

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIEL MENON DE LIMA

**BIOMASSA COMERCIAL E VIABILIDADE ECONÔMICA DA
CULTURA DE *Ilex paraguariensis* A. St. –Hil. (Aquifoliaceae) DE UMA
RESERVA LEGAL EM GUARAPUAVA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

GABRIEL MENON DE LIMA

**BIOMASSA COMERCIAL E VIABILIDADE ECONÔMICA DA
CULTURA DE *Ilex paraguariensis* A. St. –Hil. (Aquifoliaceae) DE UMA
RESERVA LEGAL EM GUARAPUAVA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de trabalho de conclusão de curso II, do Curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus de Campo Mourão, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú

Co-orientador: Me. Paulo Gabriel Caleffi
Guilhermeti

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

BIOMASSA COMERCIAL E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CULTURA DE *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (Aquifoliaceae) DE UMA RESERVA LEGAL EM GUARAPUAVA-PR

por

Gabriel Menon de Lima

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 01 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú

Prof. Me. Paulo Gabriel Caleffi Guilhermeti

Prof. Dr. Paulo Agenor Alves Bueno

Prof. Dr. Elizabete Satsuki Sekine

“O termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”

RESUMO

LIMA, Gabriel M. de. **Biomassa Comercial e Viabilidade Econômica da Cultura de *Ilex paraguariensis* A. St. –Hil. (Aquifoliaceae) de uma Reserva Legal em Guarapuava-PR.** 2016,36 p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná . Campo Mourão, 2016.

A exploração de produtos não-madeireiros em uma Reserva Legal pode causar impactos financeiros positivos na renda do proprietário rural, servindo de incentivo a conservação de ambientes. Esta pesquisa teve como objetivo determinar a biomassa comercial (ramos e folhas) de *Ilex paraguariensis* nativa oriunda de regeneração natural de duas parcelas de Reserva Legal de uma grande propriedade rural, e ajustar modelos matemáticos a fim de motivar futuras práticas de manejo, e avaliar a aplicabilidade da exploração e do adensamento da espécie. Para isso, foram instaladas duas unidades de 100mx100m, onde foram identificados os indivíduos de *Ilex paraguariensis* com diâmetro a altura do peito maior ou igual 5 cm, e registrando-se a altura total dos espécimes e a biomassa foliar. Para as estimativas de biomassa comercial, utilizou-se o procedimento de análise de múltiplas variáveis *Stepwise Forward*; após o ajuste das equações, realizou-se a análise por regressão simples de duas equações (uma de cada parcela) visando melhorar os padrões de avaliação. Foram encontradas duas equações que podem estimar a biomassa comercial através de variáveis de fácil medição a campo, se os dados apresentarem-se dentro da variação analisada. O cálculo do valor presente líquido e da taxa interna de retorno demonstraram que a exploração de *Ilex paraguariensis* oriunda de regeneração natural não apresenta viabilidade econômica. Porém, o adensamento da cultura em Reserva Legal, caso a produtividade da área alcance mais de 3.500kg/ha, pode ser financeiramente viável ao longo dos anos.

Palavras-chave: Biomassa. Viabilidade. *Ilex paraguariensis*.

ABSTRACT

LIMA, Gabriel M. de. **Biomassa Comercial e Viabilidade Econômica da Cultura de *Ilex paraguariensis* A. St. –Hil. (Aquifoliaceae) de uma Reserva Legal em Guarapuava-PR.** 2016,36 p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná . Campo Mourão, 2016.

The production of non- timber products in a legal reserve can cause positive impacts in the rural worker finances, serving as incentive for the environmental conservation. This research had as objective determinate the commercial biomass (Branches and leaves) of *Ilex paraguariensis*, native originating of natarual regeneration of two plots of Legal Reserve of a huge rural property and adjust mathematical models aiming the motivation of future management practicies and evaluate applicability of the exploration and of the densification of the specie. For this were installed two 100mx100m units where the *Ilex paraguariensis* individuals with diameter and chest height bigger or equal 5cm were identified and recording the total height of species and the leaf biomass. For the estimatives of comercial biomass the procedure was *Stepwise Forward* analysis of multiple variables. After the equational adjustments was made the simple regression analysis of two equations (one of each plot). aiming improve the evaluation standards. Two equations were found that can estimate the commercial biomass through easy-to-measure variables analyzed. Yet, other objetcive was to evaluate the exploration applicability and specimen's densification through the net present value and internal return rate calculation, it was found that the native erva-mate exploration had no viability. However, the culture densification in the natural reserve can be financially viable over the years.

