

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE, UNICENTRO

**BIOMASSA COMERCIAL DE *Ilex paraguariensis* St.-Hil.
E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS
EM FLORESTA COM ARAUCÁRIA, PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PABLO SIGNOR

IRATI – PR

2013

PABLO SIGNOR

**BIOMASSA COMERCIAL DE *Ilex paraguariensis* St.-Hil. E SUA RELAÇÃO COM
VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM FLORESTA COM ARAUCÁRIA, PARANÁ**

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

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Orientador

Pror. Dra. Gabriela Schmitz Gomes

Co-orientadora

IRATI – PR

2013

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

S617b SIGNOR, Pablo.
Biomassa Comercial de *Ilex paraguariensis* St. -Hil. e sua relação com
variáveis ambientais em floresta com Araucária, Paraná. / Pablo Signor. --
Irati, PR, 2013.
90f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro - Oeste, PR.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Área de
Concentração Manejo Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Coorientadora: Prof^ª. Dra^ª. Gabriela Schmitz Gomes

1. Engenharia Florestal. 2. Solo – solos. 3. Erva-mate. 4. Araucária.
I. Watzlawick, Luciano Farinha. II. Gomes, Gabriela Schmitz. III. Título.

CDD 20ª ed. 634.9751



Universidade Estadual do Centro-Oeste

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

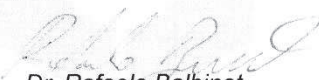
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PARECER

Defesa Nº 57

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 **Pablo Signor** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Biomassa comercial de *Ilex paraguariensis* St.-Hil e sua relação com variáveis ambientais em floresta com araucária, 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 agosto de 2013.




Dr. Rafaelo Balbinot

Universidade Federal de Santa Maria
Primeiro Examinador



Dr. André Felipe Hess

Universidade do Estado de Santa Catarina
Segundo Examinador



Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85 015-430 – GUARAPUAVA – PR
Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85 040-080 – GUARAPUAVA – PR
Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal. 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

AGRADECIMENTOS

Em especial, ao Senhor Adolfo e sua família, pela confiança, amizade e pronta disposição.

A Unicentro, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, ao professor orientador Luciano Farinha Watzlawick, a professora co-orientadora Gabriela Schmitz Gomes e demais professores e colegas do programa, pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

Aos colegas de trabalho da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e do Instituto Emater pelo estímulo e apoio.

Aos amigos do mestrado e da graduação pelo convívio e contribuição na coleta de dados, em especial a Francieli Vogel.

A Mariana, pela contribuição e incentivo em todos os momentos e principalmente, pelo carinho e pela paciência.

A minha querida família, pela força e incentivo aos estudos.

SUMÁRIO

Resumo	i
Abstract	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Floresta Ombrófila Mista	4
3.2 Fitossociologia	5
3.3 Erva-mate	7
3.3.1 Sistemas de produção de erva-mate	8
3.4 Determinação e estimativas de biomassa	12
3.4.1 Determinação e estimativas de biomassa comercial de erva-mate	13
3.5 Solos	15
3.6 Estatística multivariada	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Área de estudo	19
4.1.1 Localização	19
4.1.2 Clima	20
4.1.3 Solos	20
4.1.4 Vegetação	20
4.1.5 Histórico e características	21
4.2 Coleta e análise de dados	22
4.2.1 Caracterização das práticas de manejo	22
4.2.2 Amostragem	23
4.2.3 Florística e Fitossociologia	24
4.2.4 Determinação e estimativas de biomassa comercial de erva-mate	25
4.2.5 Variáveis do solo e da vegetação	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Práticas de manejo	32
5.2 Florística e fitossociologia	38
5.2.1 Composição florística	38
5.2.2 Fitossociologia	40
5.2.3 Índices de diversidade	44

5.2.4	Distribuição diamétrica	46
5.3	Determinação e estimativas de biomassa comercial de erva-mate	49
5.3.1	Determinação e estimativas de biomassa comercial por indivíduo	49
5.3.2	Determinação e estimativas de biomassa comercial por hectare	55
5.4	Variáveis do solo e da vegetação	59
6	CONCLUSÕES	70
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
8	ANEXOS	84

RESUMO

Este trabalho objetivou caracterizar as práticas de manejo para produção de erva-mate em área de Floresta com Araucária, analisar sua composição florística e fitossociologia, ajustar modelos matemáticos para estimativas de biomassa comercial (BC) de erva-mate e analisar variáveis do solo e vegetação através de estatísticas multivariadas. Para as práticas de manejo, utilizou-se entrevista semi-estruturada. Para a vegetação, foram instaladas duas unidades amostrais permanentes somando 1,25 hectares, divididas em 125 subunidades de 100 m², onde foram identificados, etiquetados e posicionados com coordenadas x,y todos os indivíduos com CAP \geq 31,4 cm, variável também registrada; além de todos os indivíduos de erva-mate compondo o sistema produtivo, para os quais foi registrada a circunferência a 0,6 m do solo, a altura total e de início de copa, quatro raios de copa, o fator de copa e a BC determinada com balança. Em 30 subunidades distribuídas de forma sistemática nas duas parcelas, foram coletadas amostras de solo na profundidade 0 a 20 cm para análises químicas e granulométricas, além da avaliação da compactação com penetrômetro digital. Para as estimativas de BC, testou-se a regressão simples com uma variável independente de fácil obtenção e o procedimento Stepwise de seleção de variáveis. As práticas de manejo se caracterizaram pela roçada, abertura do dossel e condução da regeneração natural, favorecendo a erva-mate e a araucária; além da criação de animais. Foram encontradas 22 espécies, com predominância de Myrtaceae e Aquifoliaceae. O índice de Shannon indicou de forma coerente a baixa diversidade da área; o de Simpson demonstrou a dominância da araucária sobre as demais espécies e o de Pielou registrou a baixa equidade na distribuição de indivíduos entre as espécies. As equações com os melhores resultados de R² aj., Syx e distribuição gráfica de resíduos foram obtidas por Stepwise, porém demandam mais variáveis independentes, diminuindo sua praticidade. Os solos apresentaram elevada acidez, baixa saturação por bases e alta por alumínio, textura predominantemente argilosa e baixa compactação. A análise de agrupamento (AA) estratificou com eficácia as subunidades com base nas características da vegetação; a análise de componentes principais indicou a areia e a argila como as mais importantes na formação do principal componente da variação e que esse componente sozinho não conseguiu explicar as variações na vegetação evidenciadas na AA.

Palavras-chave: Floresta com Araucária, erva-mate, manejo, solo.

ABSTRACT

This study aims to characterize the management practices for the production of erva-mate in an area of Floresta com Araucária, as well as analyze the floristic composition and phytosociology, adjust mathematical models for estimating commercial biomass of erva-mate (BC) and analyze soil variables and vegetation through of multivariate statistics. Management practices were described by the semi-structured interview. For vegetation were installed two permanent sampling units totaling 1.25 ha, divided into 125 subunits of 100 m², which were identified, labeled and positioned with coordinates x, y all individuals with CAP \geq 31.4 cm, also recorded; besides all the individuals of erva-mate composing the production system, for which was registered a circumference of 0.6 meters from the ground, the total height and early canopy, four canopy radius, the factor of canopy and biomass commercial determined with balance. Soil samples were collected at 0-20 cm depth for chemical and textural analyzes and the evaluation of the soil compression with digital penetrometer was made in 30 subunits distributed systematically on both units. For BC estimates, were tested the simple regression with one independent variable easily obtained and the procedure stepwise of variable selection. Management practices were characterized by mowing, canopy openness and conduction of natural regeneration, favoring mainly erva-mate and Araucaria; besides breeding. 22 species were found, with a predominance of Myrtaceae and Aquifoliaceae family. The Shannon index indicated consistently low diversity of the area, as well as Simpson demonstrated the dominance of Araucaria on other species and the Pielou recorded the low equity in the distribution of individuals among species. The equations with the best results of R² aj., Syx and graphical distribution of the residuals were obtained by Stepwise, which require the measurement of more independent variables, reducing the practicality of its use. The soils showed high acidity, low saturation of base and high of aluminum, and predominantly clayey texture and low compaction. Cluster analysis (CA) stratified with efficiency subunits based on the characteristics of the vegetation; the principal component analysis indicated the sand and clay as the most important in the formation of the main component of soil variation and that component alone could not explain variations in vegetation evidenced by CA.

Keywords: Floresta com Araucária, erva-mate, management, soil.

1. INTRODUÇÃO

As formações florestais do sul do Brasil sofreram intensa exploração e destruição de seus recursos naturais ao longo da colonização do continente americano pelos europeus. A situação da Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária é retrato desse processo. Ela cedeu espaço e recursos, arcando com pesados custos do desenvolvimento da sociedade como conhecemos hoje.

Conforme Sanquetta (2008), menos de 8% do Bioma Mata Atlântica apresenta suas características bióticas originais preservadas, devido à exploração madeireira e ao avanço da agropecuária, que reduziram sua área original a fragmentos geralmente pequenos e dispersos. Com isso, perderam-se importantes produtos florestais não madeireiros e serviços ambientais que provêm desse complexo de ecossistemas, como a preservação de mananciais de abastecimento público, a regulação do clima, a proteção de escarpas e encostas e diversas espécies com fins alimentícios e medicinais (SCHÄEFFER e PROCHNOW, 2002).

Característica da Floresta com Araucária, a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) figura como importante espécie para as populações humanas em sua área de ocorrência natural. Ela representa fonte de trabalho e renda para os agricultores, além da geração de empregos ao longo de sua cadeia produtiva. Seu sistema de produção também atua no sentido de conservar a vegetação florestal, pois parte representativa de suas áreas produtivas está em associações florestais nativas.

O Paraná é o principal produtor de erva-mate nativa, proveniente de extrativismo, com 72% (em torno de 150.000 toneladas) do total nacional e se concentra na região Centro-Sul do Estado (IBGE, 2010a), onde suas áreas produtivas se confundem com a maior concentração de remanescentes florestais da FOM, reduzida a aproximadamente 24% de sua área de abrangência original (SANQUETA, 2004).

O cultivo da espécie em meio a remanescentes florestais nativos é visto com “bons olhos” pela sociedade, sendo considerado como uso do solo de Interesse Social (BRASIL, 2010; BRASIL, 2012), pois preserva a vegetação nativa além de gerar renda para a propriedade rural. Entretanto, ainda há a necessidade de esclarecimentos sobre até que ponto

esse cultivo conserva a biodiversidade e também sobre a valorização dessas áreas em termos de produtividade.

Neste contexto, justifica-se a realização de estudos que busquem caracterizar estas áreas e descrever as práticas de manejo florestal aplicadas, fornecendo subsídios para o manejo e conservação das florestas nativas e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem nesse ambiente florestal.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a vegetação remanescente em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista manejada para produção de erva-mate e fornecer subsídios para o manejo florestal sustentável da espécie.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as práticas de manejo aplicadas na área;
- Analisar a vegetação arbórea através da sua florística, fitossociologia, estrutura diamétrica e índices de diversidade;
- Ajustar modelos matemáticos para estimar a biomassa comercial de erva-mate;
- Caracterizar o solo sob o aspecto químico, físico e de compactação;
- Analisar as variações da vegetação e do solo por meio da análise multivariada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Floresta Ombrófila Mista

A Floresta com Araucária é caracterizada pela ocorrência de gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria* (Australásicos) e *Podocarpus* (Afro-Asiático) (IBGE, 2012). Ela compreende as formações florestais típicas e exclusivas dos planaltos da região sul do Brasil, com disjunções na região sudeste, no Paraguai e na Argentina, como descreve Roderjan et al. (2002).

Esta região fitoecológica teve provável origem através de fluxos florísticos com centro de dispersão na América do Sul tropical, especificamente na Amazônia histórica há cerca de 90 milhões de anos no Cretáceo (LEITE, 2002). Segundo o autor (ibid.), ao longo de sua área de ocorrência, as diferenças florísticas, estruturais e fisionômicas permitem subdividi-la em: Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Submontana, Montana e Altomontana.

As formações altomontanas ocorrem a altitudes superiores a 1.000 metros acima do nível do mar (IBGE, 2012). Para Roderjan et al. (2002), elas são fisionomicamente semelhantes às montanhas, mas devido ao maior rigor climático, possuem menor diversidade florística.

Como descreve Klein (1966), a espécie mais característica da FOM é a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que geralmente aparece como emergente e domina a fisionomia da vegetação sobre uma segunda cobertura arbórea muito densa, em que as espécies de Lauráceas como a *Ocotea porosa* (Nees) Barroso (imbuia) têm presença marcante.

Originalmente, a vegetação florestal cobria 83% da superfície do Estado do Paraná, representada pela FOM e outros tipos fitogeográficos, como a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual (RODERJAN et al., 2002). Hoje, as estimativas mostram que da FOM restam aproximadamente 24% da área original, em torno de 2,7 milhões de ha, divididos em 11% em estágio inicial de sucessão secundária, 11,4% em estágio médio e apenas 1,3% em estágio avançado. Embora a área com florestas em estágio médio e avançado

de sucessão esteja próxima a 1,5 milhões de ha, apenas 275 mil deste total são representados por fragmentos maiores que 50 ha (SANQUETA; MATTEI, 2006).

Além da quantidade, os aspectos qualitativos dos remanescentes florestais também são preocupantes, visto que as formações florestais secundárias mostram-se relativamente pobres e, em muitos casos, com expressiva proliferação de taquaras e cipós. Somam-se a isso, longos trechos isentos de remanescentes primários ou em estágio avançado de sucessão, o que seguramente representa obstáculos à recuperação e preservação da biodiversidade original (MEDEIROS, 2002).

A Floresta com Araucária é umas das mais fortemente antropizadas de todo o Brasil, assim as discussões científicas sobre a mesma devem levar em conta o desenvolvimento do ecossistema frente aos antropismos freqüentes (SANQUETTA, 2008). De acordo com Canalez et al. (2006), a dificuldade em preservar os remanescentes deste tipo fitogeográfico reside no fato de que quase a sua totalidade está nas mãos de proprietários privados, que se sentem desestimulados a manejar essas áreas devido a questões de legislação, induzindo à ilegalidade e à clandestinidade no corte da araucária e outras espécies associadas.

3.2 Fitossociologia

A fitossociologia permite conhecer as comunidades vegetais no que se refere à origem, estrutura, classificação e relações com o meio a partir de parâmetros como a densidade, freqüência, dominância e índices calculados a partir destes (FELFILI e REZENDE, 2003).

Conforme Couto (2005), a biodiversidade de uma área não se refere apenas a diversidade de espécies vegetais, menos ainda a diversidade das espécies vegetais arbóreas unicamente. Entretanto, o componente arbóreo dá estrutura e sustento para o ecossistema florestal servindo de habitat para animais e outras espécies vegetais, sendo que sua diversidade pode servir para representar a diversidade do local como um todo. Nesse sentido, Giehl e Budke (2011) descrevem a fitossociologia como uma ciência que busca entender principalmente os padrões de estruturação das comunidades vegetais.

Isernhagen et al. (2001) afirmam que a fitossociologia é o ramo da Ecologia Vegetal mais usado no Estado do Paraná para fazer diagnósticos quali-quantitativos de formações vegetacionais, seu trabalho apresenta uma listagem bibliográfica de estudos de fitossociologia florestal realizados no Estado entre os anos 1980 e 2000. Para a FOM em específico são apresentadas 40 referências, além de outras 28 para ecótonos entre a FOM e outros tipos fitogeográficos, os parâmetros mais analisados foram densidade, dominância, frequência e valor de importância.

Esses métodos de análise estrutural da floresta foram propostos inicialmente por Cain e Castro (1956, apud SCHNEIDER, 2004) constituídos da composição florística, estrutura horizontal e vertical da floresta. Posteriormente, foram incluídos outros parâmetros, como a estrutura dinâmica e espacial. Para o autor, a definição da distribuição espacial das espécies juntamente com a análise estrutural da floresta, particularmente a densidade e a distribuição diamétrica pode viabilizar a elaboração e execução de planos de manejo que tenham o compromisso com a sustentabilidade.

Para monitorar os efeitos das constantes transformações dos ecossistemas naturais é necessário contar com informações da diversidade biológica dentro das comunidades naturais e modificadas, além da diversidade entre as comunidades, para conhecer sua contribuição a nível regional e poder desenhar estratégias de conservação e levar a cabo ações concretas a nível local (MORENO, 2001).

Whittaker (1960, 1975; apud FELFILI e REZENDE; 2003) sugeriu os conceitos de diversidade Alfa, Beta e Gama. A primeira é relativa ao número de espécies e suas abundâncias em uma determinada comunidade biótica; a segunda é a diversidade entre habitats, ela evidencia diferenças na composição das espécies entre diferentes áreas e a terceira é a diversidade de paisagem, que reflete primariamente processos evolucionários antes dos processos ecológicos.

Kaniski et al. (2010) trabalharam com diferentes índices alfa para quantificar a diversidade biológica na Floresta Nacional (Flona) de São Francisco de Paula, RS. Eles usaram os Índices de Margalef e de Menhinick, para avaliar a riqueza específica da área; o Índice de Simpson e o de Macintosh, para avaliar a dominância de algumas espécies nas

parcelas amostradas; o Índice de Shannon, representando a diversidade do local e os Índices de Pielou, de Alatalo, de Hill e de Molinari para expressar a equidade das parcelas.

Na Flona de Irati, Sawczuk et al. (2012) empregaram o índice de Shannon, o índice de Simpson e o de equabilidade de Pielou para avaliar a vegetação do local. Ambas as Flonas em áreas de formação florestal Montana da FOM.

Entre os estudos de fitossociologia em formações florestais altomontanas, há o trabalho de Meireles et al. (2008) em Floresta Ombrófila Densa (FOD) na Serra da Mantiqueira em Minas Gerais, que utilizaram os parâmetros estruturais densidade, frequência e dominância e os índices de Shannon, Simpson e Pielou. O trabalho de Scheer et al. (2011) utilizou os mesmos indicadores, exceto o índice de Simpson, em FOD na Serra do Mar no Paraná; assim como Carmo e Assis (2012) em FOM a 1.150 metros de altitude em Tibagi, Paraná. Além do estudo de Koehler et al. (2002), que avaliaram a florística e a estrutura também na FOD altomontana do Paraná.

Análises da vegetação em áreas de FOM sob pressão antrópica são encontrados em Albuquerque et al. (2011) e Watzlawick et al. (2011), ambos em Sistema Faxinal; e em Santos (2009) e Santos et al. (2011), em áreas de floresta nativa manejadas para produção de erva-mate.

3.3 Erva-mate

A erva-mate é particularmente freqüente na Floresta com Araucária dos três estados sulinos (LORENZI, 2002) e o seu cultivo é considerado uma atividade importante para os pequenos agricultores, uma vez que utiliza mão de obra familiar no meio rural em mais de 480 municípios, além de gerar mais de 700 mil empregos diretos e indiretos na indústria (PASINATO, 2003; DANIEL, 2009).

A forma mais difundida de consumo da espécie é o chimarrão, ato praticado pelos índios há séculos e que com a chegada dos espanhóis ao Paraguai e o contato com os Guaranis se tornou generalizado também entre os colonizadores europeus (BOGUSZEWSKI, 2007), e

continua hoje como forte expressão cultural dos povos do sul da América. Para Berger (2006), a erva-mate compõe um dos sistemas agroflorestais mais antigos da região sul do Brasil, desempenhando importante papel socioeconômico.

Além do consumo de chimarrão e tererê, que tem aumento nos últimos anos (DANIEL, 2009), a erva-mate possui enorme potencial industrial em diversas áreas, como na aplicação em produtos de higiene e no tratamento de resíduos (MACCARI JUNIOR e PINTO JUNIOR, 2000), na indústria de alimentos (MACCARI JUNIOR e SANTOS, 2000), de bebidas (BURGARDT, 2000), de cosméticos (DE PAULA e CHOCIAI, 2000) e medicinal (AZZOLINI e MACCARI JUNIOR, 2000).

O início da exploração da erva-mate baseado no extrativismo sem técnicas adequadas e visão preservacionista, embora tenha se constituído em atividade de primeira importância econômica no sul do Brasil, fez com que boa parte dos ervais nativos fosse erradicada junto com as florestas, gerando concomitantemente uma escassez de conhecimentos necessários para sua produção (LINHARES, 1969). Lourenço et al. (2000) afirmam que os ervais nativos estão em franco decréscimo de produtividade, reflexo de um manejo inadequado (poda, conservação e adubação).

Diversos trabalhos têm sido realizados sobre a espécie, abordando aspectos como sanidade (LEITE et al., 2007; BORGES, 2007); níveis de sombreamento (MAZUCHOWSKI, 2004); práticas de manejo (MEDRADO, 2002; SANTIN et al., 2008); Sistemas Agroflorestais (SUERTEGARAY, 2002; VIEIRA et al., 2003); adubação (SANTIN, 2008); rentabilidade econômica (RODIGHERI, 2000; GONZAGA, 2006) entre outros; entretanto, são poucos que tratam de aspectos fitossociológicos das áreas produtivas, como encontrado em Santos (2009), havendo ainda inúmeros pontos que precisam de atenção da pesquisa (MEDRADO e MOSELE, 2004).

3.3.1 Sistemas de produção de erva-mate

Os sistemas de produção de erva-mate podem ser classificados basicamente como ervais nativos e ervais plantados. Os primeiros se referem a formações florestais com sua florística original, onde a erva-mate é conduzida sob regime de poda em meio à vegetação

nativa; já os segundos, constituem áreas plantadas com erva-mate, seja em condições de sombreamento ou a pleno sol em forma de monocultivos (MAZUCHOWSKI, 1989).

A produção nacional é dividida pelo IBGE em produção proveniente de vegetação nativa (extração vegetal) e de áreas plantadas (produção agrícola). A produção total registrada em 2009 foi superior a 660 mil toneladas, das quais aproximadamente 218 mil originadas de formações florestais nativas, concentradas nos municípios de São Mateus do Sul, Cruz Machado, Paula Freitas, Inácio Martins e Bituruna, que juntos foram responsáveis por 41,8% desse total (IBGE, 2010a; IBGE, 2010b).

De acordo com Andrade (2002), existem diferentes tipos de ervais, de forma que as práticas de manejo são específicas para cada um. Eles podem ser classificados da seguinte forma: ervais em ser (erveira virgem, nunca podada), nativos, homogêneos (a pleno sol), consorciados (com espécies agrícolas e/ou florestais), adensados e em transformação (ervais sendo diversificados com outras espécies).

