0,72	0,146	0,071	0,336	0,069	47,42
Allophylus edulis	6,36	0,146	0,004	0,407	0,093	64,08
Ocotea odorifera	52,88	0,141	-0,071	0,760	0,103	73,04
Dalbergia brasiliensis	8,92	0,141	-0,018	0,849	0,132	94,03
Myrcia splendens	7,96	0,133	-0,035	0,492	0,114	86,27
Myrsine umbellata	16,72	0,132	-0,018	0,637	0,111	84,25
Campomanesia guazumifolia	0,08	0,129	0,011	0,248	0,168	129,80
Ilex dumosa	1,12	0,127	-0,018	0,460	0,120	94,64
Annona sylvatica	0,16	0,126	0,028	0,223	0,138	109,55
Ficus enormis	0,20	0,123	0,018	0,265	0,106	86,29
Strychnos brasiliensis	0,08	0,120	0,120	0,120	0	0
Sebastiania commersoniana	0,28	0,120	0,046	0,212	0,074	61,65
Xylosma pseudosalzmanii	0,84	0,119	0	0,364	0,091	76,33
Ilex theezans	10,52	0,118	-0,025	0,566	0,103	87,91

continua…

Espécie	N/ha	Incremento em diâmetro (cm/ano)				CV (%)
	2011	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO	
Myrcia guianensis	0,20	0,111	0,099	0,124	0,018	15,71
Sapium glandulosum	1,08	0,106	0	0,371	0,094	88,80
Myrsine coriacea	0,40	0,103	-0,039	0,230	0,111	107,00
Vitex megapotamica	0,08	0,103	0,099	0,106	0,005	4,88
Myrcia lajeana	0,40	0,101	0,050	0,152	0,073	71,95
Syagrus romanzoffiana	18,08	0,092	-0,053	1,160	0,163	176,40
Prockia crucis	0,40	0,087	0,035	0,149	0,041	46,95
Eugenia pluriflora	0,12	0,075	-0,004	0,212	0,119	157,60
Handroanthus albus	0,04	0,014	0,014	0,014	0	0
Total	**560,88**	**0,227**	**-0,283**	**1,556**	**0,186**	**82,15**

N/ha = número de indivíduos da espécie por hectare, MÍNIMO = menor valor observado para a espécie, MÁXIMO = maior valor observado para a espécie, DESVIO = desvio padrão (cm/ano), CV = Coeficiente de Variação (%).

Anexo 4. Incremento Periódico Anual em área basal no período 2002-2011 em um fragmento de FOM na FLONA de Irati, Paraná.

Espécie	Área Basal m²/ha 2002	Área Basal m²/ha 2011	Incremento em Área Basal m²/ha 2002-2011	Incremento em Área Basal m²/ha/ano 2002-2011	Incremento em Área Basal % no período	Incremento em Área Basal % anual
Araucaria angustifolia	7,0683	8,1184	1,0501	0,1167	14,86	1,65
Ocotea porosa	2,4969	2,8434	0,3465	0,0385	13,88	1,54
Cedrela fissilis	1,3201	1,5257	0,2055	0,0228	15,57	1,73
Ocotea odorifera	1,4945	1,6713	0,1768	0,0196	11,83	1,31
Coussarea contracta	0,2631	0,3834	0,1203	0,0134	45,73	5,08
Ocotea diospyrifolia	0,7075	0,8031	0,0956	0,0106	13,51	1,50
Casearia sylvestris	0,2569	0,3389	0,0820	0,0091	31,93	3,55
Psychotria vellosiana	0,1733	0,2401	0,0669	0,0074	38,59	4,29
Nectandra megapotamica	0,9348	1,0010	0,0663	0,0074	7,09	0,79
Campomanesia xanthocarpa	0,3001	0,3613	0,0612	0,0068	20,40	2,27
Eugenia involucrata	0,1194	0,1718	0,0524	0,0058	43,94	4,88
Myrcia hebepetala	0,1347	0,1866	0,0519	0,0058	38,53	4,28
Myrciaria floribunda	0,0963	0,1420	0,0456	0,0051	47,38	5,26
Casearia obliqua	0,1732	0,2100	0,0368	0,0041	21,27	2,36
Syagrus romanzoffiana	0,7328	0,7687	0,0360	0,0040	4,91	0,55
Diatenopteryx sorbifolia	0,0847	0,1135	0,0288	0,0032	33,98	3,78
Ocotea puberula	1,4198	1,4480	0,0281	0,0031	1,98	0,22
Allophylus edulis	0,0815	0,1072	0,0256	0,0028	31,41	3,49
Chrysophyllum gonocarpum	0,0903	0,1148	0,0245	0,0027	27,09	3,01
Curitiba prismatica	0,0691	0,0885	0,0194	0,0022	28,08	3,12
Parapiptadenia rigida	0,0589	0,0774	0,0185	0,0021	31,42	3,49
Jacaranda micrantha	0,0892	0,1068	0,0176	0,0020	19,72	2,19
Myrciaria delicatula	0,0209	0,0345	0,0136	0,0015	65,07	7,23
Plinia cauliflora	0,0491	0,0623	0,0133	0,0015	27,03	3,00
Casearia lasiophylla	0,0260	0,0379	0,0118	0,0013	45,38	5,04
Ocotea corymbosa	0,0610	0,0722	0,0112	0,0012	18,34	2,04
Anadenanthera colubrina	0,0586	0,0690	0,0105	0,0012	17,89	1,99
Inga virescens	0,0334	0,0437	0,0103	0,0011	30,74	3,42
Allophylus petiolulatus	0,0121	0,0220	0,0099	0,0011	82,07	9,12
Cupania vernalis	0,0474	0,0569	0,0095	0,0011	20,12	2,24
Piptocarpha axillaris	0,0159	0,0248	0,0089	0,0010	55,66	6,18
Picrasma crenata	0,0359	0,0445	0,0085	0,0009	23,79	2,64
Cabralea canjerana	0,0266	0,0343	0,0077	0,0009	29,09	3,23
Rudgea jasminoides	0,0031	0,0098	0,0067	0,0007	216,92	24,10
Ocotea indecora	0,0201	0,0262	0,0061	0,0007	30,43	3,38
Casearia decandra	0,7545	0,7602	0,0056	0,0006	0,75	0,08
Chrysophyllum marginatum	0,0249	0,0302	0,0053	0,0006	21,17	2,35
Drimys brasiliensis	0,0478	0,0528	0,0050	0,0006	10,41	1,16
Cryptocarya aschersoniana	0,0171	0,0212	0,0041	0,0005	24,25	2,69