Keywords: Biomass. Viability. *Ilex paraguariensis*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3.1 RESERVA LEGAL.....	9
3.2 ERVA-MATE	10
3.3 BIOMASSA COMERCIAL DE ERVA-MATE	11
3.4 ANÁLISE ECONÔMICA	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
4.2 COLETA DE DADOS	16
4.3 ANÁLISE DE DADOS	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 DETERMINAÇÃO E ESTIMATIVA DE BIOMASSA COMERCIAL	19
5.2 AJUSTE DOS MODELOS MATEMÁTICOS.....	20
5.3 ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA	23
5.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICA	25
6. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Visando atenuar o quadro de degradação da vegetação impulsionado pela política econômica do Brasil, o Código Florestal de 2012 estabelece que o proprietário deve recompor e/ou preservar a floresta nativa em 20% da área dos imóveis rurais no Bioma Mata Atlântica a título de Reserva Legal (RL) da propriedade, sem levar em consideração as Áreas de Preservação Permanente (APP). Mas, essa obrigação pode não ser bem vista pelos proprietários devido ao fato de que, aparentemente, torna improdutivo uma parcela significativa de suas áreas.

Uma vez que o fator econômico tem importante influência no uso da terra, normalmente proprietários rurais dão preferência às atividades agropecuárias e silviculturais. Porém o conhecimento e a habilidade do ser humano não podem substituir os valores agregados pelos serviços ambientais da floresta nativa; a Reserva Legal é necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativa, e a manutenção dos recursos hídricos, que é intimamente afetada pelo desmatamento.

Logo, é importante a busca de meios para transformar a conservação de fragmentos florestais na forma de Reserva Legal em atividade que traga benefícios diretos e indiretos aos proprietários rurais, tornando-a desejável para estes, e possivelmente incentivando a manutenção de taxas superiores a 20% de floresta nativa.

Analisando-se as condições de mercado, os custos do projeto, e a possibilidade de retorno financeiro a partir de práticas de manejo de baixo impacto, a exploração de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM's), tais como a erva-mate, transforma a RL sob influência da Floresta Ombrófila Mista (FOM) em um importante instrumento para aliar a conservação do ambiente ao desenvolvimento social.

O consumo da erva-mate é ligado a tradições culturais da região meridional brasileira, determinando uma relação de mercado entre oferta e demanda favorável ao produtor. Em 2013, a erva-mate representou 11% do Valor Bruto de Produção

(VBP) dos produtos florestais do Paraná, contribuindo com uma receita de 419,2 milhões de reais; 255 mil toneladas, equivalente a 57% da produção total, são oriundos de ervais nativos (PARANÁ, 2014).

Visto que a exploração de erva-mate nativa dá suporte ao manejo de outros produtos florestais não madeireiros, resultando em acréscimo na renda do proprietário rural, o intuito deste trabalho foi estimar a biomassa comercial e a viabilidade econômica da exploração de *Ilex paraguariensis* em uma RL, através da análise de dois fragmentos com características distintas, para fundamentar futuras ações de manejo, e em contrapartida, criar incentivo ao proprietário para preservar o ambiente e recuperar áreas degradadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar economicamente a aplicabilidade da exploração de erva-mate *Ilex paraguariensis* A. St-Hil (erva-mate) nativas, em regeneração natural, na área de Reserva Legal no município de Guarapuava – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter dados dendrométricos através de amostragem de árvore individual de *Ilex paraguariensis* A. St. –Hil em dois fragmentos da Reserva Legal;
- Determinar biomassa de folhas, brotos e ramos finos dos espécimes amostrados;
- Estimar a biomassa comercial de erva-mate através de modelos matemáticos;
- Analisar os custos e receitas referentes à exploração ervateira da Reserva Legal da propriedade.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RESERVA LEGAL

A Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe das obrigatoriedades de manutenção e composição de Área de Preservação Permanente e de Reserva Legal; esta é caracterizada pela função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e flora nativa (BRASIL, 2012).

O Código Florestal (BRASIL, 2012) esclarece o tamanho da Reserva Legal conforme tipos ecológicos e formações vegetais regionais, apresentado no artigo 12:

“Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:

I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;

II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).”

Observa-se no artigo 18 da Lei N° 11.428 a permissão de coleta de folhas, frutos e sementes nas áreas de domínio do Bioma Mata Atlântica, bem como as atividades de uso indireto desde que não coloquem em risco as espécies da fauna e flora (BRASIL, 2006).

Para Rosot (2007), a busca progressiva e gradual pelo aumento da eficiência do manejo florestal sustentável resultaria na valorização da Floresta Ombrófila Mista (FOM) pela população inserida na região de ocorrência natural, assegurando a fonte de recursos na propriedade rural a partir da produção de bens e serviços.