Para a erva-mate plantada, o sistema de cultivo pode ser tradicional, sistematizado, ou em sistemas agroflorestais (KRICUN e BELINGHERI, 1997 apud DANIEL, 2009):

- Tradicional: a densidade de plantio em geral varia de 1.900 a 2.660 plantas.ha⁻¹ (espaçamentos de 3,5 x 1,5 m a 3,0 x 1,25 m), a colheita anual ou bienal é feita de forma tradicional, ou seja, a planta cresce e os cortes vão sendo feitos nos galhos laterais, permitindo-se o livre crescimento em altura do tronco principal;

- Sistematizado: a densidade varia de 2.660 a 4.440 plantas.ha⁻¹ (2,5 x 1,5 m a 2,25 x 1,20 m), a colheita é feita cortando-se anualmente toda a planta a 40 cm de altura, aumentando-se essa altura em 5 a 15 cm a cada corte, até que a planta atinja 1,30 m aproximadamente, quando é feito o rebaixamento;

- Sistema Agroflorestal: a densidade em geral é inferior a 2.220 plantas.ha⁻¹ (4,5 x 1,0 m), com culturas anuais cultivadas nas entrelinhas, como feijão, milho e soja, ou ainda consorciada com espécies florestais madeireiras, como *Mimosa scabrella*, *Araucaria angustifolia*, entre outras.

A Embrapa Florestas (EMBRAPA, 2010) trata do sistema de produção da espécie abordando diversos aspectos, dentre eles a implantação de novos ervais, a recuperação de

ervais degradados, a erva-mate em sistemas agroflorestais, o adensamento e conversão em vegetação nativa e o interplântio, realizado geralmente em ervais mais velhos.

Medrado e Sturion (2010) classificam a poda de produção em três tipos: poda tradicional, poda tipo mesa e tipo vaso, os quais se diferenciam principalmente pela conformação resultante da copa. No primeiro, considerado método tradicional de ervais nativos, não há muito controle sobre a altura da planta, que apresenta maior porte; o segundo se caracteriza por cortes sistemáticos feitos a cada colheita, a uma distância de 10 a 15 cm do ponto de inserção do último corte, sem a preocupação em abrir o centro da planta, onde se situam a maioria dos ramos que crescem retos e para cima; já no terceiro, faz-se uma poda de desponte a 20 cm do solo, para que esse ramifique e forme os ramos mestres, nos quais cresce uma estrutura de galhos laterais que crescem para fora, abrindo a copa.

Carpanezzi (1995) resume bem a situação, colocando que há muitos tipos de ervais e eles são, exceto nas empresas verticalizadas, apenas um dos componentes do sistema de produção das propriedades agrícolas. Sua escala de cultivo/exploração vai de poucas dezenas de árvores até centena de milhares, de forma que tecnologias desenvolvidas para uma situação, com frequência, não podem ser generalizadas.

Algumas pesquisas têm mostrado que o cultivo da espécie em ambiente florestal é o mais recomendado (SUERTEGARAY, 2002), pois propicia condições ecológicas ideais para seu crescimento e produção, evitando estresses fisiológicos que predispõe as plantas ao aparecimento de pragas e doenças que diminuem sua vida útil (BORGES et al., 2003). Além disso, o produto proveniente de ervais nativos tem maior valor de mercado do que a erva-mate colhida em monocultivos a pleno sol (MATTOS, 2011).

De acordo com Baggio et al. (2008), o desmatamento das florestas nativas limita o manejo de ervais em ambientes naturais. Assim, a arborização de plantios homogêneos de erva-mate surge como alternativa interessante para minimizar problemas ambientais e de sustentabilidade desses sistemas produtivos. Para os autores (ibid.), a erva-mate como espécie nativa do sub-bosque é adequada a compor o estrato inferior de sistemas agroflorestais (SAFs), que proporcionam maior sustentabilidade ao longo do tempo.

Caracterizando SAFs de erva-mate nativa, Santos et al. (2011) classificaram as áreas produtivas de 43 propriedades no município do Turvo, Paraná, em quatro tipologias: 1 – erva

solteira (monocultivo); 2 – ervais com presença de árvores esparsas e pouca biodiversidade; 3 – ervais com cobertura florestal, porém baixa biodiversidade; 4 – ervais com cobertura florestal, estratos intermediários e biodiversidade. Os autores (ibid.) destacam que o manejo dos SAFs encontrados é importante para a conservação da floresta nativa, mas ressaltam a necessidade de garantir a regeneração natural e o sub-bosque, não apenas a cobertura do dossel para sombreamento da erva-mate.

Um sistema de manejo característico da região Centro Sul do Paraná, chamado Sistema Faxinal, é reconhecido por decreto estadual e tem como traço marcante o uso coletivo da terra e a conservação ambiental (PARANÁ, 1997; WATZLAWICK et al., 2008). Este sistema fundamenta-se na integração de três componentes: produção animal em criadouros comunitários (à solta), produção agrícola de diversas culturas para subsistência e comercialização e extrativismo florestal considerado de baixo impacto (manejo de erva-mate, araucária e outras espécies nativas).

Mattos (2011) buscou caracterizar as práticas de manejo realizadas para produção de erva-mate em pouco mais de 30 propriedades no Planalto Norte Catarinense, classificando as áreas em duas tipologias: 1 – manejo tradicional simplificado (caracterizado pela menor intervenção antrópica); 2 – manejo tradicional de Caíva (com criação de animais no sub-bosque e intervenção humana intensa).

Em Santa Catarina, o Inventário Florístico Florestal (IFFSC) analisou aproximadamente 60 ha de FOM distribuídos em 155 unidades amostrais de 4.000 m². Os resultados preliminares mostraram que os principais fatores de degradação ambiental constatados no interior dos fragmentos florestais foram: o corte seletivo atual ou histórico de espécies arbóreas em 77,55% dos fragmentos, o pastejo pelo gado em 59,86%, a presença de estradas em 31,29%, a roçada do sub-bosque em 23,13% e a exploração da erva-mate em 12,93% (VIBRANS et al., 2011).

3.4 Determinação e estimativa de biomassa

Segundo Sanquetta e Balbinot (2004), a literatura sobre biomassa em florestas é ampla e variada, mas não há unanimidade quando a questão terminológica é tratada. O termo biomassa florestal pode significar toda a biomassa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma.

Os estudos para quantificação da biomassa florestal dividem-se em métodos diretos (determinação) e métodos indiretos (estimativas). A determinação significa uma medição real feita diretamente na biomassa; por exemplo, a pesagem de um fuste inteiro por meio de uma balança, todas as árvores de uma determinada parcela são derrubadas e pesadas e após isso é feita a extrapolação da avaliação amostrada para a área total de interesse. Já a estimativa consiste em correlacionar a biomassa com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal; essas estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventário florestal (DAP, altura e volume), por dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite) e utilizando-se uma base de dados em um sistema de informação geográfica (HIGUCHI e CARVALHO-JUNIOR, 1994 apud SILVEIRA et al., 2008).

As determinações não são possíveis em grandes extensões florestais, pois são demoradas e caras, cabendo em áreas pequenas e amostras tomadas na população para ajustar os modelos empregados nas estimativas de biomassa. Essas estimativas devem ser baseadas em dados provenientes das determinações e também de informações de outros estudos conduzidos geralmente de forma integrada aos estudos de biomassa, como o mapeamento, a determinação de áreas e o inventário florestal (SANQUETTA e BALBINOT, 2004).

Os autores (ibid.) também salientam que os métodos indiretos devem ser empregados conjuntamente com os métodos diretos, pois há a necessidade do ajuste e calibragem prévia das equações. Sendo que a escolha das melhores equações deve ser através da avaliação das estatísticas indicadoras de qualidade de ajuste.

Conforme Brun et al. (2011), a análise da biomassa pode apresentar informações sobre a estrutura da floresta, revelar o status nutricional de um sítio florestal e servir como um

indicador de impacto ambiental. Para Borgo (2010), a delimitação dos estoques de biomassa, em função das diferentes situações de perturbação a que as florestas estão sujeitas, pode ser considerada como um fator importante na definição de estratégias de conservação desses ambientes.

As estimativas de biomassa florestal trazem informações imprescindíveis para questões ligadas às áreas de manejo florestal e de clima (HIGUCHI et al., 1998). Para Rezende et al. (2006), obter estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo.

As equações de biomassa podem ter muitas formas, sendo que as mais comumente utilizadas são as do tipo linear e não-linear (CROW; SCHLAEGEL, 1988; apud SILVEIRA et al., 2008). O uso de modelos não-lineares produz estimativas mais precisas do que os lineares, pois o crescimento de uma árvore individual, e conseqüentemente da floresta, apresenta uma tendência não-linear e sigmoideal, e também porque existem modelos não-lineares flexíveis e confiáveis para esse tipo de análise. A escolha, entretanto, de uma dessas formas é função da experiência em seu uso, da relação entre as variáveis e pela recomendação da literatura (SANTOS, 1996 e REGAZZI; LEITE, 1993, apud SILVEIRA et al., 2008).

3.4.1 Determinação e estimativa de Biomassa Comercial de erva-mate

Mesmo com a importância econômica, social e cultural que a erva-mate representa, existem poucas informações publicadas a respeito da produção de sua massa verde ainda em pé (FLEIG, 2002). Para o autor, a estimativa da biomassa comercial da erva-mate através de variáveis biométricas de fácil mensuração é uma importante ferramenta, pois permite ao técnico avaliar a produção atual antes da colheita e, assim, tomar a melhor decisão referente ao manejo.

Da Croce et al. (1994, apud Vuaden et al., 2009) estimaram a biomassa foliar com base no volume e na densidade da copa, sendo que o cone formado pelo diâmetro da copa e pela altura da árvore estimou o volume. Como as árvores mensuradas não foram podadas e, dessa forma, não foi feita a determinação da biomassa, não foi possível estabelecer relações entre as variáveis e a produção real.

Estudando aspectos da morfometria da erva-mate e o desenvolvimento de funções para a quantificação da biomassa, Fleig (2002) testou o comportamento da relação alométrica básica, da área da seção transversal do lenho de condução do tronco com a produção de biomassa comercial e também a relação das variáveis da copa com a produção de biomassa comercial, em plantios de aproximadamente 14 anos de idade. Como conclusão, apresentou um modelo matemático obtido pelo procedimento Stepwise, que descreveu a variação da biomassa em função do diâmetro médio da copa e da altura total das erveiras. Além disso, a altura ideal para a avaliação dos diâmetros do tronco foi a 0,6 metros (m) em relação ao nível do solo.

Com o objetivo de obter equações que expressassem a relação entre a biomassa e a variável independente diâmetro da base do tronco em plantio de erva-mate com idade entre 9 e 12 anos, Campos (1991) testou equações comumente utilizadas em estudos de biomassa, mas não obteve resultados satisfatórios que permitissem o uso das equações.

Fleig et al. (2004, apud Vuaden, 2009) constataram que a biomassa comercial pode ser estimada em função do fator de copa (fc) e das dimensões da copa. O fc se refere a um desconto percentual das falhas existentes na folhagem da copa quando comparada ao volume do cilindro formado pela copa, ele variou de fc 1 (descontos superiores a 75%) a fc 4 (descontos inferiores a 25%).

Berger (2006) usou o método Stepwise de seleção de variáveis para estimar a biomassa da colheita de erva-mate plantada com idade entre 10 e 12 anos, encontrando como variáveis significativas a área de copa (calculada a partir do raio médio da copa) e uma transformação do diâmetro do tronco mensurado a 0,6 m em relação ao nível do solo.

Ao buscar determinar qual a variável dendrométrica de fácil medição que melhor se relaciona à biomassa comercial de erveiras plantadas e nunca podadas, Vuaden (2009) concluiu que o melhor modelo é uma função do produto da área basal a 0,6 m do nível do solo e da altura total.

Os trabalhos citados neste item envolvem apenas erva-mate plantada, demonstrando a carência de estudos que abordem a determinação da produção de erva-mate em florestas nativas.

3.5 Solos

O solo pode ser considerado como um corpo natural constituído de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas ou horizontes mais ou menos paralelos à superfície e resultantes da ação de fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem (rocha, sedimentos orgânicos, etc.), através do tempo e numa determinada condição de relevo (SANTOS et al., 2005).

De acordo com Ferreira Junior et al. (2009), os aspectos pedológicos aliados a outros fatores se relacionam com a distribuição das formações vegetacionais de uma determinada região, e dentro de uma mesma formação eles estão freqüentemente correlacionados com a distribuição espacial das espécies de plantas. De forma que há uma grande riqueza e variedade de relações edáficas e vegetacionais, específicas de cada bioma brasileiro, formando uma vasta cadeia de interações pedoecológicas desde a macroescala até a escala local do sítio (SCHAEFER et al., 2009).

Nesse contexto, o livre desenvolvimento radicular depende de diversos fatores, dentre eles: a espécie vegetal, as propriedades físicas e químicas, a umidade, o nível do lençol freático e o manejo do solo. A compactação, resultante do tráfego de máquinas e/ou do pisoteio, pode causar queda de produtividade, pois há uma barreira física que limita o crescimento do sistema radicular, ou seja, ocorre uma redução da porosidade do solo que diminui a absorção de nutrientes e água, além de prejudicar as trocas gasosas entre o solo e o ar e os processos químicos e biológicos que ocorrem. A fertilidade química não pode responder isoladamente pela produtividade de determinada área, tanto é que se criou o termo “fertilidade física” para ressaltar tal fato (PRIMAVESI, 2002; CARBONERA, 2007).

A qualidade física do solo pode ser caracterizada pela disponibilidade de água, porosidade, temperatura, densidade e pela resistência que a matriz oferece a penetração, entre outros. O monitoramento do estado de compactação do solo por meio da resistência a penetração é uma forma prática de avaliação dos efeitos dos diferentes sistemas de manejo na estrutura do solo e no crescimento radicular e fornece subsídios importantes para sua

conservação e melhoria da produtividade (GARCIA, 2010; TAVARES FILHO e RIBON, 2008).

A erva-mate ocorre naturalmente em solos de baixa fertilidade, com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e pH baixo (CARVALHO, 2003); entretanto tem apresentado excelente capacidade de responder a adubações (DANIEL, 2009; SANTIN, 2008). A textura dos solos da sua região de ocorrência é bastante variável, porém sua presença é mais freqüente em solos de texturas médias (15 a 35%) e argilosa (acima de 35%); a espécie é rara em solos constituídos por areias quartzosas (abaixo de 15% de argila), ou em solos muito rasos ou com impedimentos e não é encontrada em solos hidromórficos (MAZUCHOWSKI, 1989).

De acordo com Medrado et al. (2000), são considerados aptos para o plantio de erva-mate solos com profundidade superior a um metro, permeáveis e com fertilidade natural mediana a boa. Segundo os autores, solos com profundidade inferior podem render baixos rendimentos e diminuir a vida útil das plantas, que também não suportam solos compactados, pedregosos ou encharcados, uma vez que cerca de 80% de seu sistema radicular se concentra na camada superior do solo, até 45 cm de profundidade.

Comparando áreas de floresta nativa e de pastagem na região amazônica, Silva Filho et al. (2010) concluíram que o uso do penetrômetro de impacto foi eficiente na identificação da compactação em profundidade. Albuquerque (2009) estudando a compactação do solo em Floresta Ombrófila Mista sob Sistema Faxinal, considera que o uso de atributos como a resistência a penetração apresenta bom desempenho, contribuindo para o manejo sustentável do solo em estudo.

3.6 Estatística multivariada

As técnicas estatísticas constituem parte integral da pesquisa científica e em particular, as técnicas multivariadas, que utilizam simultaneamente diversas variáveis para interpretação do conjunto de dados, têm sido regularmente aplicadas em várias investigações científicas nas áreas da biologia, física, sociologia e ciências médicas (FERREIRA, 1996).

Conforme Kent e Ballard (1988, apud FELFILI et al., 2011), as análises multivariadas englobam um vasto número de métodos estatísticos, distribuídos em dois grandes grupos: classificação e ordenação. O primeiro busca classificar as entidades amostrais em grupos que compartilham (similaridade) as mesmas características (variáveis), o segundo engloba técnicas com o propósito de organizar as entidades amostrais ao longo de um contínuo ou gradiente.

Segundo Cordeiro (2010), a utilização de técnicas multivariadas para correlação e ordenação entre floresta e fatores ambientais tem se tornado numa ferramenta cada vez mais empregada para a compreensão da dinâmica das formações vegetacionais.

Dentre as técnicas de classificação, a análise de agrupamento (AA) tem como objetivo encontrar e separar objetos em grupos similares, ela propõe uma estrutura classificatória ou de reconhecimento da existência de grupos (VICINI, 2005).

Já dentre as de ordenação, a análise de componentes principais (ACP) possibilita a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perdas significativas de informações. Esta técnica transforma o conjunto original de variáveis em outro conjunto: os componentes principais, determinando quais são as variáveis de maior influência na formação de cada componente (VICINI, 2005). Além disso, conforme a autora, esta técnica permite “o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica”.

Toledo et al. (2009) buscaram definir padrões locais de características edáficas e vegetacionais, concluindo que a ACP e a AA foram capazes de discriminar os ambientes representados pelo levantamento fitossociológico, tendo as frações granulométricas do solo como determinantes na diferenciação dos ambientes.

Souza e Souza (2006) concluíram que a estratificação de talhões em classes de estoque volumétrico foi eficiente através da análise de agrupamento e discriminante, permitindo melhor planejamento e controle da produção florestal.

Rodrigues et al. (2007) utilizaram a ACP, a análise de correspondência canônica e a análise de correspondência retificada para produzir uma ordenação ambiental das parcelas

estudadas a partir de suas variáveis pedológicas e topográficas, encontrando coerência entre os três métodos nos padrões de distribuição das espécies em relação às variáveis ambientais.

Buscando identificar os principais padrões de variação do substrato, Pinto et al. (2005) também utilizaram a ACP, através da qual observaram que o primeiro componente da variação separou as parcelas em dois grandes grupos, baseado essencialmente na fertilidade e na textura do solo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

4.1.1 Localização

A área de estudo está localizada em propriedade particular no município de Inácio Martins, situado no Terceiro Planalto Paranaense, na região de transição com o Segundo Planalto, a cerca de 200 km de Curitiba. Situa-se na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu, com altitude variando entre 1.100 e 1.150 metros acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são 25°35'04'' de latitude Sul e 51°06'04'' de longitude Oeste (Figura 1).

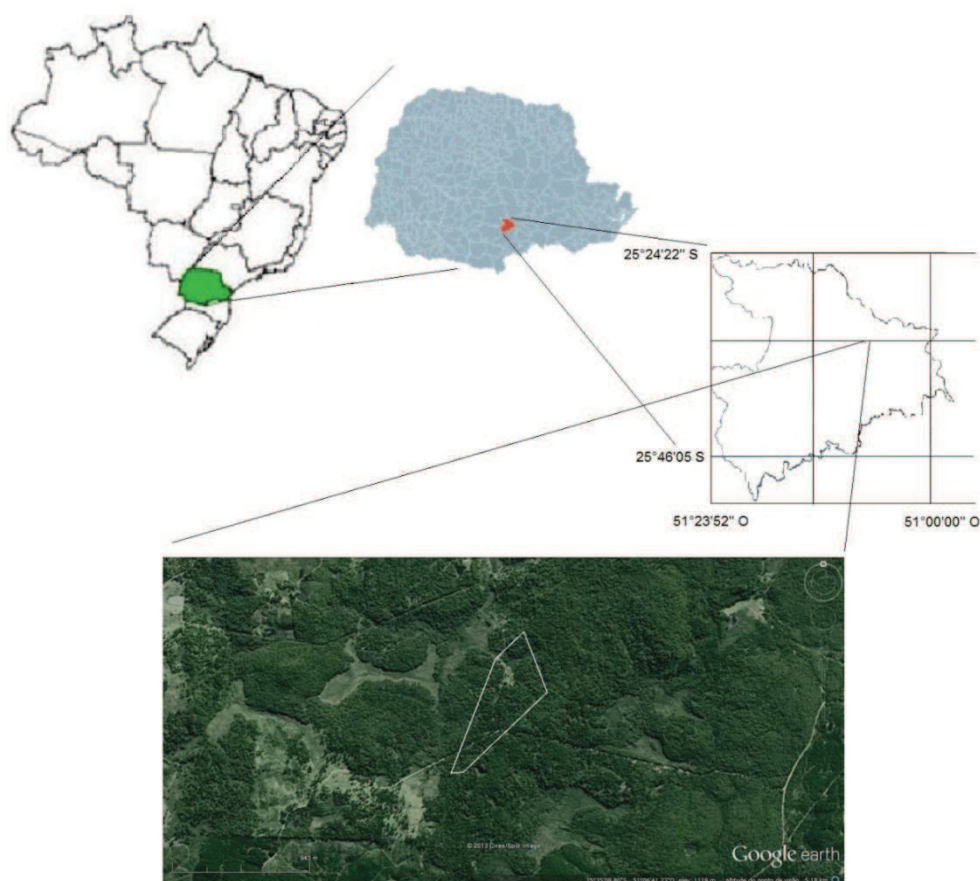


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná. Fonte: adaptado de IPARDES (2012) e Google Earth (2012).

4.1.2 Clima

O clima é classificado como Cfb pelo sistema de Köppen, temperado propriamente dito; a temperatura média no mês mais frio fica abaixo de 18° C (mesotérmico), com verões frescos e geadas severas e frequentes, e a temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° C; com chuvas distribuídas ao longo de todo ano, sem estação seca definida, variando de 1.800 a 2.000 mm anuais (CAVIGLIONE et al., 2000).

4.1.3 Solos

De acordo com o Mapa de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2007), predominam no município Neossolos Litólicos e Cambissolos. Os primeiros compreendem grupamentos de solos pouco evoluídos e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo, até admitem um horizonte B em início de formação, mas cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Já os Cambissolos compreendem grupos de solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente, podendo atingir profundidade maior que o anterior, mas com saturação de bases (V%) menor que 50% (EMBRAPA, 1999).