continua…

Espécie	Área Basal m²/ha 2002	Área Basal m²/ha 2011	Incremento em Área Basal m²/ha 2002-2011	Incremento em Área Basal m²/ha/ano 2002-2011	Incremento em Área Basal % no período	Incremento em Área Basal % anual
Myrcia lajeana	0,0011	0,0043	0,0032	0,0004	292,62	32,51
Cassia leptophylla	0,0267	0,0294	0,0028	0,0003	10,31	1,15
Xylosma pseudosalzmanii	0,0093	0,0120	0,0027	0,0003	29,28	3,25
Prockia crucis	0,0034	0,0059	0,0025	0,0003	73,01	8,11
Maytenus officinalis	0,0033	0,0054	0,0022	0,0002	66,25	7,36
Ilex brevicuspis	0,0093	0,0114	0,0021	0,0002	23,01	2,56
Albizia edwallii	0,0047	0,0068	0,0021	0,0002	45,35	5,04
Zanthoxylum kleinii	0,0165	0,0185	0,0020	0,0002	11,84	1,32
Cedrela lilloi	0,0028	0,0047	0,0019	0,0002	70,12	7,79
Solanum pseudoquina	0,0004	0,0021	0,0017	0,0002	443,82	49,31
Cinnamomum sellowianum	0,1713	0,1731	0,0017	0,0002	1,01	0,11
Maytenus grandiflora	0,0021	0,0038	0,0017	0,0002	79,56	8,84
Sebastiania commersoniana	0,0038	0,0055	0,0016	0,0002	42,65	4,74
Myrsine coriacea	0,0102	0,0117	0,0015	0,0002	14,39	1,60
Myrcia guianensis	0,0018	0,0031	0,0013	0,0001	74,07	8,23
Lonchocarpus muehlbergianus	0,0010	0,0022	0,0012	0,0001	115,59	12,84
Picramnia parvifolia	0,0029	0,0040	0,0011	0,0001	39,62	4,40
Lamanonia ternata	0,0089	0,0099	0,0010	0,0001	10,98	1,22
Lafoensia pacari	0,0402	0,0411	0,0010	0,0001	2,39	0,27
Annona sylvatica	0,0012	0,0020	0,0009	0,0001	73,97	8,22
Sapium glandulosum	0,0194	0,0200	0,0006	0,0001	3,19	0,35
Citrus sinensis	0,0007	0,0012	0,0006	0,0001	79,93	8,88
Strychnos brasiliensis	0,0004	0,0009	0,0005	0,0001	117,28	13,03
Aegiphila integrifolia	0,0043	0,0048	0,0005	0,0001	10,80	1,20
Ficus enormis	0,0073	0,0077	0,0004	0,0000	5,52	0,61
Solanum bullatum	0,0011	0,0015	0,0004	0,0000	35,84	3,98
Erythroxylum deciduum	0,0019	0,0022	0,0003	0,0000	16,19	1,80
Vitex megapotamica	0,0035	0,0038	0,0003	0,0000	7,28	0,81
Sorocea bonplandii	0,0004	0,0006	0,0003	0,0000	70,95	7,88
Eugenia pyriformis	0,0102	0,0104	0,0002	0,0000	2,03	0,23
Campomanesia guazumifolia	0,0017	0,0019	0,0002	0,0000	11,59	1,29
Casearia gossypiosperma	0,0006	0,0008	0,0002	0,0000	26,05	2,89
Cinnamomum amoenum	0,0186	0,0187	0,0001	0,0000	0,76	0,08
Myrceugenia miersiana	0,0004	0,0005	0,0001	0,0000	31,09	3,45
Symplocos tetrandra	0,0011	0,0012	0,0001	0,0000	4,66	0,52
Handroanthus albus	0,0035	0,0035	0,0000	0,0000	0,76	0,08
Symplocos tenuifolia	0,0013	0,0012	-0,0001	0,0000	-5,58	-0,62
Annona rugulosa	0,0003	0,0000	-0,0003	0,0000	-100,00	-11,11
Actinostemon concolor	0,0008	0,0003	-0,0004	0,0000	-53,88	-5,99
Citronella paniculata	0,0004	0,0000	-0,0004	0,0000	-100,00	-11,11
Solanum sanctaecatharinae	0,0048	0,0044	-0,0004	0,0000	-8,76	-0,97
Cinnamomum glaziovii	0,0025	0,0020	-0,0004	0,0000	-17,72	-1,97