Arana e Baldassi (2009) afirmam que para estabelecer um sistema de manejo sustentável da Reserva Legal, o produtor rural deve conhecer os recursos florestais da região através de inventário da comunidade vegetal, o que fundamentaria as ações de manejo; a agregação de valor a produtos oriundos da exploração

sustentável viabilizaria a manutenção e garantiria a eficiência deste sistema de produção.

De acordo com Santos, Bittencourt e Bittencourt (2014), os principais Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM's) extraídos da FOM no Paraná são a erva-mate e o pinhão, além de algumas plantas medicinais e o mel, sendo os municípios de Inácio Martins e Pinhão os que possuem maior participação na produção dos PFNM's.

3.2 ERVA-MATE

Lorenzi (2008) caracteriza a erva-mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., como uma planta perenifólia, esciófita, seletiva, higrófito, sendo que geralmente chega a formar capões homogêneos, e possui frutos avidamente consumidos por pássaros, podendo ser utilizada no plantio misto de áreas degradadas destinadas a recomposição vegetal. É particularmente frequente na mata de pinhais, mas rara em mata ciliar. É muito cultivada no Sul do país, principalmente devido ao consumo de chimarrão.

Para Mazuchowski (1989) os sistemas de produção de erva-mate podem ser classificados basicamente como ervais nativos e ervais plantados; os primeiros se referem à erva-mate conduzida sob regime de poda em meio à vegetação nativa, enquanto ervais plantados constituem áreas plantadas com erva-mate, seja em condições de sombreamento ou a pleno sol em forma de monocultivos.

Segundo Maccari Junior (2005) o mercado brasileiro possui uma preferência quanto ao sabor da erva-mate para chimarrão, sendo mais apreciado o produto com sabor suave, embora o sabor do chimarrão seja normalmente descrito como amargo; após a realização de métodos de análise sensorial, o autor concluiu que o sabor mais suave foi atribuído ao produto colhido em ervais nativos.

Em 2013, conforme dados da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), extraíram-se dos ervais nativos do Paraná quase 255 mil toneladas, visto que a produção de erva-mate está presente em 151 municípios do Estado. O manejo da erva-mate pode induzir ao lucro, porém a liquidez pode demorar,

diferentemente das culturas agrícolas com ciclos curtos; além disso, com oferta maior que demanda a consequência é queda dos preços (PARANÁ, 2014).

Conforme Medrado (2010) o adensamento consiste no plantio de erva-mate em faixas, nas matas ou capoeiras.

3.3 BIOMASSA COMERCIAL DE ERVA-MATE

A quantificação da biomassa florestal pode ser realizada por métodos diretos (determinação) e métodos indiretos (estimativas). A determinação significa uma medição real feita diretamente na biomassa. 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 (HIGUCHI; CARVALHO-JUNIOR¹, 1994 apud SILVEIRA et al., 2008).

Loose, Palm e Bayer (2014) ressaltam que a análise de regressão é uma das técnicas estatísticas com objetivo de investigar e modelar, baseada em um banco de dados, a relação entre uma variável de interesse e variáveis explicativas.

Para Machado et al. (2008), a seleção da melhor equação é realizada através de critérios estatísticos, tais como: o coeficiente de determinação (R^2), que expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão, e seleciona-se a equação que apresenta maior R^2 ; o erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) representa a dispersão entre os valores observados e estimados, esperando-se que ele tenha o menor valor; e a análise gráfica da distribuição dos resíduos entre a variável dependente estimada e observada, que permite visualizar possíveis tendências no ajuste ao longo da linha de regressão, onde os resíduos são calculados como a diferença entre a variável dependente observada e a estimada.

Segundo Santos et al (2012), nos modelos onde a variável tem transformação logarítmica, é necessário recalcular os valores da equação estimados fazendo a

¹HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 125-145.

correção da discrepância logarítmica, pela multiplicação do volume estimado pelo fator de correção de Meyer sendo calculado na sequencia o R^2 aj. e o $Syx\%$ com base nos valores recalculados. De acordo com os autores:

$$F = e^{0,5 * Syx^2}$$

Onde: F = Fator de correção de Meyer;

e = numero de Euler;

Syx^2 = erro padrão de estimativa ao quadrado.

Fleig (2002) destaca 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.

Vuaden (2009) concluiu que o melhor modelo para a determinação da biomassa de erveiras plantadas e nunca podas é uma função logaritmizada do produto da área basal a 0,6 m do nível do solo e da altura total.

3.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Um dos métodos de análise financeira que considera a variação do valor do capital no tempo é o Valor Presente Líquido (VPL), definido como a soma algébrica dos valores descontados no fluxo de caixa a ele associado. A viabilidade econômica de um projeto é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos (SILVA; JACOVINE; VALVERDE, 2005).