4.1.4 Vegetação

A vegetação natural é classificada como Floresta Ombrófila Mista Alto - Montana, de acordo com o sistema de classificação adotado pelo IBGE (2012). Embora não tenha ocorrido corte raso e mudança de uso do solo na área de estudo, ela teve exploração seletiva de espécies como araucária (*Araucaria angustifolia*) e imbuia (*Ocotea porosa*), entre outras, apresentando hoje fisionomia arbórea com dossel descontínuo e estrato médio e inferior caracterizados pela presença de erva-mate conduzida sob regime de poda em meio à vegetação nativa. A Figura 2 mostra um aspecto da vegetação da área de estudo com uma planta de erva-mate em primeiro plano.



Figura 2. Aspecto da vegetação na área de estudo em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

4.1.5 Histórico e características

Os proprietários da área a possuem há pouco mais de 55 anos, quando chegaram vindos de Canoinhas, SC, onde já trabalhavam com erva-mate. A área total é de aproximadamente 25 ha, dos quais 20 foram manejados ao longo desse tempo para produção de erva-mate, criação de animais para consumo (gado bovino, suínos e galinhas) e extração de madeira para construções diversas; o restante é constituído de estradas e vias de acesso, do local destinado a residência da propriedade e áreas úmidas. A Figura 3 mostra aspecto da área com uma estrada interna que corta o sistema produtivo e dá acesso ao local onde ficava a casa dos proprietários. Há aproximadamente 20 anos, os proprietários deixaram essa residência para morar na área urbana do município, desde então a intensidade de uso foi reduzida, principalmente quanto à criação de animais e demanda por madeira.



Figura 3. Aspecto da propriedade com estrada interna em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

4.2 Coleta e análise de dados

4.2.1 Caracterização das práticas de manejo:

Foram coletados dados através de entrevista semi-estruturada (Anexo 1) junto ao responsável pela propriedade abordando o histórico de uso da área, procedimentos de manejo, como roçadas e podas, condução da regeneração, plantio, aspectos produtivos, além de outros produtos e serviços obtidos da floresta, como madeira para construção e energia. O entrevistado foi previamente informado dos objetivos do projeto de pesquisa, e tem sua identidade mantida sob sigilo.

4.2.2 Amostragem:

Foi utilizado método de área fixa, em que a seleção dos indivíduos é feita proporcional à área da unidade de amostra e à frequência dos indivíduos que nela ocorrem (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). Foram instaladas unidades amostrais permanentes que somam área total de 1,25 ha, conforme a Figura 4, da seguinte forma: parcela 1 com 10.000 m² (100 x 100 m) e parcela 2 com 2.500 m² (50 x 50 m). Ambas as parcelas foram subdivididas em subunidades de 100 m² (10 x 10 m), num total de 125 subunidades (100 na parcela 1 e 25 na parcela 2), como mostra o Anexo 2.

A instalação das parcelas foi feita na porção sul da propriedade, para assim conciliar os objetivos deste trabalho com a atividade de colheita da erva-mate, que tinha prazo para ser cumprido pelo proprietário. A colheita iniciou na porção norte de forma que houve tempo disponível para que a coleta de dados na porção sul fosse concluída antes e durante sua colheita.



Figura 4. Vista aérea com croqui de localização das duas parcelas, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná. Fonte: adaptado de Google Earth (2012).

4.2.3 Florística e Fitossociologia

Foram considerados todos os indivíduos dentro das parcelas com Circunferência a Altura do Peito (CAP) $\geq 31,4$ cm (DAP $\geq 10,0$ cm). Eles receberam numeração com etiqueta de metal e foram posicionados em um sistema cartesiano (XY) para futura remedição (MATTOS et al., 2008), além do registro do CAP (cm) com auxílio de fita métrica e da identificação botânica, de acordo com a nomenclatura do Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009), que quando não foi possível no local, se realizou coleta de material vegetativo e reprodutivo (quando presente) para análise posterior.

Para a análise da estrutura horizontal, foram calculados os parâmetros de densidade, dominância e frequência, e partir destes o valor de importância e de cobertura, conforme Felfili e Rezende (2003):

Densidade: expressa o número de indivíduos de uma dada espécie por unidade de área (em geral, por hectare);

Dominância: é definida como a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie, neste caso representada pela área basal estimada com base no DAP por hectare;

Frequência: considera o número de parcelas em que determinada espécie ocorre. Indica a dispersão média de cada espécie. É dada pela probabilidade de se encontrar uma espécie numa unidade de amostragem e o seu valor estimado indica o número de vezes que a espécie ocorre, num dado número de amostras;

Valor de Importância (VI): indica a importância da espécie dentro do local de estudo, permitindo sua ordenação perante o grau de importância da vegetação. É construído a partir da soma dos valores relativos de densidade, dominância e frequência, de forma que a soma dos VI's de todas as espécies consideradas é 300. Neste estudo, eles serão apresentados em termos percentuais (0 a 100);

Valor de Cobertura (VC): é uma medida que também fornece informações a respeito da importância de cada espécie no local estudado. A soma dos VC's de todas as espécies consideradas é 200, pois neste caso considera apenas a densidade e a dominância relativas (DR e DoR). Neste estudo, eles serão apresentados em termos percentuais (0 a 100).

A análise da diversidade florística foi realizada por meio do cálculo do índice de Shannon (H'), índice de Simpson (D') e equabilidade de Pielou (J') que, além de representarem a diversidade, possibilitam observar a uniformidade de distribuição dos indivíduos nas espécies da floresta (SAWCZUK et al., 2012).

Índice de Shannon (FELFILI e REZENDE, 2003): é um índice não-paramétrico de medida de diversidade de espécies e é baseado na suas abundâncias proporcionais, seu valor geralmente fica entre 1,3 e 3,5, podendo chegar a 4,5 em ambientes florestais tropicais. Além disso, ele atribui maior valor às espécies raras e caso não haja interesse em separar abundância de raridade, ele é um dos melhores índices para ser usado em comparações.

Índice de Simpson (FELFILI e REZENDE, 2003): dá a probabilidade de dois indivíduos quaisquer retirados de forma aleatória de uma comunidade pertencerem a diferentes espécie. Ele é uma medida de dominância principalmente e dá um peso maior às espécies comuns, ao contrário de Shannon, sendo menos sensível à riqueza.

Índice de equabilidade de Pielou: índice de equabilidade ou uniformidade, em que a uniformidade se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies. Seu valor tem amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) (PIELOU, 1966 apud RODE, 2008).

A análise da distribuição diamétrica foi feita para o conjunto total de dados e também para as espécies de maior VI da área. Utilizou-se uma amplitude de classe igual a 5 cm, por permitir uma melhor visualização da distribuição das classes, reduzindo a discrepância entre os valores de frequência de indivíduos entre elas (EBLING, 2012).

Os dados coletados foram digitados em planilhas e todos os cálculos de fitossociologia foram feitos com o auxílio do Software Microsoft Office Excel 2007.

4.2.4 Determinação e estimativas de biomassa comercial da erva-mate

Determinação da biomassa comercial (BC) da erva-mate:

A BC da erva-mate se constituiu de folhas, brotos e ramos finos até aproximadamente 1,0 cm de diâmetro. A BC foi determinada individualmente na ocasião da colheita com

balança mecânica com capacidade para 20 kg e precisão de 0,1 kg, como mostram as Figuras 5 e 6. As ferramentas para poda foram tesoura e serrote, além do facão usado para picar a erva-mate para posterior transporte.



Figura 5. Aspecto da área na ocasião da colheita e biomassa comercial de erva-mate acumulada junto à balança utilizada na sua determinação em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.



Figura 6. Aspecto da área na ocasião da colheita em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

A parcela 1 foi colhida entre setembro e outubro de 2011, enquanto a parcela 2 em julho e agosto de 2012. Em ambos os casos, a colheita ocorreu entre 20 a 30 dias após a medição das variáveis dendrométricas da erva-mate e da vegetação arbórea. Além disso, nos dois casos, a última colheita de cada área havia sido feita três anos antes, no ano 2008 na área da parcela 1 e no ano 2009 na área da parcela 2.

Variáveis dendrométricas da erva-mate:

Dentro dos limites das parcelas, foram avaliados todos os indivíduos de erva-mate que foram podados para obtenção de BC, independente do critério do DAP mínimo, como usado para a fitossociologia. Da mesma forma, os indivíduos de erva-mate foram enumerados com etiqueta de metal e tiveram registradas suas coordenadas X e Y dentro das parcelas. Foram mensuradas as seguintes variáveis:

- ht – Altura total (m): corresponde à distância do solo até a altura dos brotos mais altos, medida com régua de 6,0 m e precisão de 0,1 m;

- hi – Altura de início da copa (m): corresponde à distância do solo até a altura dos galhos mais baixos, medida com a mesma régua utilizada para a altura total, com precisão de 0,1 m;

- rc – Raio de copa (m): foram mensurados quatro raios da copa, com ângulo de 90° entre si, utilizando para isso régua graduada de 1,5 m e precisão de 0,01 m, com orientação paralela ao perímetro da subunidade, materializado no chão com trenas na ocasião das medições;

- fc – Fator de Copa (sem unidade): fator determinado visualmente pelo desconto percentual das falhas existentes na folhagem da copa, ou seja, a área folhada da copa quando comparada ao volume do cilindro formado pela copa. Foram consideradas quatro classes em função dos descontos determinados. Para descontos superiores a 75% fator 1, para descontos de 50 a 75% fator 2, entre 25 e 50% fator 3 e para descontos inferiores a 25% fator 4. Este fator foi usado conforme o trabalho de Fleig (2002) com erva-mate plantada;

- c06 – Circunferência a 0,6 m do nível do solo (cm): corresponde a circunferência dos troncos da erva-mate com diâmetro maior ou igual a 0,01 m a 0,6 m do nível do solo ($c06 \geq 0,031$ m), mensuradas com trena métrica com precisão de 0,001 m;

A partir das variáveis mensuradas, foram obtidas outras variáveis de interesse:

- d06 – Diâmetro médio a 0,6 m do nível do solo (cm): média aritmética dos diâmetros de cada indivíduo de erva-mate, obtidos a partir da c06;

- g06 – Área basal a 0,6 m do nível do solo (m²): corresponde ao somatório das áreas basais dos troncos de cada indivíduo, obtido a partir da c06;

- nt06 – Número de troncos a 0,6 m do nível do solo: obtido pela contagem do número de registros de c06 de cada indivíduo;

- cc – Comprimento de copa (m): corresponde a diferença entre a altura total e a altura de início de copa ($ht - hi$);

- dc – Diâmetro de copa (m): corresponde ao diâmetro médio da copa, obtido da divisão por dois da soma dos quatro raios de copa mensurados de cada indivíduo.

Ajuste de modelos para estimativas de BC:

Para as estimativas de BC, testou-se como variável independente a g06, de fácil obtenção, através da análise de regressão simples. Além disso, foi aplicado o procedimento Stepwise Forward de seleção de variáveis, com a variável dependente testada na sua forma original e logaritimizada e as variáveis independentes (d06, g06, ht, dc, fc, cc, nt06) testadas na sua forma original, inversa, ao quadrado, composta e logaritimizada, conforme o Anexo 3. Para tal, foram utilizados os softwares Microsoft Office Excel 2007 e Statgraphics Centurium XV.

Para identificar a melhor equação ajustada, foram utilizados como critérios: o Coeficiente de Determinação ajustado (R^2 aj.), o Erro Padrão da Estimativa em percentagem (Syx%) e a distribuição gráfica dos resíduos, que são considerados critérios tradicionais da ciência florestal conforme Silveira (2008).

Para as equações que apresentaram como variável dependente o logaritmo da BC, as medidas de precisão foram recalculadas para sua unidade original para poderem ser comparadas com as demais equações. Nestes casos, quando se obtém o antilogaritmo da variável dependente estimada pela regressão, ocorre a chamada discrepância logarítmica (MEYER, 1971, apud ROSOT, 1980). Para obter o valor corrigido, foi necessário multiplicar cada valor estimado pelo fator de correção: $f = e^{(0,5*(Syx^2))}$, sendo: f = fator de correção para a discrepância logarítmica; e = exponencial; Syx = Erro Padrão da Estimativa.

Além das estimativas individuais de BC de erva-mate, também se procedeu ao ajuste de equações para estimativas por unidade de área (ha). Para isso, os dados foram organizados por subunidade (125 subunidades com 100 m²) com valores médios das variáveis dendrométricas e valores por hectare da erva-mate e das demais espécies da vegetação nativa (DAP, G e N). Foram consideradas as variáveis em sua forma original e suas transformações, como mostra o Anexo 4.

4.2.5 Variáveis do solo

Nas duas parcelas permanentes instaladas, foram escolhidas de forma sistemática 30 subunidades (Anexo 2) para avaliação de variáveis do solo, buscando abranger apenas as

subunidades com o registro da erva-mate. No caso da escolha de subunidades sem erva-mate, esta foi substituída por outra contígua.

Em cada subunidade selecionada, foram realizadas três coletas de solo (Anexo 2) na profundidade de 0 a 20 cm com trado holandês. Estas foram misturadas e homogeneizadas formando uma amostra composta por subunidade, que por sua vez, foram submetidas à análise laboratorial para determinação do pH (em CaCl_2); matéria orgânica por digestão úmida (MO); Fósforo (P) e Potássio (K^+) com solução de Mehlich-I; Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e acidez trocável (Alumínio, Al^{3+}) extraídos com KCl; acidez potencial (Hidrogênio e Alumínio, $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e das frações granulométricas (método da pipeta). Tais análises foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Rotina de Solos da Unicentro, campus Irati.

A partir dos resultados das análises, foram calculadas a Capacidade de Troca de Cátions efetiva (CTC), a Soma de Bases (SB), a Saturação por Bases (V%) e a Saturação por Alumínio (m%), conforme apresentado por Lopes e Guilherme (2004). A classificação da concentração de nutrientes e da textura foi feita a partir do trabalho de Oleynik et al. (1995) e EMBRAPA, 1999.

A CTC efetiva é o resultado do somatório da SB com a acidez trocável (Al^{3+}), ela representa a capacidade do solo em reter cátions, próximo do valor do seu pH natural. Diferente da CTC potencial, que reflete esta mesma capacidade, mas sob pH 7,0. Em termos de cálculo, esta última inclui também a concentração de H^+ em ligação covalente, além da SB e do Al^{3+} (LOPES e GUILHERME, 2004). Como na área de estudo não há a pretensão de elevação do pH através de calagem, optou-se pelo uso da CTC efetiva, ao invés da potencial.

Além disso, foram efetuadas cinco avaliações da resistência a penetração (Anexo 2), visando avaliar a compactação do solo, na profundidade de 0 – 60 cm, com a utilização do Medidor Eletrônico de Compactação do Solo (PenetroLOG 1020, Falker). Para esta variável, optou-se por desconsiderar a medição dos primeiros 5 cm de profundidade em virtude das maiores possibilidades de erros nesta primeira medição (RODRIGUES, 2012). Calculou-se, então, a média aritmética das medições de 5 – 60 cm para cada avaliação e, a partir destas, a média aritmética das cinco avaliações por subunidade. A definição do grau de compactação foi feita de acordo com a classificação da USDA (1993), a partir da média de cada subunidade.

Análise estatística dos dados de solo e vegetação

Os dados do solo e da vegetação das 30 subunidades amostradas sistematicamente foram avaliados através do uso de técnicas estatísticas multivariadas, fez-se uso da análise de agrupamento (AA) e da análise de componentes principais (ACP). Com as variáveis da vegetação, realizou-se a AA das subunidades, buscando estratificá-las em grupos para melhor visualização das variações do estrato arbóreo e do sistema produtivo da erva-mate. Utilizou-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana e para delimitação dos grupos o método de Ward.

As médias das variáveis da vegetação e do solo para cada grupo formado na AA foram comparadas empregando-se o delineamento inteiramente casualizado com diferente número de repetições. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias a 95% de probabilidade de confiança, após o uso do teste de Bartlett para verificar a homogeneidade da variância. Algumas variáveis precisaram ser transformadas em seu logaritmo natural para satisfazer este critério, foram elas: BC (kg/ha), BC (kg/erva), Ne (n/ha) e Nt06 (n/ha). Para esses cálculos, foi usado o software Assistat 7.6.

Através da ACP, foi produzido um diagrama de ordenação das variáveis do solo com a distribuição das subunidades identificadas com seu respectivo grupo proveniente da AA. No diagrama, a distribuição das subunidades é representada por pontos, enquanto as variáveis do solo são representadas por setas, indicando a direção do gradiente máximo das mesmas, sendo o comprimento da seta proporcional à correlação da variável com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo (ALVARENGA e DAVIDE, 1999). Ainda conforme os autores, um ponto qualquer no diagrama (subunidade) pode ser relacionado com cada seta (variável do solo), por meio de uma perpendicular partindo da linha da seta até o referido ponto. Subunidades com sua projeção perpendicular próxima ou além da ponta da seta são positivamente correlacionadas e influenciadas pela variável em questão. Além disso, o ângulo de inclinação de cada seta com relação a cada eixo indica quão estreitamente correlacionada a variável está com esse eixo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Práticas de manejo

Desde a chegada dos proprietários à área, são realizadas práticas de manejo da vegetação nativa que buscaram beneficiar a erva-mate e outras espécies de interesse, além de possibilitar a criação de animais para subsistência. Essas práticas foram sistematizadas juntamente com o proprietário através de entrevista semi-estruturada e foram descritas da seguinte forma:

- Plantio/adensamento de erva-mate: prática pouco usada ao longo do tempo. Em geral, há apenas a condução da regeneração natural. Segundo o entrevistado, mais de 90% dos indivíduos de erva-mate da propriedade são espontâneos. Corroboram com este fato, as descrições sobre a ecologia da espécie de Carvalho (2003), que diz que esta se regenera com facilidade quando o estrato arbóreo superior e os estratos arbustivo e herbáceo são raleados. Além disso, há na propriedade indivíduos de erva-mate que não são podados (matrizes), para que ocorra a produção de sementes e a dispersão natural, garantindo sua regeneração.

- Roçada: feita com a intenção de diminuir a competição por recursos entre a erva-mate e demais espécies, mas principalmente para facilitar as atividades de colheita e transporte, de forma que ela é realizada apenas antes da colheita, em geral a cada três anos. A roçada não é executada em área total, apenas em torno da erva-mate e nas vias de acesso, ou seja, áreas sem erva-mate não são roçadas, para que, segundo o proprietário, seja possível observar a regeneração e a conduzir.

Não só a regeneração de erva-mate é conduzida, mas também de outras espécies citadas como de interesse: *Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Prunus brasiliensis* e outras de uso madeireiro e frutíferas diversas.

Durante muito tempo, foram usadas a foice e o facão, mas atualmente se faz uso da roçadeira e a mão-de-obra é própria.

- Abertura do dossel: durante as atividades de colheita e roçada, alguns indivíduos de porte arbóreo têm sua copa podada, com maior ou menor intensidade, ou mesmo são suprimidos para que haja maior luminosidade para a erva-mate. Neste caso, saem do sistema principalmente espécies consideradas indesejadas, como a canela-papagaio (*Nectandra grandiflora*) e a caúna (*Ilex theezans*), que possuem copa densa e ampla, competindo por luz e espaço.

Além disso, ao longo do tempo, considerável volume de madeira foi extraído da floresta. A derrubada seletiva dessas árvores abre clareiras no dossel da vegetação de forma localizada, resultando em uma mistura de estágios de sucessão iniciais e mais adiantados, o que Gliessman (2005) chama de “mosaico de sucessão”, que pode ser ajustado e manejado de acordo com as condições ecológicas da área e com as necessidades do produtor. A Figura 7 mostra aspecto da área, que alterna situações de maior e menor luminosidade em decorrência de maior ou menor cobertura do dossel, o registro da foto foi feito antes da realização da roçada. Já a Figura 8 apresenta parte da área durante o mês de agosto, quando algumas espécies perdem suas folhas e também permitem maior entrada de luminosidade, aproximadamente um mês antes da colheita, após a roçada.



Figura 7. Aspecto da área de estudo em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.



Figura 8. Aspecto da área de estudo antes da colheita em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

- Poda de rebaixamento/renovação: realizada em erveiras velhas, com produtividade em declínio e/ou com fuste muito alto, que demandam mais mão-de-obra e aumentam os riscos da colheita (KURTZ, 1995). O corte é feito próximo ao solo e posteriormente é feita a seleção e condução de três ou quatro brotações.

- Poda de formação: os indivíduos identificados na regeneração recebem poda com objetivo de orientar seu crescimento e obter múltiplos troncos. A altura de poda é de aproximadamente 30 cm do nível do solo, dependendo também da estrutura de copa de cada indivíduo. Tanto esta como a poda de rebaixamento são realizadas na ocasião da colheita.

- Colheita/poda de produção: geralmente feita a cada três anos, dependendo das condições de crescimento das plantas, disponibilidade de mão-de-obra e preços praticados no mercado. É realizada preferencialmente nos meses de agosto e setembro, exceto na lua nova, dois dias antes e dois dias após. As ferramentas usadas são o serrote e a tesoura, além do facão usado geralmente pela mão-de-obra contratada, que tem nesta ferramenta um maior rendimento em termos de volume colhido por unidade de tempo. Isto representa maior lucratividade por dia de serviço, mas tende a prejudicar as plantas reduzindo sua longevidade e produtividade (Beltrão et al., 2000).

Na área de estudo, há indivíduos de erva-mate com as mais variadas estruturas de copa, não sendo possível identificar um único tipo de poda, como descrito por Medrado e Sturion (2010). Como não se trata de um sistema de produção monoespecífico e equiâneo, há árvores de diversas idades e tamanhos, de forma que a erva-mate cresce se adaptando a esses espaços, sob maior ou menor competição, resultando em diferentes configurações de copa.

- Adubação: o relato é de que esta nunca foi efetuada na área, embora a colheita seja feita de forma contínua há mais de cinco décadas. Inclusive, segundo o relato, há erveiras em produção desde então. Esse fato é coerente com a descrição de Fossati (1997), que diz que os ervais nativos em geral não precisam ser adubados, pois o solo é constantemente beneficiado pela cobertura de folhas e outros vegetais que se decompõem lentamente. Entretanto, a espécie tem demonstrado responder a adubações, como apresentado nos trabalhos de Santin (2008) e Medrado (2004).