continua…

Espécie	Área Basal m²/ha 2002	Área Basal m²/ha 2011	Incremento em Área Basal m²/ha 2002-2011	Incremento em Área Basal m²/ha/ano 2002-2011	Incremento em Área Basal % no período	Incremento em Área Basal % anual
Ormosia arborea	0,0019	0,0013	-0,0005	-0,0001	-29,11	-3,23
Zanthoxylum rhoifolium	0,0523	0,0513	-0,0010	-0,0001	-1,90	-0,21
Gochnatia polymorpha	0,0011	0,0000	-0,0011	-0,0001	-100,00	-11,11
Quillaja brasiliensis	0,0119	0,0108	-0,0011	-0,0001	-9,49	-1,05
Randia ferox	0,0016	0,0005	-0,0011	-0,0001	-70,77	-7,86
Persea major	0,0536	0,0519	-0,0017	-0,0002	-3,12	-0,35
Eugenia pluriflora	0,0036	0,0018	-0,0018	-0,0002	-49,18	-5,46
Eugenia uniflora	0,0047	0,0024	-0,0023	-0,0003	-48,39	-5,38
Nectandra grandiflora	1,8099	1,8073	-0,0026	-0,0003	-0,14	-0,02
Sloanea hirsuta	0,2382	0,2331	-0,0051	-0,0006	-2,14	-0,24
Roupala montana	0,0407	0,0346	-0,0061	-0,0007	-15,09	-1,68
Luehea divaricata	0,0312	0,0248	-0,0064	-0,0007	-20,39	-2,27
Dalbergia brasiliensis	0,2727	0,2647	-0,0080	-0,0009	-2,94	-0,33
Lithraea molleoides	0,0872	0,0772	-0,0101	-0,0011	-11,53	-1,28
Vernonanthura discolor	0,0821	0,0710	-0,0111	-0,0012	-13,53	-1,50
Ilex dumosa	0,0389	0,0276	-0,0113	-0,0013	-29,10	-3,23
Myrcia splendens	0,1401	0,1278	-0,0123	-0,0014	-8,75	-0,97
Machaerium stipitatum	0,1314	0,1174	-0,0140	-0,0016	-10,64	-1,18
Schefflera morototoni	0,0903	0,0758	-0,0145	-0,0016	-16,06	-1,78
Piptocarpha angustifolia	0,1243	0,1018	-0,0225	-0,0025	-18,07	-2,01
Ilex theezans	0,2668	0,2336	-0,0332	-0,0037	-12,44	-1,38
Clethra scabra	0,3385	0,3031	-0,0354	-0,0039	-10,46	-1,16
Laplacea fruticosa	0,1201	0,0797	-0,0405	-0,0045	-33,69	-3,74
Mimosa scabrella	0,0936	0,0350	-0,0587	-0,0065	-62,67	-6,96
Cinnamodendron dinisii	0,6774	0,6163	-0,0611	-0,0068	-9,02	-1,00
Matayba elaeagnoides	1,1830	1,1113	-0,0718	-0,0080	-6,07	-0,67
Ilex paraguariensis	1,6056	1,5329	-0,0728	-0,0081	-4,53	-0,50
Vernonanthura petiolaris	0,1664	0,0703	-0,0961	-0,0107	-57,73	-6,41
Prunus myrtifolia	0,3842	0,2729	-0,1113	-0,0124	-28,97	-3,22
Styrax leprosus	0,2808	0,1692	-0,1116	-0,0124	-39,75	-4,42
Myrsine umbellata	0,5016	0,3831	-0,1185	-0,0132	-23,62	-2,62
Total	**28,66**	**30,56**	**1,8978**	**0,2109**	**6,62**	**0,74**