Santos (2009) também observou práticas de manejo semelhantes em fragmento de Floresta Ombrófila Mista secundária manejada para produção de erva-mate: raleamento com

retirada de árvores maduras, poda de galhos, roçada para eliminação de vegetação concorrente (no caso, taquara) e roçada seletiva da regeneração natural, favorecendo o crescimento de espécies arbóreas de interesse. Mas diferente do presente trabalho, o autor relatou a prática do adensamento com mudas de erva-mate plantadas em espaçamento aproximado de 3 x 3 metros (1.111.ha⁻¹). Conforme Medrado (2010), o adensamento é considerado uma prática recomendável, pois dispensa o corte raso da floresta, requer pouca movimentação de terra e aporte externo de insumos, conservando o equilíbrio dinâmico de pragas e doenças e aumentando a produtividade da área.

Observando os sistemas de manejo descritos, a área do presente estudo pode ser classificada simplesmente como erval nativo (MAZUCHOWSKI, 1989; ANDRADE, 2002). Mas de forma mais específica, a área apresentou maior semelhança com a chamada Tipologia 3 descrita por Santos et al. (2011), com cobertura florestal, porém baixa diversidade e dossel em estágio intermediário a médio de desenvolvimento, além de características citadas para a Tipologia 2, como a presença de gado.

As características de degradação citadas para a FOM no estado de Santa Catarina (VIBRANS et al., 2011) estão todas presentes na área de estudo: corte seletivo atual ou histórico de espécies arbóreas, pastejo pelo gado, presença de estradas e roçada do sub-bosque, além da exploração da erva-mate. Isso demonstra a representatividade dessa forma de uso do solo e a importância da observação das práticas de manejo para a interpretação dos dados de florística e fitossociologia, pois ao mesmo tempo em que há a supressão da vegetação através da roçada e da derrubada de árvores, há a condução da regeneração em certas “ilhas” de vegetação dispersas no sistema produtivo, permitindo a manutenção da fisionomia florestal nativa.

Ainda conforme Vibrans et al. (2011), a ação do gado é prejudicial à floresta, pois o pastejo e o pisoteio da vegetação impedem ou dificultam a regeneração natural e promovem degradação do solo pela erosão. Além do que, a sua presença geralmente está associada à presença de gramíneas exóticas com brotação agressiva, que comprometem a regeneração de espécies arbóreas. As gramíneas também foram constatadas na área de estudo (Figura 9), assim como vestígios de pastejo e pisoteio; entretanto, a intensidade desses fatores é dependente da densidade animal, que na área de estudo tende a ser variável espacialmente e de difícil quantificação.



Figura 9. Aspecto da área com a presença de gramíneas pastejadas pelo gado bovino em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Para Reis et al. (2010), a obtenção de produtos de áreas de Floresta com Araucária envolve estratégias de extrativismo, manejo e cultivo. Essas estratégias podem ser observadas na área de estudo nas diferentes práticas de manejo que aliam a extração de produtos ao direcionamento de recursos para as espécies de interesse. A erva-mate apresenta retorno econômico interessante e características ecológicas que permitem seu manejo sob o dossel da floresta, sem considerável aporte de insumos externos ou manejo intensivo, preservando diversas espécies nativas. Essa constatação também é encontrada no estudo de Steenbock (2009) com bracatinga (*Mimosa scabrella*), que considera que a combinação de características econômicas e biológicas da espécie (no caso, pioneira) parece influenciar o grau de manejo de suas populações.

5.2 Florística e fitossociologia

5.2.1 Composição florística

As espécies encontradas na área de estudo estão relacionadas na Tabela 1, com seus respectivos nomes científicos, famílias botânicas e nomes comuns. Foram numerados e registrados 640 indivíduos (512.ha⁻¹), distribuídos em 14 famílias, 19 gêneros e 22 espécies, considerando 7 indivíduos mortos. A família com maior número de espécies e gêneros foi Myrtaceae, com 5 espécies e 5 gêneros, seguida de Aquifoliaceae, 4 espécies e 1 gênero e Lauraceae, 2 espécies e 2 gêneros.

Tabela 1. Relação de espécies e famílias registradas em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Família	Nome Científico	Nome Vulgar
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira
Aquifoliaceae	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	Caúna-da-serra
	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Congonha
	<i>Ilex paraguariensis</i> St.-Hil.	Erva-mate
	<i>Ilex theezans</i> Mart.	Caúna
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária
Canelaceae	<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	Pimenteira
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Persoon	Carne de vaca
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> St.-Hil.	Cocão
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Leiteiro
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & C. Mart. ex Nees	Canela-papagaio
	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso	Imbuia
Mimosaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth.) O. Berg	Murta
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Guabirola
	<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	Jaboticaba-do-campo
Myrtaceae	<i>Myrceugenia euosma</i> (O. Berg) D. Legrand	Guamirim
	<i>Myrcianthes gigantea</i> (D. Legrand) D. Legrand	Araçá-do-mato
Podocarpaceae	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	Pinheiro-bravo
Rosaceae	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltld.) D.Dietr.	Pessegueiro bravo
Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	Guaçatunga
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Camboatá-branco

A família Myrtaceae é reconhecida como de importância na composição florística de florestas altomontanas e nebulares austrais da América do Sul (MEIRELES et al., 2008; SCHEER et al, 2011). Ela também é relatada com o maior número de espécies nos estudos de Kanieski et al. (2010); Rode et al. (2009) e Carmo e Assis (2012).

O número de espécies identificadas neste estudo está abaixo do número encontrado em áreas de formação florestal Montana da FOM. Rode et al. (2009) observaram 108 espécies em 25 parcelas de 1 ha, Kanieski et al. (2010) 116 espécies em 10 parcelas de 1 ha, ambos com $DAP \geq 10$ cm como critério de inclusão. Como descrevem Roderjan et al. (2002), as formações altomontanas são fisionomicamente semelhantes às montanas, mas devido ao maior rigor climático, possuem menor diversidade florística. Para Koehler et al. (2002), estudando áreas de FOD Alto-Montana com altitudes variando de 1.380 a 1.610 m, o registro de apenas 23 espécies em média (total de 55) reforçou a hipótese de que condições ambientais adversas simplifiquem de forma significativa a florística.

Não só as restrições climáticas decorrentes da altitude, mas o esforço amostral empregado parece contribuir para o baixo número de espécies encontradas. Conforme Hubbell (2001, apud MORO e MARTINS, 2011), referindo-se a ecossistemas tropicais com expressiva diversidade em espécies, quanto maior o esforço amostral mais espécies são registradas. Corroborando Augustynczyk (2011), trabalhando com diferentes intensidades amostrais e tamanhos de parcelas em FOM, ao considerar recomendável que, para estimativas de estoque e de índices fitossociológicos, sejam utilizadas parcelas de pelo menos 1.000 m² e intensidade amostral tão grande quanto os recursos de tempo e dinheiro permitirem.

O uso de determinado diâmetro como critério de inclusão de indivíduos na amostragem também pode proporcionar um menor ou maior número de espécies registradas (AUGUSTYNCZYK, 2011). Carmo e Assis (2012) encontraram número de espécies mais de cinco vezes maior (124 espécies) que o presente estudo, em condições de altitude semelhante (1.150 m), com menos da metade da área amostral (0,5 ha), mas critério de inclusão menor ($DAP \geq 5,0$ cm), além da ausência de intervenção antrópica, como roçadas, ou de criação de animais que também tendem a reduzir o número de espécies.

Santos (2009) registrou apenas 32 espécies com $DAP \geq 4,78$ cm em Sistema Agroflorestal (SAF) com erva-mate e 31 espécies em floresta secundária contígua ao SAF,

ponderando que o manejo na vegetação para a implantação do SAF diminuiu a densidade e riqueza de espécies no dossel em relação à floresta, provocando maior adensamento e diversificação nos estratos inferiores. Albuquerque (2009) encontrou 22 espécies com DAP \geq 10,0 cm em uma área conduzida em Sistema Faxinal e 36 espécies em outra área sob mesmo sistema. Além dos métodos semelhantes ao do presente estudo, há no sistema faxinal a presença constante de animais de criação, que influenciam negativamente a regeneração da floresta, contribuindo para o baixo número de espécies registradas.

Conforme exposto, a intervenção antrópica freqüente visando à produção de erva-mate marcada pela roçada e abertura de dossel, além da criação de animais e extração de madeira, aliada a características da área (altitude) e métodos empregados parecem explicar o baixo número de espécies registradas quando a área é comparada a outras áreas de vegetação nativa em Unidades de Conservação, como nos estudos de Rode et al. (2009), Kanieski et al. (2010) e Carmo e Assis (2012). Porém, quando a área é observada frente a outros sistemas de produção (monoespecíficos e de porte herbáceo arbustivo) que também possibilitam retorno econômico interessante, os resultados encontrados demonstram o potencial de conservação da biodiversidade do manejo da floresta nativa com fins econômicos, fator imprescindível para a sustentabilidade das propriedades rurais e para a conseqüente conservação de seus fragmentos florestais.

5.2.2 Fitossociologia

Os parâmetros fitossociológicos, densidade, dominância, freqüência, índice de valor de importância e de cobertura calculados para cada uma das 22 espécies encontradas e para o conjunto de árvores mortas são apresentados na Tabela 2, ordenadas de forma decrescente do VI, que da mesma forma que o VC é exposto em valores percentuais.

Dentre os resultados, destaca-se a espécie *Araucaria angustifolia* com maior VI e VC, 47,2 e 53,2%, respectivamente. Ela respondeu por 51,9% da DR (265,6 dos 512,0/ha), 54,6% da área basal (9,98 dos 18,28 m²/ha) e esteve presente em 108 das 125 subunidades. Outros trabalhos realizados em FOM também apresentam a dominância da araucária sobre as demais espécies, mas não com tanta expressividade como neste. Estudos realizados em Unidades de Conservação com métodos semelhantes apontam o VI para a espécie de 18,82% na Flona de

São Francisco de Paula, RS (EBLING, 2012); 11,71% na Flona de Irati, PR (RODE, 2008) e 11,47% na Reserva Floresta Embrapa/Epagri, Caçador, SC (HERRERA et al., 2009).

A araucária possui comportamento pioneiro, invadindo o campo e proporcionando condições para que as demais espécies ocupem o espaço sob sua copa (CARVALHO, 2003). Dessa forma, as práticas de manejo realizadas na área (abertura do dossel e roçadas pré-colheita), que permitem maior entrada de radiação solar, parecem contribuir para a expressiva densidade encontrada para a espécie. Enquanto que nas UCs, a ausência dessas práticas possibilita o desenvolvimento natural da regeneração e o livre crescimento de diversas espécies nos estratos abaixo do dossel, dividindo espaço com a araucária e a erva-mate. Aliado a isso, a espécie é desejada no sistema pela qualidade e utilidade de sua madeira dentro da propriedade rural, além da produção de pinhão.

Em áreas de FOM no Sistema Faxinal, com metodologia semelhante, Albuquerque et al. (2011) também encontraram VI consideravelmente maior para uma única espécie frente as demais mas nesse caso, não para araucária, 26,46% para *Curitiba prismatica* (D. Legrand) Salywon & Landrum em uma área e 28,59% para *Casearia obliqua* Sprengel em outra; Watzlawick et al. (2011) registraram VI de 28,51% para *Cinnamodendron dinisii* Schwacke também em Faxinal. Os autores atribuem à baixa ocorrência de espécies como *A. angustifolia*, *Ilex paraguariensis* e *Ocotea porosa* ao sistema de manejo da floresta com a presença de animais e a exploração madeireira seletiva.

A espécie encontrada com 2º maior VI e VC foi *Ilex paraguariensis* com 9,7 e 7,6% respectivamente, consideravelmente distantes dos valores da araucária. A *I. paraguariensis* apresentou DA de 56,0.ha⁻¹ e esteve presente em 43 das 125 subunidades. Esta espécie também costuma figurar entre as com maior densidade em estudos conduzidos em FOM, Ebling (2012) encontrou 35,7.ha⁻¹ (5º maior VI) e Rode (2008) 54,9.ha⁻¹ (2º maior VI), ligeiramente inferior ao do presente estudo. Além de ser a espécie mais desejada do sistema pelo seu produto comercial, de forma a ter a sua regeneração natural estimulada pelas práticas de manejo, a erva-mate se regenera com facilidade quando o estrato arbóreo superior e os estratos arbustivo e herbáceo são raleados (CARVALHO, 2003), o que tende a aumentar a sua densidade.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos encontrados em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Espécie	N	DA (N/ha)	DR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	332	265,6	51,9	9,98	54,6	86,4	35,2	53,2	47,2
<i>Ilex paraguariensis</i>	70	56,0	10,9	0,76	4,2	34,4	14,0	7,6	9,7
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	32	25,6	5,0	1,16	6,4	17,6	7,2	5,7	6,2
<i>Myrcianthes gigantea</i>	30	24,0	4,7	0,64	3,5	17,6	7,2	4,1	5,1
<i>Eugenia pluriflora</i>	40	32,0	6,2	0,65	3,5	13,6	5,5	4,9	5,1
<i>Ocotea porosa</i>	25	20,0	3,9	1,22	6,6	11,2	4,6	5,3	5,0
<i>Sapium glandulosum</i>	22	17,6	3,4	0,97	5,3	12,8	5,2	4,4	4,7
<i>Ilex theezans</i>	29	23,2	4,5	0,55	3,0	11,2	4,6	3,8	4,0
<i>Cinnamodendron dinisii</i>	14	11,2	2,2	0,72	3,9	8,8	3,6	3,1	3,2
<i>Prunus brasiliensis</i>	14	11,2	2,2	0,57	3,1	8,8	3,6	2,7	3,0
Morta	7	5,6	1,1	0,33	1,8	4,8	2,0	1,4	1,6
<i>Nectandra grandiflora</i>	4	3,2	0,6	0,17	0,9	3,2	1,3	0,8	0,9
<i>Ilex dumosa</i>	3	2,4	0,5	0,08	0,4	2,4	1,0	0,5	0,6
<i>Schinus terebinthifolius</i>	4	3,2	0,6	0,05	0,3	2,4	1,0	0,4	0,6
<i>Matayba elaeagnoides</i>	2	1,6	0,3	0,10	0,6	1,6	0,7	0,4	0,5
<i>Clethra scabra</i>	2	1,6	0,3	0,08	0,4	1,6	0,7	0,4	0,5
<i>Myrceugenia euosma</i>	2	1,6	0,3	0,06	0,3	1,6	0,7	0,3	0,4
<i>Erythroxylum deciduum</i>	2	1,6	0,3	0,06	0,3	1,6	0,7	0,3	0,4
<i>Ilex brevicuspis</i>	2	1,6	0,3	0,04	0,2	0,8	0,3	0,3	0,3
<i>Podocarpus lambertii</i>	1	0,8	0,2	0,05	0,3	0,8	0,3	0,2	0,2
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1	0,8	0,2	0,03	0,2	0,8	0,3	0,2	0,2
<i>Mimosa scabrella</i>	1	0,8	0,2	0,02	0,1	0,8	0,3	0,1	0,2
<i>Banara tomentosa</i>	1	0,8	0,2	0,02	0,1	0,8	0,3	0,1	0,2
Total geral	640	512,0	100,0	18,28	100,0	245,6	100,0	100,0	100,0

N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VC = valor de cobertura; VI = valor de importância.

As espécies com o 3º, 4º e 5º maior VI são da família Myrtaceae: *Campomanesia xanthocarpa* (6,2%), *Myrcianthes gigantea* (5,1%) e *Eugenia pluriflora* (5,1%), as três com densidade variando de 24 a 32.ha⁻¹. A espécie *C. xanthocarpa* também apareceu com o 3º maior VC (5,7%), enquanto *M. gigantea* e *E. pluriflora*, o 7º e o 5º maior VC (4,1 e 4,9%), respectivamente. Essa variação no ranking dos maiores VI e VC se deve a menor área basal dessas duas mirtáceas frente a *Ocotea porosa* e *Sapium glandulosum*, com o 4º e o 6º maior VC, respectivamente.

A *O. porosa* apresentou a segunda maior área basal, 1,22 m².ha⁻¹ (6,6%), seguida de *C. xanthocarpa* com 1,16 m².ha⁻¹ (6,4%), *Sapium glandulosum* com 0,97 m².ha⁻¹ (5,3%) e *I. paraguariensis* com 0,76 m².ha⁻¹ (4,2%). Essas quatro espécies juntas atingiram 4,11 m².ha⁻¹ (22,5%) e quando somadas a *A. angustifolia* alcançaram 14,09 m².ha⁻¹, ou seja, 77,1% da área basal estão concentrados apenas em cinco espécies.

A imbuia é classificada como secundária tardia ou clímax tolerante a sombra, característica da FOM, podendo se comportar como espécie secundária, infiltrando-se nas florestas mais abertas e em capoeirões (CARVALHO, 2003). Além de condições ecológicas propícias para sua regeneração na área, ela é considerada como de interesse no sistema pelas características de sua madeira, tendo seu crescimento estimulado.

As cinco espécies com maior VI são as mesmas cinco de maior densidade. Elas foram responsáveis por 78,7% dos indivíduos da área. Além delas, apenas outras cinco espécies apresentaram DA maior que 10.ha⁻¹: *O. porosa* (20), *S. glandulosum* (17,6), *Ilex theezans* (23,2), *Cinnamodendron dinisii* (11,2) e *Prunus brasiliensis* (11,2). Oito espécies apresentaram DA entre 1,6 e 3,2.ha⁻¹: *Nectandra grandiflora*, *Ilex dumosa*, *Schinus terebinthifolius*, *Matayba elaeagnoides*, *Clethra scabra*, *Myrceugenia euosma*, *Erythroxylum deciduum* e *Ilex brevicuspis*. Enquanto outras quatro espécies foram representadas por apenas um indivíduo na área (DA de 0,8/ha): *Podocarpus lambertii*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Mimosa scabrella* e *Banara tomentosa*. Além disso, registrou-se densidade de 5,6.ha⁻¹ de indivíduos mortos, representando área basal de 0,33 m².ha⁻¹ (1,8%) e o 11º maior VI, ou seja, 12 das 22 espécies apresentaram VI menor que o conjunto de árvores mortas.

A espécie *P. lambertii* é considerada pioneira, heliófila, característica das matas de altitude, apresenta dispersão descontínua e irregular, ocorrendo em determinados pontos em

agrupamentos quase puros e faltando completamente em outros (LORENZI, 2002). Essa descrição pode explicar sua baixa presença, aliada a expressiva dominância da araucária, que proporciona certo sombreamento sob suas copas e, com isso, um microclima que pode não ser muito favorável para espécies exigentes em luz, como *M. scabrella*, *S. terebinthifolius* e *C. scabra*.

Nectandra grandiflora possui comportamento de heliófila até umbrófila, secundária, característica das matas de altitude, ocorrendo preferencialmente em formações secundárias abertas (LORENZI, 2002). Neste caso, ela é citada pelo proprietário como espécie indesejável no sistema, devido a sua estrutura de copa globosa e densa, que ocupa considerável espaço quando árvore adulta, competindo com a erva-mate por luz, de forma que ela costuma ser podada, ou mesmo suprimida, nos procedimentos de manejo da área, o que parece explicar sua baixa densidade, visto que Rode (2008) a encontrou na Flona de Irati com densidade de 36,6.ha⁻¹.

O direcionamento de recursos para beneficiar espécies de interesse através das práticas de manejo históricas e atuais parece ter relação causal com a estrutura horizontal encontrada na vegetação, com expressiva dominância de *A. angustifolia*, *I. paraguariensis*, *O. porosa* e frutíferas nativas da família Myrtaceae.

5.2.3 Índices de diversidade

Os resultados dos índices de Shannon, de Simpson e de Pielou são apresentados na Tabela 3 juntamente com os resultados de outros estudos em FOM. Também são expressas algumas informações sobre cada estudo para fins comparativos: altitude, área amostrada e DAP usado como critério de inclusão de indivíduos.

O índice de Shannon calculado para a área estudada apresentou o valor de 1,87, indicando baixa diversidade florística, devido ao baixo número de espécies. Esse valor ficou abaixo dos valores encontrados em outros estudos, refletindo de forma coerente a diversidade da área. Rode et al. (2009) encontraram valores entre 2,79 e 3,43; Kanieski et al. (2010) valores entre 2,79 e 3,40; Carmo e Assis (2012) observaram 4,06; Santos (2009) valores de

2,90 e 3,00 para SAF com erva-mate e FOM, respectivamente e Albuquerque (2009) valores de 2,29 e 2,59 para duas áreas de FOM manejadas sob sistema Faxinal.

Tabela 3. Índice de Shannon, de Simpson e de Pielou encontrados em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná e em outros estudos em Floresta Ombrófila Mista.

Fonte*	Nº de espécies	H'	D	J	Altitude (m)	Amostra (ha)	DAP ≥ (cm)
1	22	1,87	0,29	0,6	1.110 a 1.150	1,25	10
2	31	2,9 a 3,0	ni	ni	ni	0,16	5
3	36 e 22	2,29 a 2,59	0,14 a 0,16	ni	880 e 898	2,00	10
4	108	2,79 a 3,43	0,05 a 0,14	0,71 a 0,85	885	25,00	10
5	116	2,79 a 3,40	0,05 a 0,16	0,68 a 0,84	930	10,00	10
6	113	4,06	ni	0,84	1.150	0,50	5

* 1 Presente estudo; 2 Santos (2009); 3 Albuquerque (2009); 4 Rode et al. (2009); 5 Kanieski et al. (2010); 6 Carmo e Assis (2012). H': índice de Shannon; D: índice de Simpson; J: índice de Pielou; ni: não informado.

Conforme já exposto, estudos realizados em formação Montana da FOM tendem a apresentar maior riqueza de espécies que a área do presente estudo em virtude do menor rigor climático decorrente da altitude (RODERJAN et al., 2002) como nos trabalhos de Rode et al. (2009) e Kanieski et al. (2010). Aliado a este fato, os trabalhos 4, 5 e 6 da Tabela 3 foram realizados em Unidades de Conservação sem histórico de intervenção antrópica recente ou criação de animais, que contribuem para a degradação da vegetação (VIBRANS et al., 2011), como encontrado nos trabalhos 2 e 3 que apresentaram valores mais próximos aos do presente estudo.

O índice de Simpson apresentou valor de 0,29. Ele expressa a dominância que uma ou poucas espécies exercem na vegetação, medindo a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso na amostra pertencerem à mesma espécie, quanto maior seu valor, maior a dominância (FREITAS e MAGALHÃES, 2012). Neste estudo, a espécie *Araucaria angustifolia* foi responsável por mais da metade dos indivíduos registrados, de forma que o índice encontrado (0,29) representa essa dominância de forma coerente. Corroboram Meireles et al. (2008), que afirmam que os valores de diversidade encontrados para as florestas

altomontanas sulinas sugerem que elas são menos ricas em espécies e apresentam abundância concentrada em poucas espécies.

Demais estudos apresentaram valores menores para o índice de Simpson, demonstrando que em geral a dominância de uma ou poucas espécies na floresta não é tão pronunciada. Rode et al. (2009) encontraram valores de 0,05 a 0,14; Kanieski et al. (2010) valores de 0,05 a 0,16 e Albuquerque (2009) valores de 0,14 e 0,16.

O índice de Pielou encontrado foi de 0,60. Este valor indica que a distribuição dos indivíduos entre as espécies na área de estudo foi menos uniforme do que em outros trabalhos em FOM, contribuindo com a interpretação do índice de Simpson, que expressou a dominância da *A. angustifolia* sobre as demais espécies. Conforme Freitas e Magalhães (2012), este índice representa a proporção da diversidade de espécies encontradas na amostragem atual em relação à diversidade máxima que a comunidade pode atingir.

Kanieski et al. (2010) encontraram valores variando de 0,68 a 0,84; Rode et al. (2009) valores de 0,71 a 0,85; Carmo e Assis relataram 0,84, demonstrando maior equidade na distribuição de indivíduos entre as espécies do que no presente estudo.

5.2.4 Distribuição diamétrica

A distribuição dos indivíduos em classes diamétricas foi realizada com amplitude de classe de 5,0 cm, para um total de 10 classes, abrangendo desde o diâmetro mínimo encontrado de 10,0 cm até o máximo de 57,3 cm. A média do diâmetro dos 640 indivíduos registrados ficou em 19,5 cm.

Observa-se na Figura 10, a maior concentração de indivíduos nas menores classes diamétricas, 37,3% corresponderam à primeira classe, de 10 a 15 cm ($191.\text{ha}^{-1}$); 24,7 % a segunda classe, de 15 a 20 cm ($126.\text{ha}^{-1}$); 16,4 % a terceira, de 20 a 25 cm ($84.\text{ha}^{-1}$); 10,7 % a quarta, de 25 a 30 cm ($55.\text{ha}^{-1}$); acumulando nas quatro primeiras classes 456 árvores por hectare (89,1%). As demais classes, acima de 30 cm, acumularam $56.\text{ha}^{-1}$. Conforme Durigan (2012), essa forma de distribuição se enquadra no modelo exponencial negativo (o chamado “J invertido”) e demonstra que a comunidade ou população está estável, com regeneração contínua. Esse comportamento caracteriza a estrutura típica de florestas naturais, formadas

por espécies variadas e de diferentes idades e demonstra a capacidade de regeneração da formação florestal (SCOLFORO, 1998; LAMPRECHT, 1990).

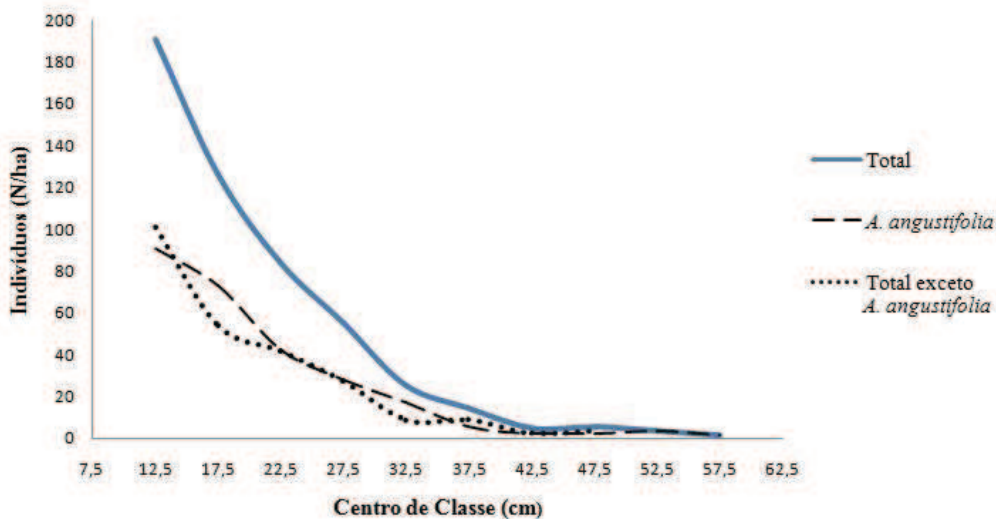


Figura 10. Distribuição diamétrica do total de espécies, da espécie araucária e do total de espécies exceto da araucária, em classes com 5,0 cm de amplitude, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Em decorrência da expressividade da araucária, sua distribuição diamétrica foi apresentada em separado do total de indivíduos também na Figura 10, assim como a distribuição do total de indivíduos, exceto da araucária. Ambas as curvas também apresentaram distribuição concentrada nas primeiras classes e com comportamento semelhante, mas apenas a espécie araucária se fez presente em todas as classes, inclusive foi a única nas classes com diâmetros maiores que 50 cm, com $3,2 \cdot \text{ha}^{-1}$ de 50 a 55 cm e $1,6 \cdot \text{ha}^{-1}$ de 55 a 60 cm. Conforme Lamprecht (1990), a distribuição de árvores por classe de diâmetro pode variar muito de uma espécie para outra. Isso pode ser observado na Figura 11, onde são apresentadas as curvas de distribuição de cinco espécies (2º ao 6º maior VI).

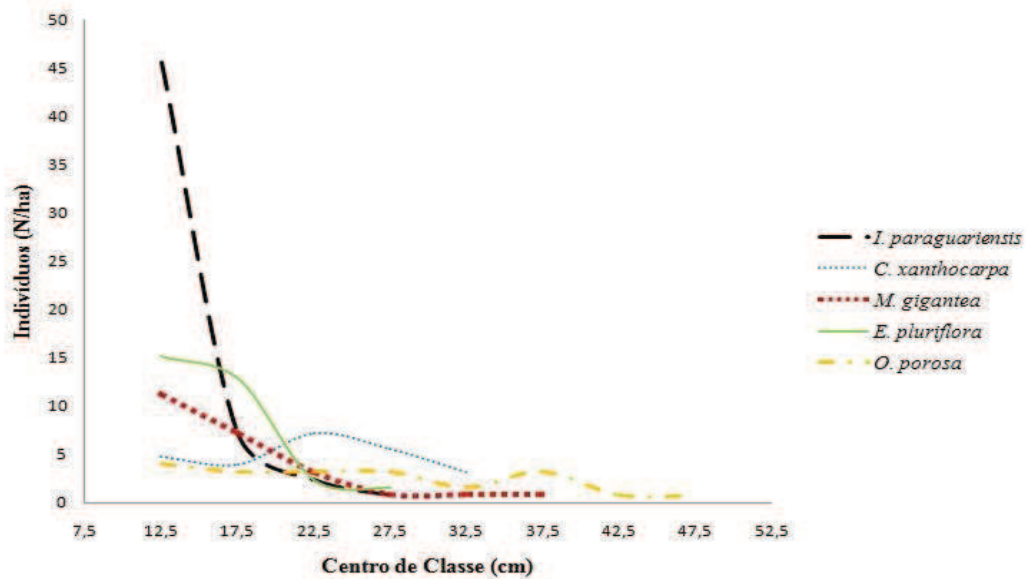


Figura 11. Distribuição diamétrica das espécies *Ilex paraguariensis*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Myrcianthes gigantea*, *Eugenia pluriflora* e *Ocotea porosa*, em classes com 5,0 cm de amplitude, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

As espécies *I. paraguariensis*, *M. gigantea* e *E. pluriflora* apresentaram concentração decrescente de indivíduos das menores para as maiores classes de DAP, assim como a *A. angustifolia*, essas quatro espécies juntas somaram densidade de $162.\text{ha}^{-1}$ na primeira classe e $100.\text{ha}^{-1}$ na segunda (85 e 79 % de cada classe, respectivamente). As espécies *I. paraguariensis* e *E. pluriflora* foram representadas apenas nas quatro primeiras classes (até 30 cm), enquanto *M. gigantea* apareceu nas seis primeiras (até 40 cm).

C. xanthocarpa esteve representada em seis classes, de 10 a 35 cm e na classe de 40 a 45 cm, já a espécie *O. porosa* esteve presente nas oito primeiras classes, de 10 a 50 cm. As duas demonstraram pouca variação no número de indivíduos entre as classes, a primeira com moda na classe 20 a 25 cm e a segunda na primeira classe, de 10 a 15 cm. Ambas demonstrando menor estoque em crescimento do que as três espécies anteriores, o que pode comprometer sua permanência no processo de sucessão ecológica. A substituição das espécies nesse processo é natural (MARTINS et al., 2012) ou pode ser induzida (como no caso da *N. grandiflora*) e fica mais evidente com a ausência de indivíduos nas menores classes diamétricas, como ocorreu para três espécies neste estudo, *C. scabra*, *M. elaeagnoides* e *P. lambertii*.

Apesar do manejo praticado ao longo de mais de 50 anos, com roçadas, exploração arbórea seletiva e criação animal, a vegetação da área de estudo parece manter certas características da floresta nativa, evidenciadas pela distribuição diamétrica com maior concentração de indivíduos nas menores classes. Isso representa continuidade no processo de regeneração, além da presença de famílias e espécies características da Floresta com Araucária, demonstrando o potencial do sistema produtivo em preservar a fisionomia florestal. Para Rosot (2007), esse manejo florestal de uso múltiplo representa a medida mais eficaz contra o avanço da fragmentação, havendo a necessidade de redirecionar políticas públicas no sentido de desenvolver e implementar mecanismos que favoreçam a adoção de práticas de manejo florestal como uma ferramenta efetiva de conservação.

5.3 Determinação e estimativas de BC de erva-mate:

5.3.1 Determinação e estimativas de BC por indivíduo:

Descrição das variáveis:

Na área amostrada, foram registrados 793 indivíduos de erva-mate compondo o sistema produtivo, uma densidade média de $634.ha^{-1}$. Desse total, 30 indivíduos apresentaram problemas na ocasião da determinação da BC, ficando sem essa variável e, por isso, foram descartados dos exercícios de modelagem, restando 763 indivíduos com o registro das variáveis independentes e dependente.

Como era de se esperar, observou-se uma considerável variação nos valores encontrados para todas as variáveis, pois se trata de uma população nativa de erva-mate formada a partir da condução da regeneração natural ao longo de mais de 50 anos. A Tabela 4 apresenta estatísticas descritivas das variáveis mensuradas para os 763 indivíduos de erva-mate.

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis mensuradas da erva-mate em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Variáveis	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo
BC (kg)	3,2	81,6	0,2	21,7
d06 (cm)	5,5	61,6	1,2	22,3
g06 (m ²)	0,0046	104,2	0,0002	0,0390
nt06 (un.)	1,9	61,2	1	8
ht (m)	4,0	26,6	1,6	7,0
dc (m)	1,6	30,2	0,6	3,4
cc (m)	3,3	29,6	1,0	6,6

BC = biomassa comercial; d06 = diâmetro médio a 0,6 metros do nível do solo; g06 = área basal a 0,6 metros; nt06 = número de troncos a 0,6 metros, ht = altura total; dc = diâmetro médio de copa; cc = comprimento de copa; CV = coeficiente de variação.

A BC apresentou média de 3,2 kg por indivíduo, variando de 0,2 kg até 21,7 kg, com CV de 81,6%. Observando o valor máximo encontrado, a média pode ser considerada baixa. Porém, esses indivíduos com alta produção foram minoria, apenas quatro produziram mais que uma arroba de erva-mate (14,7 kg). Mais de 80% dos indivíduos produziram menos que 5,0 kg. Essa grande variabilidade de produtividade também é observada na literatura, Berger (2006) encontrou valor de 7,8 kg para plantio com 12 anos e Vuaden (2009), valor de 1,6 kg para plantio com 9 anos de idade. Beltrão et al. (2000) registraram valor mais próximo ao do presente estudo em erval plantado (4,6 kg), ao longo de 11 safras colhidas a cada dois anos. Ainda conforme Andrade (2002), a produtividade da erva-mate se estabiliza aos 10 – 12 anos em torno de 14 a 20 kg e erveiras nativas de maior porte, chegam a produzir 80 a 180 kg em podas realizadas a cada 3 – 5 anos.

A variável d06 apresentou média de 5,5 cm, variando de 1,2 até 22,3 cm, com CV de 61,6%. A variável nt06 variou de 1 a 8, com média de 1,9 e CV também de 61,6%. Já a variável g06 apresentou o maior CV dentre as analisadas (104,2%), variando de 0,0002 a 0,0390 m².

Trabalhando com a morfometria da erva-mate, Fleig et al. (2003) concluíram que a altura ideal de avaliação dos diâmetros do tronco é a 0,6 metros em relação ao nível do solo, pois erveiras com bifurcações próximas a base apresentam correlação não-significativa entre o perímetro da base do tronco e a biomassa da copa. E embora o diâmetro a altura do peito

(DAP) medido a 1,30 metros do nível do solo seja a variável mais usada para estimar a biomassa total de árvores e de suas frações, as erveiras com seus múltiplos troncos a essa altura não permitem a obtenção dessa variável, pois na colheita elas são rebaixadas geralmente a alturas em torno de um metro (FLEIG, 2002). O valor médio encontrado para a g06 (0,0046 m²) foi considerado intermediário ao de outros trabalhos, Fleig (2002) observou 0,0123 e Vuaden 0,0019 m², em plantios com 14 e 9 anos de idade, respectivamente.

As variáveis que levaram em consideração a copa (ht, dc e cc) apresentaram menor variabilidade que as variáveis do tronco, como mostram os valores do CV de 26,6%, 30,2% e 29,6% para ht, dc e cc, respectivamente. A maior ht registrada foi de 7,0 m e a menor 1,6 m, com média de 4,0 m. O maior cc foi de 6,6 m, o menor de 1,0 m, com média de 3,3 m. Já o dc apresentou valores de 0,6 a 3,4 m, com média de 1,6 m.

Fleig (2002) encontrou altura média de 3,1 m, diâmetro de copa de 2,2 m e comprimento de copa de 2,3 m em plantio homogêneo de erva-mate em Santa Catarina. Esse formato de copa relativamente menos esbelto (maior largura e menor altura que o presente estudo) reflete possivelmente as condições de cultivo a pleno sol, em que as plantas não precisam crescer tanto em altura em busca de luminosidade, enquanto que o presente trabalho trata de plantas de erva-mate que crescem sob a copa de outras árvores e, portanto, precisam “subir” em busca de luz solar. Além do menor intervalo entre colheitas (dois anos), que representa menos tempo para o crescimento da copa e tende a contribuir para essa diferença. Berger (2006), Vuaden (2009) e Fossati (2009, apud VUADEN, 2009) também encontraram copas relativamente menos esbeltas em plantios de erva-mate a pleno sol do que o presente trabalho, com altura total de 2,9; 3,0 e 3,2 m e diâmetro de copa de 2,2; 1,5 e 1,7 m, respectivamente.

O fator de copa (fc) foi determinado visualmente pelo desconto percentual das falhas existentes na folhagem da copa. Como mostra a Tabela 5, 259 indivíduos (33,9%) apresentaram fc = 1; outros 347 (45,5%) fc = 2; 142 indivíduos (18,6%) fc = 3 e apenas 15 (2,0%) apresentaram fc = 4. Ou seja, a grande maioria das plantas (79,4%) que compõe o sistema produtivo apresentou copa rala, com descontos superiores a 50% quando comparada a área folhada da copa com o cilindro formado pelas dimensões da copa.

Tabela 5. Fator de copa para os 763 indivíduos de erva-mate registrados em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Fator de Copa	Erva-mate	
	Número de indivíduos	%
1	259	33,9
2	347	45,5
3	142	18,6
4	15	2,0
Total	763	100,0

Ajuste de modelos matemáticos:

Através do procedimento Stepwise Forward foram ajustadas duas equações, uma com a BC como variável dependente e outra com o ln BC como variável dependente. As duas são apresentadas na Tabela 6 (chamadas Equações 1 e 2, respectivamente), junto com a equação obtida por regressão simples entre a BC e a variável independente de fácil obtenção g06 (Equação 3), com suas respectivas medidas de precisão. A análise da variância (ANOVA) dos três ajustes demonstrou significância estatística na relação entre variável dependente e variável (is) independente (s) a 95% de probabilidade de confiança (Anexo 5).

Tabela 6. Equações ajustadas para estimativas de BC de erva-mate por indivíduo, com seus respectivos R² aj. e Syx, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Nº	Equação	R ² aj.	Syx (%)
1	$BC = 0,505409.cc + 2,39347.fc + 21,9181.(g06.ht) - 0,502087.ht + 0,430219.(ht.dc) - 0,481835.ln(dc.ht) - 3,02725.lnfc + 0,283887.lng06$	0,9473	28,2
2	$\ln BC = 0,246378.fc + 0,0312384.(ht.dc) + 0,670171.lncc + 0,094578.ln(d06.dc) + 0,148513.ln(dc^2.g06)$	0,8342	29,0
3	$\ln BC = 4,46488 + 0,608488.lng06$	0,6558	41,9

BC = biomassa comercial; R² aj. = Coeficiente de Determinação ajustado; Syx = Erro padrão da Estimativa; ln = logaritmo neperiano; cc = comprimento de copa; fc = fator de copa; g06 = área basal a 0,6 metros; ht = altura total; dc = diâmetro médio de copa; d06 = diâmetro médio a 0,6 metros.

A Equação 1 apresentou o maior R² aj. (0,9473) e o menor Syx (28,2%), seguida pela Equação 2 com R² aj. de 0,8342 e Syx de 29,0%, enquanto a Equação 3 apresentou o menor

R^2 aj. (0,6558) e o maior Syx (41,9%). Para as duas últimas equações, as estatísticas de precisão foram recalculadas para a variável de interesse e foi usado o fator de correção para discrepância logarítmica para cada valor estimado.

A distribuição gráfica dos resíduos (%) é apresentada na Figura 12. A Equação 1 apresentou tendência de subestimativa para os menores valores estimados de BC (abaixo de 1,0 kg) e uma maior dispersão dos resíduos abaixo do eixo X (superestimativas) para os valores entre 1,0 e 5,0 kg. A Equação 2 demonstrou maior homogeneidade na distribuição dos resíduos, exceto para os valores estimados acima de 10,0 kg, que foram superestimados. Já a Equação 3 apresentou a dispersão de resíduos mais ampla das três equações, principalmente para valores superestimados entre 1,0 e 7,0 kg.

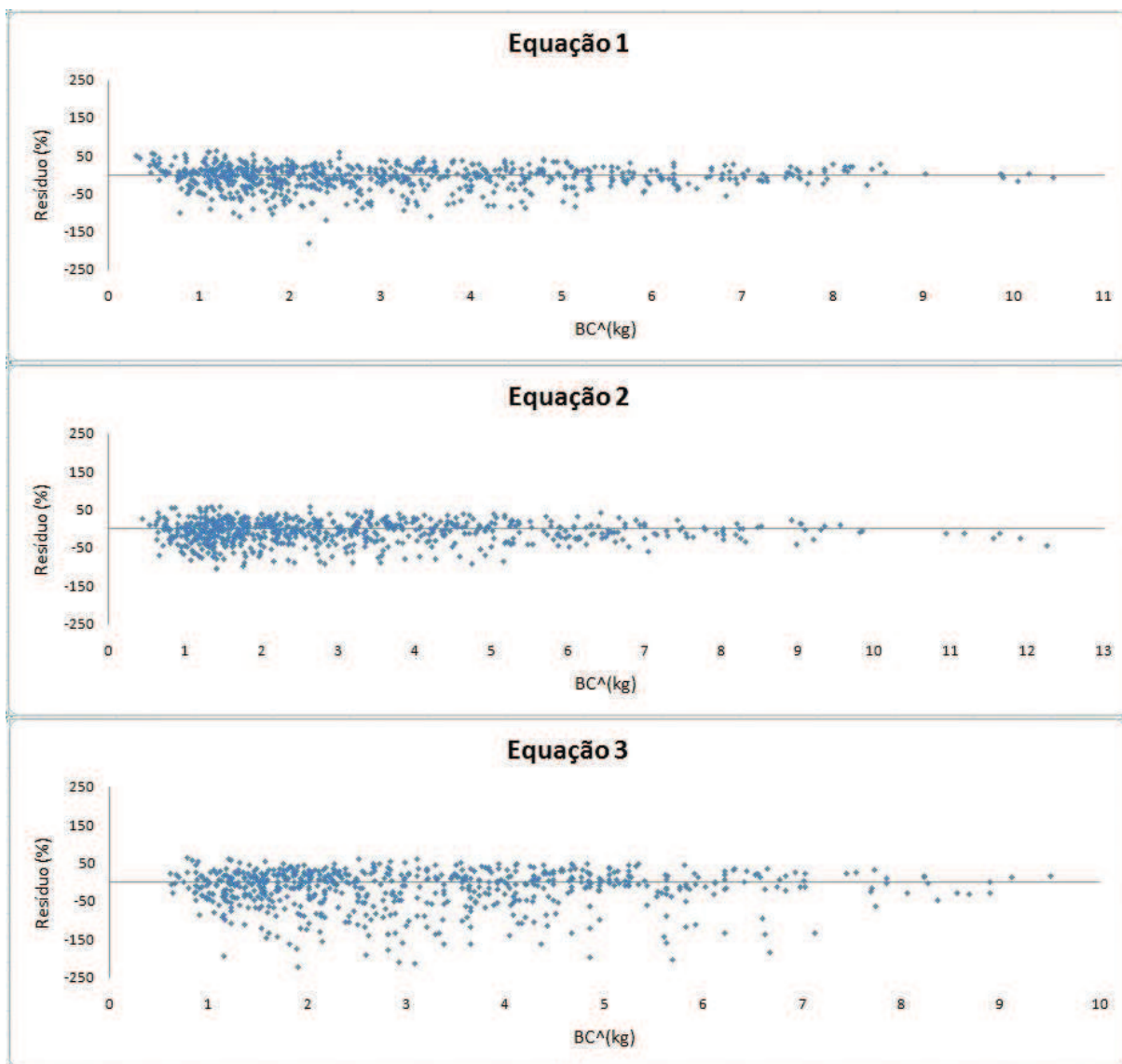


Figura 12. Distribuição gráfica dos resíduos (%) das equações ajustadas para estimativas de BC de erva-mate por indivíduo, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Vieira et al. (2008), assim como Schneider (1978), Rosot (1980), Higuchi et al. (1998), Vuaden (2009), entre outros autores ressaltam a importância de levar em conta a facilidade com a qual é possível medir as variáveis independentes no momento da escolha de equações para estimativas de biomassa.

Neste caso, a variável g06 pode ser considerada de fácil obtenção frente à mensuração de todas as demais variáveis estudadas: ht, dc, cc e fc. Porém, a Equação 3 apresentou o pior ajuste, com erro médio superior a 40%, mostrando que esta variável usada sozinha não conseguiu explicar de forma satisfatória toda a variação da BC, sendo necessária a inclusão de

diversas variáveis independentes para aumentar o R^2 aj., diminuir o S_{yx} e melhorar a dispersão gráfica dos resíduos, o que também ocasiona uma diminuição da praticidade das equações, pois há maior demanda de mão-de-obra para as medições a campo.

Assim, embora as Equações 1 e 2 tenham apresentado os melhores ajustes, com resultados satisfatórios de R^2 aj. e S_{yx} , a medição de diversas variáveis independentes torna seu uso pouco prático.

5.3.2 Determinação e estimativas de BC por hectare:

Descrição das variáveis:

A área amostrada foi subdividida em 125 subunidades de 100 m². A partir das coordenadas X,Y dos indivíduos de erva-mate e demais espécies da vegetação nativa registrados foi possível alocá-los em suas respectivas subunidades e, então, obter estimativas das variáveis médias por hectare. Em 22 subunidades não foram registrados indivíduos de erva-mate compondo o sistema produtivo e em outras oito ocorreram problemas a campo com o registro da BC, de forma que estas não foram utilizadas no ajuste de equações. Estatísticas descritivas das 95 restantes são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Estatística descritiva das variáveis por hectare, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Variáveis	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo
BC (kg/ha)	2.499	105,6	103	12.549
G06 (m ² /ha)	3,67	105,1	0,08	18,97
Nt06 (n/ha)	1.586	128,6	100	11.100
Ne (n/ha)	824	114,3	100	4.500
DAP (cm)	20,8	27,8	0	43,0
G (m ² /ha)	19,2	60,0	0	54,3
N (n/ha)	495	53,9	0	1.300

BC = biomassa comercial; G06 = área basal por hectare a 0,6 metros; Nt06 = número de troncos a 0,6 metros por hectare; Ne = número de indivíduos de erva-mate por hectare; DAP = média do diâmetro a altura do peito; G = área basal a 1,3 m; N = número de árvores por hectare (DAP ≥ 10cm); CV = coeficiente de variação.

A produtividade média das subunidades foi de 2.499 kg.ha⁻¹, em colheita trienal, mas com grande variação entre elas, desde 103 até 12.549 kg.ha⁻¹, com CV de 105,6%. A média pode ser considerada baixa, tendo em vista o valor máximo encontrado e o trabalho de Schneider e Petry (1985, apud FOSSATI, 1997), com 16.665 kg.ha⁻¹ em colheitas bienais de erva-mate plantada; o de Santin (2008) com até 5.260 kg.ha⁻¹ em erval nativo adensado e adubado com copa de 18 meses de idade; ou ainda a produção média de 5.000 kg.ha⁻¹ para a maior parte das plantações argentinas, segundo Artaza (1995). Mas observando o trabalho de Santos (2009) com 1.654 kg.ha⁻¹ obtidos em erval nativo e o de Mattos (2011), que registrou a produtividade média de 1.365 kg.ha⁻¹ (desde 190 a 6.800) para 30 propriedades com área média de erval nativo de 22,8 ha, a produtividade da área do presente estudo pode ser considerada razoável e dentro da amplitude de variação encontrada para os diversos sistemas de produção da espécie.

As demais variáveis por hectare da erva-mate também apresentaram essa considerável amplitude de valores. A G06 média foi de 3,67 m²/ha, com valores entre 0,08 e 18,97 m²/ha; a densidade média (Ne) foi de 824 indivíduos por hectare, variando de 100 a 4.500 e o Nt06 médio foi de 1.586/ha, com valores entre 100 e 11.100/ha. O CV dessas variáveis foi alto, 105,1%; 114,3% e 128,6%; respectivamente.

Também foram relacionadas variáveis da vegetação com DAP \geq 10,0 cm de cada subunidade, como possíveis indicadores de competição a que está submetida a população de erva-mate. Foi relacionado o DAP médio (cm), a área basal (G) e a densidade por hectare (N). Sua variação também foi grande, principalmente para a G, com CV de 60,0%, média de 19,2 m²/ha e valores entre zero e 54,3 m²/ha; a densidade (N) variou de zero até 1.300/ha, com média de 495/ha e CV de 53,9%; já o DAP apresentou o menor CV das três (27,8%), média de 20,8 cm e valores entre zero e 43,0 cm. Ou seja, foram registradas subunidades sem qualquer indivíduo com DAP \geq 10,0 cm e também subunidades com expressiva dominância da vegetação de porte arbóreo compondo o sistema produtivo junto com a erva-mate.

Ajuste de modelos matemáticos:

Através do procedimento Stepwise Forward foram ajustadas três equações, uma com a variável dependente em sua forma original (BC) e duas com a variável dependente em sua

forma logarítmica ($\ln BC$), uma com e outra sem a constante b_0 . Além destas, ajustou-se duas equações simples com a variável de fácil obtenção $G06$ para comparação. As cinco equações são apresentadas na Tabela 8, com suas respectivas estatísticas comparativas, enquanto os gráficos de dispersão dos resíduos são apresentados na Figura 13.

A análise da variância (ANOVA) das cinco equações mostrou significância estatística a 95% de probabilidade de confiança, demonstrando que existe regressão entre variável (is) independente (s) e dependente, conforme Anexo 6.

Tabela 8. Equações ajustadas para estimativas de BC de erva-mate por hectare, com seus respectivos R^2 aj. e Syx, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Nº	Equação	R^2 aj.	Syx (%)
1	$BC = -1595,74.G06 + 839,841.(G06.ht) - 183,738.G06^2 - 90,1497.(ht^2.G06) + 37,6161.(G06^2.ht) + 2,35073.Ne - 0,701262.N + 842,123.lndc$	0,9638	19,5
2	$\ln BC = 0,740428.lnNt06 + 0,00362797.(ht^2.G06) - 0,00167453.(G06^2.dc) + 0,725463.ln(d06.ht)$	0,9363	25,3
3	$\ln BC = 6,61772 + 0,685083.lnG06 + 0,207189.lnNt06 - 0,00022484.N + 0,00124027.invg06 - 5,41963.invht$	0,9495	22,7
4	$BC = 684,03936108.G06$	0,8766	35,2
5	$\ln BC = 6,79977 + 0,784738.lnG06$	0,8285	41,8

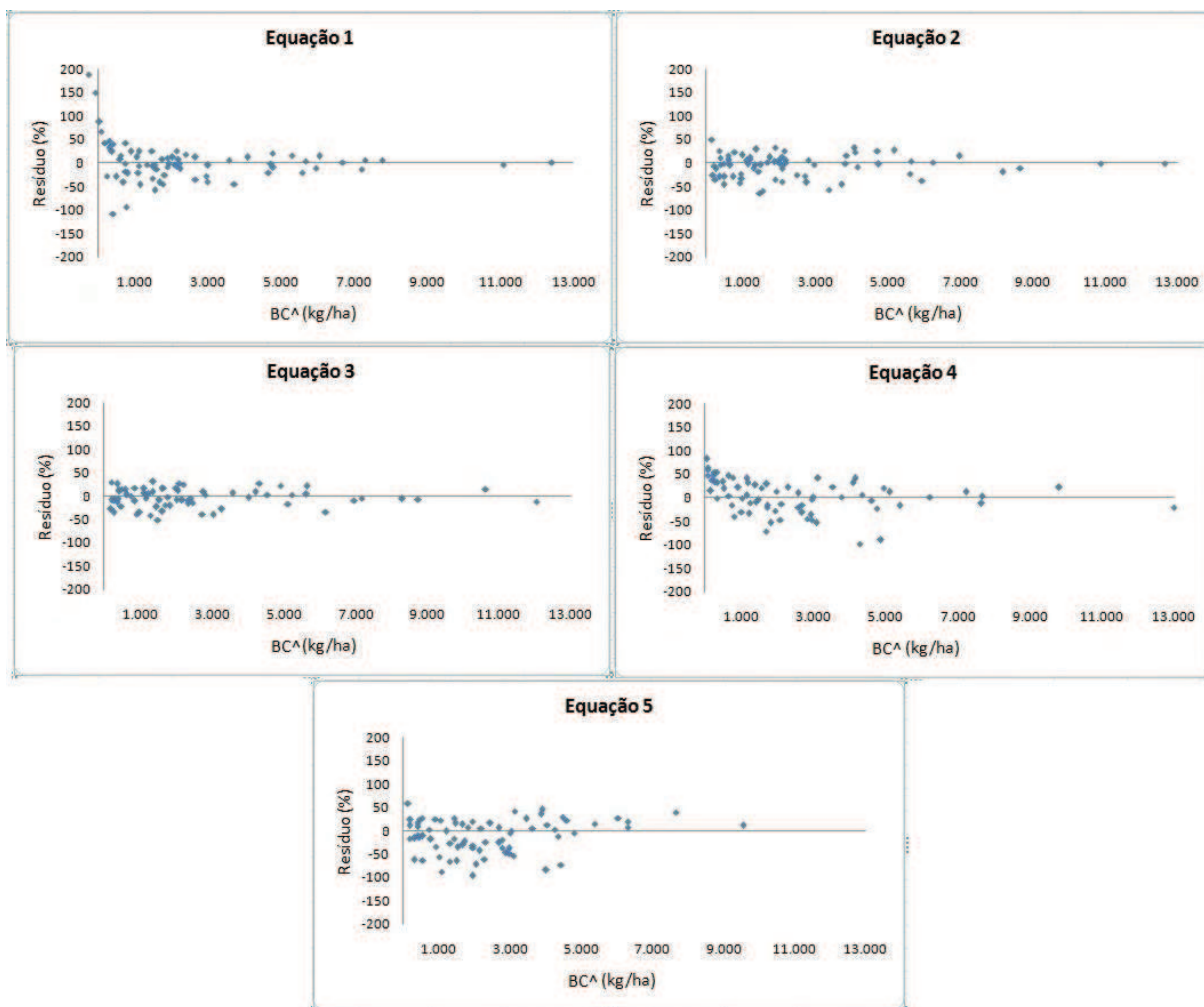


Figura 13. Distribuição gráfica dos resíduos (%) das equações ajustadas para estimativas de BC de erva-mate por hectare, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

As Equações 1, 2 e 3 apresentaram medidas de precisão próximas, mas com superioridade nos resultados para a Equação 1 com o maior R^2 aj. (0,9638) e o menor Syx (19,5%), seguida da Equação 3 e depois da 2, com R^2 aj. de 0,9495 e 0,9363 e Syx de 22,7% e 25,3%, respectivamente.

As Equações 4 e 5 também apresentaram medidas de precisão próximas, mas com menor R^2 aj. (0,8766 e 0,8285) e maior erro (35,2% e 41,8%), respectivamente. Essas duas equações têm a vantagem de necessitar da mensuração de apenas uma variável independente a campo, G06, mas além de apresentar erro maior que as outras e menor R^2 aj., sua distribuição gráfica dos resíduos também não é favorável. A Equação 4 mostra tendenciosidade ao longo de praticamente toda variação da BC estimada, alternando entre sub e superestimativas até

estabilizar a dispersão apenas para as poucas observações com BC^{\wedge} maior que $5.000.ha^{-1}$. A Equação 5 difere da anterior ao logaritmizar a variável dependente e independente e manter a constante b_0 no modelo, que no caso da Equação 4 não apresentou significância estatística, por isso foi removida. Sua distribuição gráfica dos resíduos também mostra tendência de superestimativas para BC^{\wedge} menor que aproximadamente $3.000.ha^{-1}$, e subestimativas para BC^{\wedge} maior que esse valor.

O gráfico de dispersão dos resíduos da Equação 1 mostra grande variação do erro ao longo da BC^{\wedge} , diminuindo a medida que esta aumenta, o que reflete heterogeneidade da variância e pode afetar consideravelmente as estimativas (SCHNEIDER, 1978), não sendo recomendável o uso da equação por apresentar este comportamento. Os gráficos das Equações 2 e 3 apresentam maior homogeneidade na distribuição dos resíduos, com ligeira vantagem para a Equação 3, que mostra uma menor amplitude dos erros.

Assim, baseado nos três critérios avaliados, pode-se considerar satisfatório o ajuste das Equações 2 e 3, sendo a Equação 3 como de melhor ajuste para as estimativas de $BC.ha^{-1}$ para o conjunto de dados testados, embora esta requeira a mensuração a campo de três variáveis: a circunferência ou diâmetro a 0,6 metros (da qual derivam a $G06$ e o $Nt06$) e a altura total da erva-mate (ht), além da densidade de árvores com $DAP \geq 10$ cm (N) que compõem o sistema produtivo. O uso deste tipo de ferramenta pode possibilitar uma melhor avaliação econômica das áreas florestais manejadas para produção de erva-mate, sem que seja realizada sua colheita, subsidiando a tomada de decisões na gestão da propriedade.

5.4 Variáveis do solo e da vegetação

A análise de agrupamento (AA) realizada a partir das variáveis da vegetação originou o dendrograma apresentado na Figura 14, que mostra a formação de três grupos de subunidades, considerando a linha “fenon” traçada pouco acima da metade da distância máxima. O chamado Grupo 1 reuniu 7 subunidades, o Grupo 2 reuniu 11 e o Grupo 3 outras 12 subunidades, distribuídos da esquerda para a direita no dendrograma. Na Tabela 9, é apresentada a média de cada variável da vegetação e do solo para os três grupos formados,

com o resultado do teste de Tukey de comparação de médias a 95% de probabilidade de confiança.

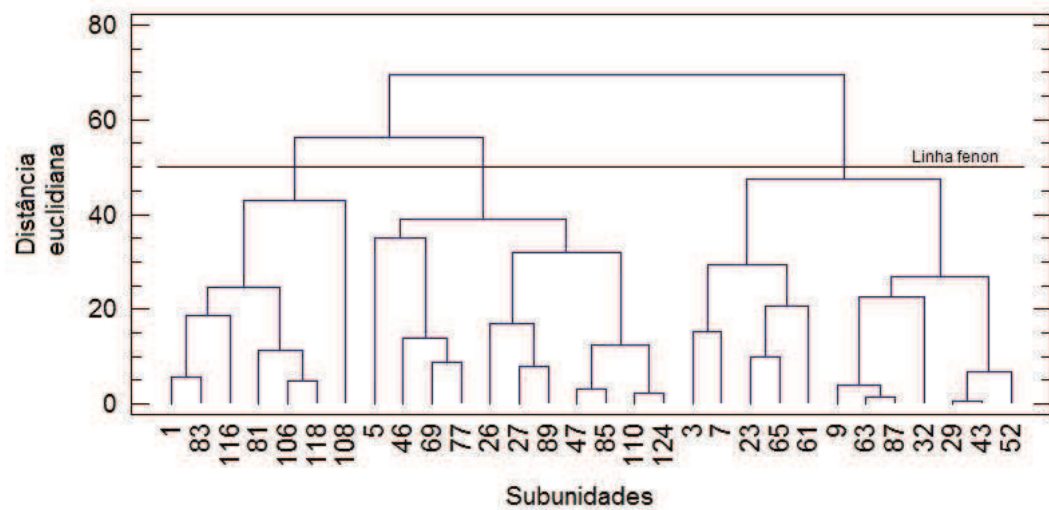


Figura 14. Dendrograma obtido da análise de agrupamento com as variáveis da vegetação, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Tabela 9. Comparação entre as médias das variáveis da vegetação e do solo para os três grupos formados na análise de agrupamento, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Variável	Grupo 1 (N = 7)		Grupo 2 (N = 11)		Grupo 3 (N = 12)	
BC (Kg/ha)	5.508 (3.823 - 7.114)	a	1.689 (492 - 2.852)	b	669 (103 - 1.384)	c
Ne (n/ha)	1.857 (1.100 - 3.600)	a	373 (100 - 900)	b	342 (100 - 700)	b
Nt06 (n/ha)	3.886 (2.000 - 9.400)	a	636 (100 - 1.800)	b	675 (100 - 1.300)	b
G06 (m ² /ha)	7,3 (5,5 - 11,2)	a	2,8 (0,8 - 6,3)	b	0,8 (0,1 - 2,4)	c
BC/erva (Kg)	3,3 (1,3 - 4,2)	a	5,6 (2,4 - 11,9)	a	1,9 (1,0 - 3,7)	b
ht (m)	4,1 (3,1 - 4,6)	a	4,4 (3,7 - 5,4)	a	3,3 (2,4 - 4,2)	b
cc (m)	3,4 (2,4 - 3,9)	ab	3,5 (2,7 - 4,6)	a	2,8 (1,9 - 3,6)	b
dc (m)	1,6 (1,3 - 1,9)	a	1,8 (1,4 - 2,1)	a	1,3 (1,0 - 1,7)	b
d06 (cm)	5,3 (3,3 - 6,7)	b	8,2 (5,4 - 11,1)	a	3,6 (2,4 - 6,0)	c
g06m (m ²)	0,0043 (0,0022 - 0,0059)	b	0,0083 (0,0051 - 0,0135)	a	0,0022 (0,0009 - 0,0040)	c
DAP (cm)	23,6 (20,9 - 27,9)	a	22,0 (16,5 - 33,3)	a	17,4 (0 - 31,4)	a
G (m ² /ha)	21,4 (8,0 - 39,4)	a	18,9 (5,0 - 24,9)	a	14,7 (0 - 32,1)	a
N (n/ha)	400 (200 - 600)	a	509 (100 - 1.000)	a	450 (0 - 1.200)	a
SB (cmolc/dm ³)	2,8 (2,3 - 3,3)	a	2,8 (2,1 - 4,7)	a	2,8 (1,6 - 3,9)	a
V%	18,7 (14,6 - 24,1)	a	17,7 (13,0 - 29,5)	a	18,7 (10,8 - 27,0)	a
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	6,2 (4,3 - 6,8)	a	6,7 (5,7 - 7,7)	a	6,5 (4,9 - 7,8)	a
K ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,14 (0,11 - 0,19)	a	0,12 (0,07 - 0,22)	a	0,12 (0,07 - 0,29)	a
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,4 (1,0 - 1,8)	a	1,5 (0,9 - 2,5)	a	1,4 (0,8 - 2,0)	a

Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,3 (0,6 - 2,0)	a	1,2 (0,6 - 2,0)	a	1,2 (0,5 - 2,3)	a
MO (g/dm ³)	44,8 (31,5 - 56,3)	a	45,0 (34,8 - 63,7)	a	41,0 (31,5 - 51,6)	a
P (mg/dm ³)	2,7 (1,7 - 4,8)	a	3,9 (1,9 - 6,6)	a	4,6 (2,0 - 8,3)	a
ph (CaCl ₂)	3,9 (3,7 - 4,1)	a	3,9 (3,8 - 4,1)	a	4,0 (3,8 - 4,1)	a
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	3,4 (1,6 - 4,2)	a	3,9 (2,6 - 5,6)	a	3,7 (2,6 - 4,7)	a
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	12,7 (10,4 - 17,1)	a	13,1 (10,8 - 15,9)	a	11,9 (9,8 - 13,5)	a
m%	53,5 (38,4 - 61,9)	a	58,0 (35,7 - 72,7)	a	57,4 (44,9 - 74,4)	a
Areia (g/100 g)	33,5 (18,9 - 51,5)	b	40,2 (20,9 - 47,9)	ab	47,3 (24,3 - 61,2)	a
Silte (g/100 g)	19,7 (12,5 - 27,1)	a	17,0 (12,3 - 29,1)	ab	13,8 (9,2 - 21,7)	b
Argila (g/100 g)	46,9 (31,2 - 54,0)	a	42,9 (35,6 - 52,0)	ab	38,9 (29,4 - 54,0)	b
RP (Mpa)	1,287 (0,895 - 1,736)	a	1,044 (0,550 - 1,400)	ab	1,021 (0,740 - 1,221)	b

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade de confiança. Entre parênteses está a amplitude da variável.

Dentre as variáveis da vegetação, apenas as relativas ao componente arbóreo (DAP, G, N) não apresentaram médias com diferença estatisticamente significativa entre grupos. Os maiores valores médios de DAP e G ficaram com o Grupo 1 e os menores com o Grupo 3, a maior densidade média ocorreu no Grupo 2 e a menor no Grupo 1. Diferente das variáveis avaliadas da população de erva-mate, que apresentaram ao menos dois dos três grupos com média diferindo estatisticamente entre si, demonstrando a utilidade da AA na separação dos grupos para análise do sistema produtivo da espécie.

O Grupo 1 se destacou por reunir as sete subunidades com a maior produtividade de erva-mate por unidade de área (BC), com média mais de três vezes maior que o Grupo 2 e mais de oito vezes maior que o Grupo 3, as três médias estatisticamente diferentes entre si. Esse grupo também apresentou a maior densidade média de erva-mate (Ne), com

aproximadamente cinco vezes mais indivíduos que os grupos 2 e 3, que não diferiram estatisticamente entre si, mas ambas diferiram do Grupo 1; que também apresentou o maior valor da G06, mais de duas vezes maior que o Grupo 2 e mais de nove vezes maior que o Grupo 3, para essa variável os três grupos também diferiram entre si.

O Grupo 2 se caracterizou por apresentar os maiores valores médios das variáveis individuais da erva-mate, relativas ao tronco (d06 e g06m), a copa (ht, cc, dc) e a produtividade (BC/erva). Para as quatro últimas, a média do grupo foi estatisticamente diferente do Grupo 3, mas não do Grupo 1 e para as duas primeiras variáveis, os três grupos diferiram entre si.

Já o Grupo 3 reuniu as 12 subunidades com os menores valores médios para os indivíduos de erva-mate e por unidade de área, com exceção da variável Nt06, com valor ligeiramente superior ao do Grupo 2, mas que estatisticamente não diferiu deste. Essa variável dá uma idéia da estrutura de copa da erva-mate, pois sua divisão pela densidade (Ne) resulta na média de troncos por indivíduo a 0,6 metros do nível do solo, que apresentou valores médios próximos para os três grupos, entre 1,7 e 2,1.

Quanto às variáveis do solo, apenas as referentes às características granulométricas (areia, argila e silte) e de compactação (RP) apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre grupos pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade de confiança.

O Grupo 1 apresentou o menor valor médio para a concentração de areia e o maior para a concentração de argila e silte, sendo as três médias estatisticamente diferentes das médias do Grupo 3, com a maior concentração média de areia e a menor de argila e silte. Ambos com valores médios que não diferiram estatisticamente dos valores médios do Grupo 2, que apresentou valores intermediários para a granulometria.

A RP apresentou comportamento inverso do esperado, com o maior valor médio para o grupo com a maior produtividade média por unidade de área e estatisticamente diferente do menor valor de RP, encontrado no grupo com menor produtividade. Uma maior compactação do solo expressa em uma maior resistência a penetração é geralmente associada a uma restrição ao crescimento radicular e menor produtividade (PRIMAVESI, 2002; DEDECEK e GAVA, 2005).

Entretanto, os valores médios encontrados no presente estudo indicam resistência à penetração intermediária baixa a moderada (USDA, 1993). Ou seja, a compactação do solo expressa pela resistência a penetração encontrada (0,550 a 1,736 MPa) parece não ser restrição ao crescimento radicular a ponto de comprometer a produtividade de erva-mate na área de estudo.

Rodrigues (2012) encontrou valores inferiores de RP (0,176 a 1,172 MPa), atribuídos ao isolamento da área, sem intervenções antrópicas significativas ou pisoteio por animais domésticos. Já Albuquerque (2009) observou valores mais próximos (0,1 a 2,0 MPa) em Sistema Faxinal, que possui como característica comum com o presente trabalho a presença de gado, que tende a compactar o solo com o pisoteio.

Para as demais variáveis do solo analisadas, provenientes das análises químicas, não houve diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade de confiança entre as médias dos três grupos formados na AA.

De acordo com o sistema de classificação proposto por Oleynik et al. (1995), os valores médios da SB foram considerados como de nível médio; os valores da V%, nível muito baixo; e das variáveis Ca^{2+} , K^{+} e Mg^{2+} , nível baixo, médio e alto, respectivamente. Para essas cinco variáveis, os valores médios dos grupos foram muito próximos, com ao menos duas médias com mesmo valor, demonstrando a homogeneidade dos grupos quanto a essas variáveis.

As variações nos valores da CTC efetiva também não contribuíram para explicar as diferenças na estrutura da vegetação evidenciadas pela AA. O maior valor médio ocorreu no Grupo 2, seguido do Grupo 3 e o menor no Grupo 1. Assim como a concentração média de P, que apresentou tendência inversa da produtividade média das subunidades, o Grupo 3 ficou com a maior média, seguido do Grupo 2, e com a menor média o Grupo 1, esta última considerada de nível muito baixo, enquanto as outras duas de nível baixo (OLEYNIK et al., 1995).

Os níveis de matéria orgânica encontrados (médias entre 41,0 e 45,0 g/dm³) foram considerados altos (OLEYNIK et al., 1995), provavelmente em decorrência da deposição constante de serapilheira proveniente da vegetação nativa. Esses valores foram intermediários

a outros observados também em área de Floresta Ombrófila Mista, Santos (2009) apresentou valor médio de 21,25 e Rodrigues (2012), valores médios entre 51,80 e 59,60 g/dm³.

Os valores de Al³⁺ foram considerados altos, variando de 1,6 a 5,6 cmol_c/dm³, sendo que valores superiores a 1,0 cmol_c/dm³, já seriam assim considerados. Isso refletiu nos valores da m%, classificados como muito altos. Além da acidez ativa, expressa em termos de ph, também considerada muito alta (OLEYNIK et al., 1995).

Conforme Merten (1994), valores baixos de ph, SB e V% e altos valores de alumínio trocável e m% são característicos dos solos das regiões Centro-Sul e Sudeste do Paraná. Essa constatação também é registrada por Rodrigues (2012) no município de Guarapuava e Santos (2009) em Bituruna, concordando com os resultados deste trabalho, onde predominaram solos de baixa fertilidade e elevada acidez, além da textura predominantemente argilosa.

Carvalho (2003) e Medrado e Sturion (2010) também corroboram com esses resultados ao descrever os solos em que a erva-mate ocorre como de baixa fertilidade, com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e ph baixo.

Para a ACP, foram usadas todas as variáveis do solo apresentadas na Tabela 9, exceto Ca²⁺ e Mg²⁺, que foram usadas para o cálculo da SB e apresentaram comportamento similar a esta em ACP prévia, com setas no diagrama praticamente sobrepostas; da mesma forma, a variável m% foi excluída, permanecendo a variável Al³⁺. Assim, das 13 variáveis utilizadas, a ACP extraiu quatro componentes principais, com autovalor $\geq 1,0$, que explicaram juntos 87,5% da variância, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10. Autovalores e variância da ACP das variáveis do solo e correlação destas com cada componente extraído, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

Variáveis	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
SB	-0,17	0,40	0,26	0,38
V%	-0,30	0,35	0,04	0,35
CTC	0,01	-0,15	0,57	0,44
MO	0,24	0,30	0,22	-0,33
P	-0,23	0,09	0,39	-0,53
K	0,02	0,40	0,31	-0,24
ph	-0,34	0,25	-0,16	0,04
H Al	0,36	-0,06	0,32	-0,08
Al	0,13	-0,43	0,34	0,13
Areia	-0,39	-0,24	0,05	-0,14
Argila	0,38	0,17	-0,05	0,21
Silte	0,33	0,30	-0,04	0,02
RP	0,33	0,08	-0,23	0,04
Autovalor	4,95	3,24	2,15	1,05
Variância (%)	38,1	24,9	16,5	8,1
Variância acum. (%)	38,1	63,0	79,5	87,5

O primeiro componente teve maior correlação positiva com argila, $H^+ + Al^{3+}$, silte e RP, e maior correlação negativa com areia e ph, respondendo por 38,1% da variância. O segundo teve maior correlação positiva com a SB e o K^+ e negativa com o Al^{3+} , respondendo por 24,9% da variância. Esses dois componentes acumularam 63% da variância total e ordenaram as subunidades conforme apresentado na Figura 15.

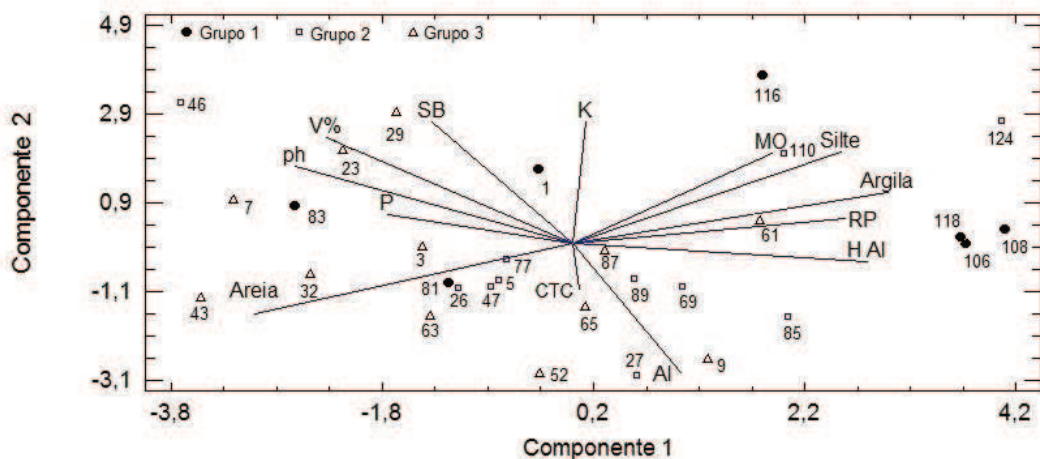


Figura 15. Análise gráfica dos Componentes Principais para as subunidades em função das variáveis do solo, em Floresta com Araucária, Inácio Martins, Paraná.

No extremo positivo da variação do primeiro componente, ficaram subunidades de textura exclusivamente argilosa (mais que 35% de argila) e no extremo negativo, as de textura média (subunidades 7, 32, 43 e 83 com menos de 35% de argila) e argilosa (demais subunidades), conforme EMBRAPA (1999).

O terceiro componente apresentou maior correlação positiva com a CTC e o P e o quarto componente também apresentou maior correlação positiva com a CTC e negativa com o P, os dois foram responsáveis por 16,5 e 8,1% da variância, respectivamente.

Para os quatro componentes principais, as correlações com as variáveis foram baixas em geral, abaixo de 0,5 (valor modular), com exceção da correlação entre o terceiro componente e a CTC (0,57) e entre o quarto componente e o P (- 0,53). Para o primeiro componente, nenhuma variável se sobressaiu frente às demais quanto a sua correlação, com valores entre 0,33 e 0,39 (valor modular) para as seis variáveis mais fortemente correlacionadas. Diferente do resultado deste trabalho, Rodrigues (2012) concluiu que a ACP destacou duas variáveis ambientais como de maior importância, ph e Ca, com base no alto valor da correlação entre o primeiro componente e essas variáveis (- 0,94).

As subunidades do Grupo 1, com maior produtividade e densidade média de erva-mate, apresentaram em média maior concentração de argila (46,9 g/100 g). Mesmo assim, esse grupo também reuniu as subunidades 81 e 83, com concentração de argila de 37,8 e 31,2

g/100 g, respectivamente, mais baixas que a média do Grupo 3 (38,9 g/100 g) e concentração de areia (49,7 e 51,5 g/100 g, respectivamente) maior que média do Grupo 3 (47,3 g/100 g). Isso ficou visível no diagrama, onde se observa que as sete subunidades do grupo se distribuíram ao longo de todo o eixo de variação do primeiro componente.

Os Grupos 2 e 3 também tiveram suas subunidades dispersas ao longo de todo o diagrama, mas com certa tendência de agrupamento do Grupo 2 na porção inferior, correlacionando-se com o Al^{3+} , principalmente. De modo geral, não se observa no diagrama uma separação nítida dos três grupos formados na AA, demonstrando certa homogeneidade entre eles quanto às variáveis utilizadas na ACP, indicada pela ausência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias da maioria das variáveis do solo avaliadas pelo teste de Tukey.

Pode-se destacar também a posição isolada da subunidade 46, representando a forte correlação desta com as setas da SB, V% e ph, apresentando os maiores valores registrados para essas variáveis, 4,68 $cmol/dm^3$, 29,5% e 4,1, respectivamente. Da mesma forma, a subunidade 43 posicionada no diagrama devido a sua maior concentração de areia (61,2 g/100g); a subunidade 124, com a maior concentração de silte (29,1 g/100g) e a subunidade 27, com a maior concentração de Al^{3+} (5,6 $cmol/dm^3$).

A ACP, através dos componentes principais extraídos, não ordenou as subunidades da mesma forma que a AA, pois as variáveis usadas nos dois exercícios não foram as mesmas (solos na ACP e vegetação na AA). Mas esse fato demonstra que as variações na estrutura da vegetação, observadas através das variáveis analisadas (principalmente no sistema produtivo da erva-mate) não foram um reflexo claro e direto das variações nas características do solo, principalmente aquelas relacionadas a aspectos químicos (SB, V%, CTC, MO, P, Al^{3+}); apenas apresentaram certa tendência de variação em relação aos aspectos físicos: maior densidade e produtividade média de erva-mate em áreas de textura em média mais argilosa.

Segundo Alvarenga e Davide (1999), o ângulo entre as setas reflete a correlação entre as variáveis que elas representam. Isso pode ajudar a explicar a maior RP média registrada no Grupo 1, que apresentou a maior concentração média de argila, visto que no diagrama a seta dessas duas variáveis demonstram relação positiva entre elas. Essas duas variáveis apresentaram forte correlação negativa com a areia, como mostra o sentido oposto de suas

setas. Dedecek e Gava (2005), além de Moraes et al. (1995 apud CARBONERA, 2007), também registraram que solos argilosos podem ser mais facilmente compactados, quando comparados com solos arenosos, como observado neste trabalho.

As variáveis V% e ph também demonstraram forte correlação positiva entre si, evidenciada pela disposição de suas setas no diagrama, e as duas demonstraram correlação negativa com o Al^{3+} , representada pelo sentido oposto de sua seta. Essa correlação negativa expressa a relação química existente entre essas variáveis, pois quanto menor o ph, maior a solubilização do Al^{3+} no solo e menor a V% (PRIMAVESI, 2002).

Além disso, o diagrama também mostra uma ordenação das subunidades de acordo com a sua parcela de origem. As provenientes da parcela 2 (106, 108, 110, 116, 118 e 124) ficaram reunidas no extremo positivo do primeiro e do segundo componente principal, com os maiores valores médios de RP e argila, explicando o porque da sua proximidade com a extremidade das setas que representam essas variáveis.

As subunidades provenientes da parcela 1 se distribuíram ao longo de praticamente toda a variação dos dois componentes principais. As de número 61 e 85 ficaram mais próximas do agrupamento das subunidades da parcela 2, devido aos seus valores de argila e RP (dentre as maiores encontradas para a parcela 1). Conforme já exposto, algumas subunidades ficaram nos extremos do diagrama devido a sua forte correlação positiva com alguma variável (por exemplo, a 43 com a variável areia), as demais demonstraram maior homogeneidade quanto às variáveis mais fortemente correlacionadas com os dois primeiros componentes principais extraídos da ACP, principalmente as mais próximas ao centro do diagrama.

Dessa forma, a ACP mostrou que areia e argila são as variáveis de maior importância na formação do primeiro componente de variação do solo, ordenando de forma eficiente as subunidades de acordo com sua parcela de origem. Mesmo assim, essas duas variáveis não conseguiram explicar isoladamente a variação da vegetação apresentada na AA, principalmente quanto à produção de erva-mate.

6. CONCLUSÃO

As práticas de manejo foram caracterizadas pelo favorecimento da erva-mate e outras espécies de interesse, como a *Araucaria angustifolia*, através de roçada, abertura do dossel e condução da regeneração, além da criação de animais para subsistência.

Foram identificadas 22 espécies na área de estudo, com predominância da família Myrtaceae (cinco espécies) e Aquifoliaceae (quatro espécies), características da Floresta Ombrófila Mista. A espécie de maior valor de importância e de cobertura foi a *A. angustifolia*, com mais de 50% da área basal e dos indivíduos registrados e presença em mais de 85 % das subunidades.

Os índices de Shannon, Simpson e Pielou apresentaram resultados coerentes, ao indicar a baixa diversidade florística da vegetação arbórea, com expressiva dominância da espécie *A. angustifolia* e a baixa equidade na distribuição de indivíduos entre as espécies.

A distribuição diamétrica mostrou maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro, que indica presença de regeneração natural de forma contínua, demonstrando o potencial do sistema produtivo na conservação de formações florestais e da biodiversidade.

As estimativas de biomassa comercial de erva-mate através de uma única variável de fácil obtenção apresentaram erros em torno de 40 %, além de tendenciosidade expressa na dispersão gráfica dos resíduos, tanto para estimativas individuais como por hectare, não sendo consideradas satisfatórias.

O procedimento Stepwise ajustou as melhores equações, com valores para o coeficiente de determinação acima de 0,8 para estimativas individuais e acima de 0,9 para estimativas por hectare e erros entre 20 e 30 % para ambas as situações, mas com a desvantagem de selecionar variáveis que demandam mais trabalho para sua obtenção e diminuem a praticidade de seu uso, principalmente para estimativas individuais.

Os solos da área de estudo apresentaram condições de elevada acidez, alta saturação por alumínio e baixa saturação por bases, indicando baixa fertilidade natural; além de textura

predominantemente argilosa e resistência a penetração considerada intermediária, indicando baixa compactação, não representando restrições importantes ao desenvolvimento radicular.

A análise de agrupamento foi eficiente na estratificação das subunidades com base nas características da vegetação, possibilitando melhor visualização da variabilidade da estrutura do sistema produtivo da erva-mate.

O grupo proveniente da AA que reuniu as subunidades de maior produtividade de erva-mate (kg/ha) apresentou maior RP e concentração média de argila e silte maior e estatisticamente diferente do grupo com menor média de produtividade a 95% de probabilidade de confiança.

A ACP indicou a areia e a argila como as variáveis de maior influência na formação do principal componente da variação do solo, mas não ordenou graficamente as subunidades da mesma forma que a AA, indicando que os principais componentes extraídos não foram definitivos para a estrutura da vegetação na área estudada. A ACP também indicou forte correlação positiva entre a concentração de argila e a resistência a penetração e negativa entre essas duas variáveis e a areia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. M. de. **Florística, estrutura e aspectos físicos de Floresta Ombrófila Mista em sistema Faxinal no município de Rebouças, Paraná**. Irati: UNICENTRO, 2009, 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Irati, 2009.
- ALBUQUERQUE, J. M. de.; WATZLAWICK, L. F.; MESQUITA, N. S. Efeitos do uso em sistema faxinal na florística e estrutura em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 323-334, abr./jun. 2011.
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p. 933-942, 1999.
- ANDRADE, F. M. de. Exploração, manejo e potencial sócio-econômico da erva-mate. In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Org.). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 2002, p. 19-34.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 2009, 161, p. 105-121.
- ARTAZA, A. N. La economía yerbatera argentina. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A.; TARASCONI, L. C. **Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade, UFRGS, 1995, p. 23-26.
- AUGUSTYNCZIK, A. L. D. **Avaliação do tamanho de parcelas e intensidades de amostragem para a estimativa de estoque e estrutura horizontal em um fragmento de floresta ombrófila mista**. Curitiba: UFPR, 2011, 165 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- AZZOLINI, M.; MACCARI JUNIOR, A. A erva-mate e seu uso medicinal. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate** (Série PADCT nº 1). Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná – MCT/CNPq/Projeto PADCT Erva-mate, 2000, p. 92-104.
- BAGGIO, A. J.; VILCAHUAMAN, L. J. M.; CORREA, G. **Arborização na cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008, 32 p. (Embrapa Florestas, Documentos, 161).
- BELTRÃO, L.; TARASCONI, L. C.; GUARANHA, J. M. R.; PETRY, G. Análise técnica e econômica de manejo de poda em erva-mate. In.: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 2º, REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3ª. 2000, Encantado. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, FEPAGRO, 2000 p. 17-19.

BERGER, G. **Biomassa e nutrientes em plantio de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), no município de Nova Prata, RS.** Santa Maria: UFSM, 2006, 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BOGUSZEWSKI, J. H. **Uma história cultural da erva-mate: o alimento e suas representações.** Curitiba: UFPR, 2007, 123 p. Dissertação (Mestrado em História), Curso de Pós-Graduação em História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BORGES, L. R. **Eficiência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycota) para o controle de *Hedypathes betulinus* Klug. (Coleoptera: Cerambycidae) em erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae).** Curitiba: UFPR, 2007, 102 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BORGES, L. R.; LÁZZARI, S. M. N.; LÁZZARI, F. A. Comparação dos sistemas de cultivo nativo e adensado de erva-mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., quanto à ocorrência e flutuação populacional de insetos. **Revista Brasileira de Entomologia.** v. 47, n. 4, p. 563-568, 2003.

BORGO, M. **A Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional.** Curitiba: UFPR, 2010, 165 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 425**, de 25 de maio de 2010. Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades e empreendimentos agropecuários sustentáveis do agricultor familiar, e dos povos... Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=630>>, acesso em: 25 jul. 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa... Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>, acesso em: 25 jul. 2013.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V. ; CORREA, R. S. Inventário de biomassa e nutrientes em florestas secundárias de Santa Tereza. In: SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional.** 1ª ed. Santa Maria: Os Organizadores, 2011, v. 1, p. 215-238.

BURGARDT, A. C. Desenvolvimento de bebidas com extrato de erva-mate cancheada. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate** (Série PADCT nº 1). Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da erva-mate do Paraná – MCT/CNPq/Projeto PADCT Erva-mate, 2000, p. 69-76.

CAMPOS, M. A. A. **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*, avaliação na safra e safrinha.** Curitiba: UFPR, 1991, 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1991.

CANALEZ, G. G.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da estrutura da comunidade de Lauráceas no período 1995 – 2004 em uma Floresta de Araucária no Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 357-367, 2006.

CARBONERA, L. **Comparação entre diferentes penetrômetros para diagnósticos de compactação de solo**. Piracicaba: ESALQ, 2007, 19 p. Projeto de Iniciação Científica – PIBIQ (2005/2006), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Departamento de Engenharia Rural.

CARMO, M. R. B. do; ASSIS, M. A. Caracterização florística e estrutural das florestas naturalmente fragmentadas do Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 133-145, 2012.

CARPANEZZI, A. A. Cultura da erva-mate no Brasil: conflitos e lacunas. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A.; TARASCONI, L. C. **Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade, UFRGS, 1995, p. 43-46.

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

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>, acesso em: 20 jul. 2011.

CORDEIRO, J. **Compartimento pedológico-ambiental e sua influência sobre a florística e estrutura de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na região Centro-Sul do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2010, 197 p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

COUTO, H. T. Z. **Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas: Relatório Final de Projeto temático**. Piracicaba: ESALQ/FAPESP – Programa Biota, 2005, 112p.

DANIEL; O. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados: Ed. UFGD, UEMS, 2009, 288 p.

DE PAULA, M. L.; CHOCIAI, J. G. Uso e aplicação industrial da erva-mate em cosméticos. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate** (Série PADCT nº 1). Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná – MCT/CNPq/Projeto PADCT Erva-mate, 2000, p. 77-91.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p. 383-390, 2005.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In.: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012, p. 294-325.

EBLING, A. **Dinâmica e projeção diamétrica em remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS**. Irati: Unicentro, 2012, 126 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 75 p. (Documentos, 96). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>>, acesso em: 10 jul. 2011.

EMBRAPA. **Sistemas de produção: cultivo da erva-mate**, 2ª ed. Embrapa Florestas: versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>, acesso em 02 fev. 2013.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S.; MACHADO, E. L. M. Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.) **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**, v. 1. Viçosa, Ed. UFV, 2011, p. 122-155.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2003, 68 p. (Comunicações técnicas florestais, v. 5, n. 1).

FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996, 394 p.

FERREIRA JUNIOR, W. G.; SCHAEFER, C. R. G. R.; SILVA, A. F. da. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009, p. 109-142.

FLEIG, F. D. **Morfometria e quantificação da biomassa comercial e residual da poda de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.-Hil.) em reflorestamentos**. Santa Maria: UFSM, 2002, 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência do espaçamento e idade da brotação na morfometria de povoamentos de *Ilex paraguariensis* St. Hill. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 73-88, 2003.

FOSSATI, L. C. **Avaliação do estado nutricional e da produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.-Hil.) em função do sítio e da dioicia**. Curitiba: UFPR, 1997, 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

FREITAS, W. K. de; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 520-540, out./dez. 2012.

GARCIA, E. A. **Caracterização química e física do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de eucalipto em função do espaçamento e da adubação, visando à colheita precoce para a utilização em bioenergia**. Botucatu: UNESP, 2010, 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.) **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**, v. 1. Viçosa, Ed. UFV, 2011, p. 23-43.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**, 3ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade, UFRGS, 2005, 653 p.

GOOGLE EARTH. Disponível em <<http://maps.google.com.br>>, acesso em 30 nov. 2012.

HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 485-500, jul.-set. 2009.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª ed. rev. e ampliada, 2012. 275 p. (Série, Manuais Técnicos em Geociência, nº 1). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>, acesso em: 05 mar. 2013.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, ano base 2009, v. 24, 2010a, 42. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>, acesso em: 23 nov. 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal**, ano base 2009, v. 36, 2010b, 90p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>, acesso em: 23 nov. 2010.

IPARDES. **Caderno estatístico**: município de Inácio Martins. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012, 30 p. Disponível em: www.ipardes.gov.br, acesso em: 10 set. 2012.

ISERNHAGEN, I.; SILVA, S. M.; GALVÃO, F. **A fitossociologia florestal no Paraná: listagem bibliográfica comentada**. Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/isernhagen,i.pdf>, acesso em: 08 agosto 2011.

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

KLEIN, R. M. Importância e fidelidade das Lauráceas na “Formação de Araucária” no Estado de Santa Catarina. Trabalho apresentado no XVII Congresso de Botânica de Brasília, de 23 a 31 de janeiro de 1966. Disponível em:

<www.periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/13257/12265>, acesso em: 06 ago. 2011.

KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Alto-montana: aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na Serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 27-39, 2002.

KURTZ, V. D. Ventajas comparativas del manejo integrado de cultivos de alta densidad. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A.; TARASCONI, L. C. **Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade, UFRGS, 1995, p. 197-205.

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

LEITE, M. S. P.; ZANOL, K. M.; IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C. Flutuação populacional de *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer y Treles) (Hemiptera, Psyllidae) e de seus inimigos naturais em erva-mate no município de São Mateus do Sul, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 5, n. 4, p. 520-523, 2007.

LEITE, P. F.. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 51-73, 2002.

LINHARES, T. **História econômica do mate**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1969, 522 p. (Coleção Documentos Brasileiros, 138)

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo**: conceitos e aplicações. Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA, 2004, 50 p. (Boletim técnico, nº 2). Disponível em: www.anda.org.br, acesso em: 20 jun. 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1, 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, 368p.

LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. J. S.; NEIVERTH, D. D. Efeito de níveis de potássio sobre a adubação de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) no município de Ivaí, PR. In.: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 2º, REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3ª. 2000, Encantado. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, FEPAGRO, 2000 p. 245 – 248.

MACCARI JUNIOR, A.; PINTO JUNIOR, A. R. Aplicações potenciais da erva-mate em produtos de higiene e no tratamento de resíduos. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate** (Série PADCT nº 1). Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná – MCT/CNPq/Projeto PADCT Erva-mate, 2000, p. 122-135.

MACCARI JUNIOR, A.; SANTOS, A. P. R. dos. O alimento erva-mate e a erva-mate em alimentos. In: MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate** (Série PADCT nº 1). Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná – MCT/CNPq/Projeto PADCT Erva-mate, 2000, p. 43-68.

- MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TEO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da região metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p. 17-29, jan./jun. 2008.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009, p. 21-52.
- MATTOS, A. G. **Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) nativa em exploração no planalto norte catarinense**. Florianópolis, 2011, 175 p. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- MATTOS, P. P. de; GARRASTAZU, M. C.; LACERDA, A. B. de; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. **Demonstração de diferentes protocolos para implantação de parcelas permanentes em Floresta Ombrófila Mista**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008, 6 p. (Comunicado Técnico, 208).
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil.** Curitiba, 2004, 94 p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, 2004.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Curitiba: Emater, 1989, 104 p.
- MEDEIROS, J. de D. Mata Atlântica em Santa Catarina: situação atual e perspectivas futuras. In: SCHAEFFER, W. B.; PROCHNOW, M. (Org.) **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília, DF: APREMAVI, 2002, p. 103-110.
- MEDRADO, M. J. S. Adensamento e conversão. In: EMBRAPA. **Sistemas de produção: cultivo da erva-mate**, 2ª ed. Embrapa Florestas: versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>, acesso em 02 fev. 2013.
- MEDRADO, M. J. S.; MOSELE, S. H. **O futuro da investigação científica em erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 64 p. (Documentos, 92).
- MEDRADO, M. J. S.; LOURENÇO, R. S.; RODIGHIERI, H. R.; DEDECEK, R. A.; PHILIPPOVSKY, J. P.; CORREA, G. **Implantação de ervais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000, 26 p., (Embrapa Florestas, Circular Técnica, 41)
- MEDRADO, M. J. S.; STURION, J. A. Condução e poda. In: EMBRAPA. **Sistemas de produção: cultivo da erva-mate**, 2ª ed. Embrapa Florestas: versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>, acesso em 02 fev. 2013.
- MEDRADO, M. J. S. **Trabalhador no cultivo de plantas industriais – erva-mate: adubação, tratamentos culturais e podas**. Curitiba: SENAR-PR, 2004, 33 p.

MEDRADO, M. J. S. **Uso de coberturas verdes de solo nas entre linhas de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002, 7 p. (Comunicado Técnico, 84).

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 559-574, out./dez. 2008.

MERTEN, G. H. (Org.). **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola na região Centro-Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994, 110 p.

MORENO, C. E. **Métodos para medir la biodiversidad**. Zaragoza, Espanha: M & T manuales y tesis SEA, v. 1, 2001, 83 p. Disponível em: < <http://tecrenat.fcien.edu.uy>>, em 18 jul. 2011.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.) **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**, v. 1. Viçosa, Ed. UFV, 2011, p. 174-212.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: Serviço Geológico Brasileiro – CPRM, 2007, 552 p.

OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ, U.; SILVA, J. C. C. **Análises de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. Curitiba: Emater, 1995, 66p. (Informação Técnica, nº 31)

PARANÁ. **Decreto nº 3.446**, de 14 de agosto de 1997. Dispõe sobre a criação das Áreas Especiais de Uso Regulamentado – ARESUR. Disponível em: <http://www.direito.caop.mp.pr.gov.br/arquivos/File/DECRETO_ESTADUAL_3446_1997.pdf>, acesso em: 02 de agosto de 2011.

PASINATO, R.. **Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 2003, 112 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENNER, D. A. **Inventário Florestal**. V. 1. Curitiba: Ed. pelos autores, 1997. 316p.

PINTO, J. R. R.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; HAY, J. D. V. Influence of soil and topography on the composition of a tree community in a central brazilian valley forest. **Edinburgh journal of botany**. V.62, p.69-90, 2005.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002, 549 p.

RATUCHNE, L. C. **Equações alométricas para estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista**. Guarapuava, Unicentro, 2010, 98 p. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2010.

REIS, M. S. dos; PERONI, N.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W.; FILIPPON, S.; VIEIRA-DA-SILVA, C.; MANTOVANI, A. Uso sustentável e domesticação de espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: MING, L.C.; AMOROZO, M.C.M.; KFFURI, C.W. **Agrobiodiversidade no Brasil: experiências e caminhos da pesquisa**. Recife: NUPEEA, 2010, p. 185-212.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. do; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, AF.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 65-76, ago./2006.

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**. Curitiba: UFPR, 2008, 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; MACHADO, S. do A. Comparação florística entre uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 101-115, jan./mar. 2009.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G.. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

RODIGHERI, H. R. **Florestas como alternativas de aumento de emprego e renda na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000, 13 p. (Embrapa Florestas, Circular Técnica, 42).

RODRIGUES, A. L. **Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR**. Irati: Unicentro, 2012, 119 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**. Viçosa, v.31, n.1, p. 25-35, 2007.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p. 75-85, jul./dez. 2007.

ROSOT, N. C. **Estimativa do peso de madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste**. Curitiba: UFPR, 1980, 79 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. (Ed.) **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, 2004, p. 70-86.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. (Org.). **Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária**. Curitiba: Multi-Graphic, 2006, 297 p.

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal no Paraná**. 2004, 6p. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>, acesso em: 12 nov. 2010.

SANQUETTA, C. R. (Ed.; Org.). **Experiências de monitoramento no Bioma Mata Atlântica com uso de parcelas permanentes**. Curitiba: Redemap, Funpar, Programa PELD – CNPq, Site 9, 2008, 338 p.

SANTIN, D. **Produtividade, teor de minerais, cafeína e teobromina em erva-mate adensada e adubada quimicamente**. Curitiba: UFPR, 2008, 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, C. B.; MORANDI, D.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, n. 56, p. 97-104, jan./jun. 2008.

SANTOS, J. C. P.; SAVIAN, G. C. P. S.; SAVIAN, M. Caracterização de sistemas agroflorestais de manejos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) nativa no município de Turvo, Paraná, Brasil. In.: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 5°. 2011, Posadas. **Anais...** Posadas: Instituto Nacional de La Yerba Mate, 2011, p. 131 – 135.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005, 100p.

SANTOS, S. C. L. dos. **Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto à fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes**. Curitiba: UFPR, 2009, 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SAWCZUK, A. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; WATZLAWICK, L. F.; STEPKA, T. F. Alterações na estrutura e na diversidade florística no período 2002-2008 de uma Floresta Ombrófila Mista Montana no Centro-Sul do Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2012.

SCHAEFER, C. R. G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; FERREIRA JUNIOR, W. G.; VALENTE, E. L.; CORRÊA, G. R. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florística. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Ed. UFV, 2009, p. 143-184.

SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. (Org.) **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002, 156 p.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.; RODERJAN, C. V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Alto-montana de serras do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 735-750, 2011.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo florestal**: planejamento da produção florestal. Santa Maria: UFSM, 2004, 493p.

SCHNEIDER, P. R. **Modelos de equações e tabelas para avaliar o peso de Acácia negra, *Acacia mearnsii* De Wild.** Curitiba, 1978, 149 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1978.

SCOLFORO, J. R. S. Opções para o manejo sustentado da floresta nativa. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**, Lavras: UFLA, FAEPE (Textos acadêmicos), 1998. p. 247-300.

SILVA FILHO, E. P. da; COTTAS, L. R.; MIRINI, G. B. S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho – Rondônia. **Boletim de Geografia**, Maringá, PR, v. 28, n. 1, p. 145-155, 2010.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 185-206, jan./mar. 2008.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa.** UFPR, 2008, 112 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

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

STEENBOCK, W. **Domesticação de bracatingais**: perspectivas de inclusão social e conservação ambiental. Florianópolis: UFSC, 2009, 262 p. Tese (Doutorado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SUERTEGARAY, C. E. de O. **Dinâmica da cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em Sistemas Agroflorestais e monocultivos.** Florianópolis: UFSC, 2002, 49 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 487-494, 2008.

TOLEDO, L. O.; ANJOS, L. H. C.; COUTO, W. H.; CORREIA, J. R.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F. Análise multivariada de atributos pedológicos e fitossociológicos aplicada na caracterização de ambientes de cerrado no norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 33, n. 5, p. 957-968, 2009.

USDA, **Soil survey manual**. Washington: Soil Survey Division Staff, 1993, 437 p. Disponível em: <http://soils.usda.gov/technical/manual/>, acesso em: 01 jun. 2013.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L. de; BONNET, A.; MUELLER, J. J. V.; REIS, M. S. dos. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**: resultados preliminares. 2011, 22 p.

VIEIRA, A. R. R.; SUERTEGARAY, C. E. de O.; HELDWEIN, A. B.; MARASCHIN, M.; SILVA, A. L. da. Influência do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 91-97, 2003.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; AIDAR, M. P. M.; ARAUJO, L. S.; BAKER, T. BATISTA, J. L. F.; CAMPOS, M. C. R.; CAMARGO, P. B.; CHAVE, J.; DELITTI, W. B.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; JOLY, C. A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L. A.; DE MATTOS, E. A.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F. A. M.; SHIMABUKURO, M. T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S. E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biotaneotropica**, v. 8, n. 2, abr./jun. 2008, p. 21-29.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria a prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005, 215 p.

VUADEN, E. **Sombreamento no desenvolvimento de brotos de *Ilex paraguariensis* St. Hil.** Santa Maria: UFSM, 2009, 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

WATZLAWICK, L. F.; ALBUQUERQUE, J. M de; REDIN, C. G.; LONGHI, R. V.; LONGHI, S. J. Estrutura, diversidade e distribuição espacial da vegetação arbórea na Floresta Ombrófila Mista em sistema faxinal, Rebouças, PR. **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 415-427, set./dez. 2011.

WATZLAWICK, L. F.; ALBUQUERQUE, J. M. de, SILVESTRE, R.; VALÉRIO, A. F. Projeto Sistema Faxinal: um sistema de parcelas permanentes. In: SANQUETTA, C. R. (Ed.; Org.). **Experiências de monitoramento no Bioma Mata Atlântica com uso de parcelas permanentes**. Curitiba: Redemap, Funpar, Programa PELD – CNPq, Site 9, 2008, p. 177-210.

8. ANEXOS

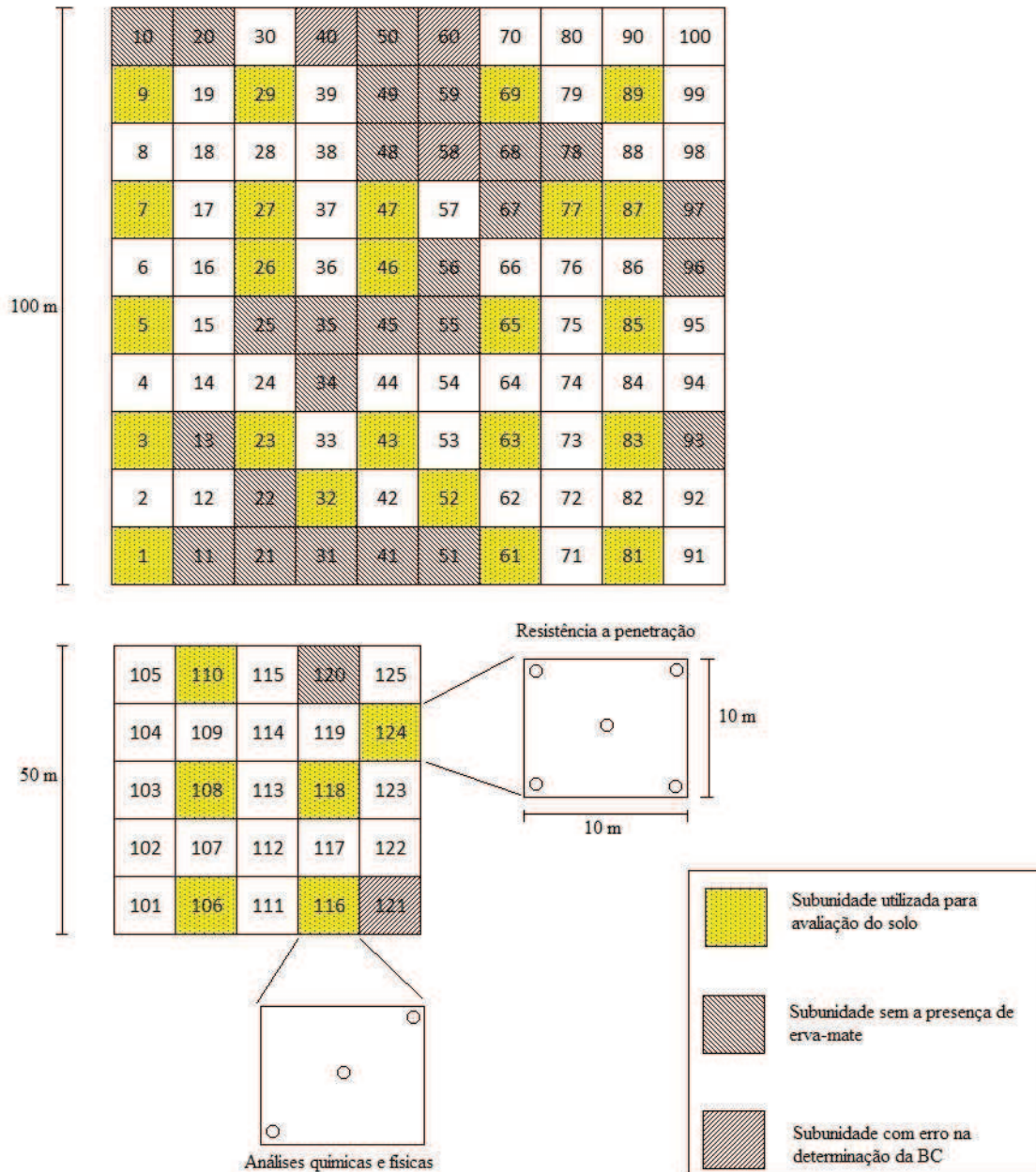
Anexo 1

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

- Nome do proprietário.
- Localização da propriedade.
- Histórico.
- Área total da propriedade e de produção de erva-mate.
- Colheita de erva-mate:
 - Periodicidade, época do ano, ferramentas usadas, mão-de-obra, rendimento.
- Manejo da erva-mate:
 - Plantio/adensamento, matrizes, adubação, podas de formação e renovação, abertura do dossel.
- Extração madeireira.
- Demais espécies de interesse.

Anexo 2

Desenho esquemático com a divisão das parcelas e as subunidades amostradas para análise de solos.



Anexo 3

Variáveis independentes e suas combinações para as estimativas de BC por indivíduo

A	B	C	D	E
d06	1/d06	d06.ht	ln d06	ln d06.ht
g06	1/g06	d06.dc	ln g06	ln d06.dc
nt06	1/ht	g06.ht	ln ht	ln g06.ht
ht	1/dc	g06.dc	ln dc	ln g06.dc
dc	d06 ²	ht.dc	ln cc	ln ht.dc
cc	g06 ²	d06 ² .ht	ln fc	ln d06 ² .ht
fc	ht ²	d06 ² .dc		ln d06 ² .dc
	dc ²	g06 ² .ht		ln g06 ² .ht
		g06 ² .dc		ln g06 ² .dc
		ht ² .d06		ln ht ² .d06
		ht ² .g06		ln ht ² .g06
		ht ² .dc		ln ht ² .dc
		dc ² .d06		ln dc ² .d06
		dc ² .g06		ln dc ² .g06
		dc ² .ht		ln dc ² .ht

A = variáveis originais; B = inversos e potências; C = produtos; D e E = logaritmizadas.

Anexo 4

Variáveis independentes e suas combinações para as estimativas de BC por hectare

A	B	C	D	E
d06	1/d06	d06.ht	ln d06	ln d06.ht
g06	1/g06	d06.dc	ln g06	ln d06.dc
G06	1/G06	G06.ht	ln G06	ln G06.ht
Nt06	1/ht	G06.dc	ln Nt06	ln G06.dc
Ne	1/dc	ht.dc	ln ht	ln ht.dc
ht	1/cc	d06 ² .ht	ln dc	ln d06 ² .ht
dc	d06 ²	d06 ² .dc	ln cc	ln d06 ² .dc
cc	g06 ²	G06 ² .ht		ln G06 ² .ht
DAP	G06 ²	G06 ² .dc		ln G06 ² .dc
G	ht ²	ht ² .d06		ln ht ² .d06
N	dc ²	ht ² .G06		ln ht ² .G06
	cc ²	ht ² .dc		ln ht ² .dc
		dc ² .d06		ln dc ² .d06
		dc ² .G06		ln dc ² .G06
		dc ² .ht		ln dc ² .ht

A = variáveis originais; B = inversos e potências; C = produtos; D e E = logaritmizadas.

Anexo 5

Quadros da Análise da Variância (ANOVA) das três equações ajustadas para as estimativas de biomassa comercial de erva-mate por indivíduo.

Equação 1

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	9.277,89	8	1.159,74	1.474	0,00
Resíduo	510,76	649	0,79		
Total	9.788,64	657			

Se o p-valor for menor que 0,05, há relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre as variáveis independentes e dependente.

Equação 2

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	817,37	5	163,47	2.091	0,00
Resíduo	50,96	652	0,08		
Total	868,33	657			

Se o p-valor for menor que 0,05, há relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre as variáveis independentes e dependente.

Equação 3

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	234,77	1	234,77	1.459	0,00
Resíduo	105,43	655	0,16		
Total	340,20	656			

Se o p-valor for menor que 0,05, há relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre a variável independente e dependente.

Anexo 6

Quadros da Análise da Variância (ANOVA) das cinco equações ajustadas para as estimativas de biomassa comercial por hectare.

Equação 1

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Libertade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	909.812.000	8	113.726.000	468,13	0,00
Resíduo	15.548.200	64	242.940		
Total	925.360.000	72			

Se o p-valor for menor que 0,05, ha relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre as variáveis independentes e dependente.

Equação 2

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Libertade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	3.971,16	4	992,79	17.644	0,00
Resíduo	3,83	68	0,06		
Total	3.974,98	72			

Se o p-valor for menor que 0,05, ha relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre as variáveis independentes e dependente.

Equação 3

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Libertade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	74,39	5	14,88	396,55	0,00
Resíduo	2,48	66	0,04		
Total	76,86	71			

Se o p-valor for menor que 0,05, ha relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre as variáveis independentes e dependente.

Equação 4

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Libertade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	868.966.195	1	868.966.195	1094	0,00
Resíduo	56.393.595	71	794.276		
Total	925.359.790	72			

Se o p-valor for menor que 0,05, ha relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre a variável independente e dependente.

Equação 5

Fonte	Soma dos Quadrados	Graus de Libertade	Quadrado Médio	F	P-valor
Regressão	69,20	1	69,20	632,03	0,00
Resíduo	7,66	70	0,11		
Total	76,86	71			

Se o p-valor for menor que 0,05, ha relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre a variável independente e dependente.