Rezende e Oliveira (2008) consideram que um dos problemas associados ao uso do critério do VPL é a seleção de um valor apropriado para a taxa de desconto, e a importância desta é decorrente da necessidade de comparar valores que ocorrem em diferentes pontos no tempo, principalmente na avaliação de investimentos em longo prazo.

A determinação da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) refere-se a taxa de mercado ou taxa de equilíbrio entre as curvas de oferta e demanda por capital; é possível, no entanto, considerar a TMA como, no mínimo, o custo de oportunidade por não aplicar o capital em outro investimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2008)

São utilizadas no setor florestal taxas nominais de remuneração entre 6% e 12% ao ano (a.a.), sendo comum no mercado brasileiro de ativos a utilização de 6% a.a., como remuneração próxima à da poupança (SANGUINO, 2009).

Segundo Silva, Jacovine e Valverde (2005) outro método de avaliação é a Taxa Interna de Retorno (TIR), que é a taxa percentual de retorno capital investido; este método independe da estimativa da taxa de desconto e é bom para comparar alternativas de investimento.

A comparação entre projetos convencionais e economicamente independentes pode ser feita pelo método TIR, onde as decisões de aceitação ou rejeição dos projetos são coincidentes com as do método VPL (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada em propriedade particular, denominada de Fazenda Terra Cortada, que se encontra, em sua maior extensão, no município de Guarapuava, no Terceiro Planalto Paranaense, na região de transição com o Segundo Planalto (Figura 1). Situa-se na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu, com altitude variando entre 1.100 e 1.150 metros acima do nível do mar. A propriedade localiza-se entre as coordenadas geográficas: latitude 25°29'04,89"S e 25°29'19,44"S; longitude 51°09'12,06"O e 51°09'12,06"O . O clima é classificado como Cfb pelo sistema de Köppen-Geiger, ou seja, clima temperado com verão ameno (CAVIGLIONE et al., 2000). De acordo com o Mapa de Solos do Estado do Paraná (EMPRESA..., 2007), predominam no município Latossolos Brunos, Neossolos Litólicos ou Regolíticos, Cambissolos Háplicos ou Húmicos e Nitossolos Brunos. A vegetação natural é classificada como Floresta Ombrófila Mista Alto – Montana (INSTITUTO..., 2012).

O proprietário da área a possui há aproximadamente 40 anos; houve atividades de exploração de madeira nativa na década de 80, e, atualmente, a silvicultura e a agricultura são as atividades de maior interesse na área (Figura 2). A área de Reserva Legal é composta por pequenos fragmentos de floresta primitiva alterada e fragmentos florestais com formação secundária. Visto que a exploração de madeira causou impactos significativos no desenvolvimento florestal, em um dos fragmentos da RL, o proprietário reflorestou com mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntz (Araucariaceae) entre os anos de 1986 e 1987. Ainda, a área de Reserva Legal considerada neste estudo sofreu degradação devido ao pastoreio do gado, apresentando caminhos e roçadas no sub bosque.

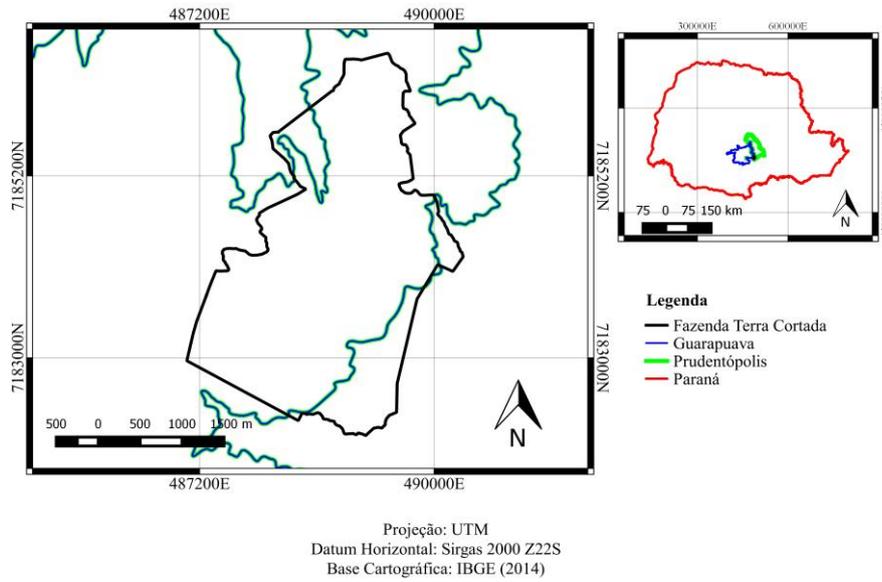


Figura 1: Mapa de localização do Município de Guarapuava no Estado do Paraná, e mapa dos Limites da Fazenda Terra Cortada

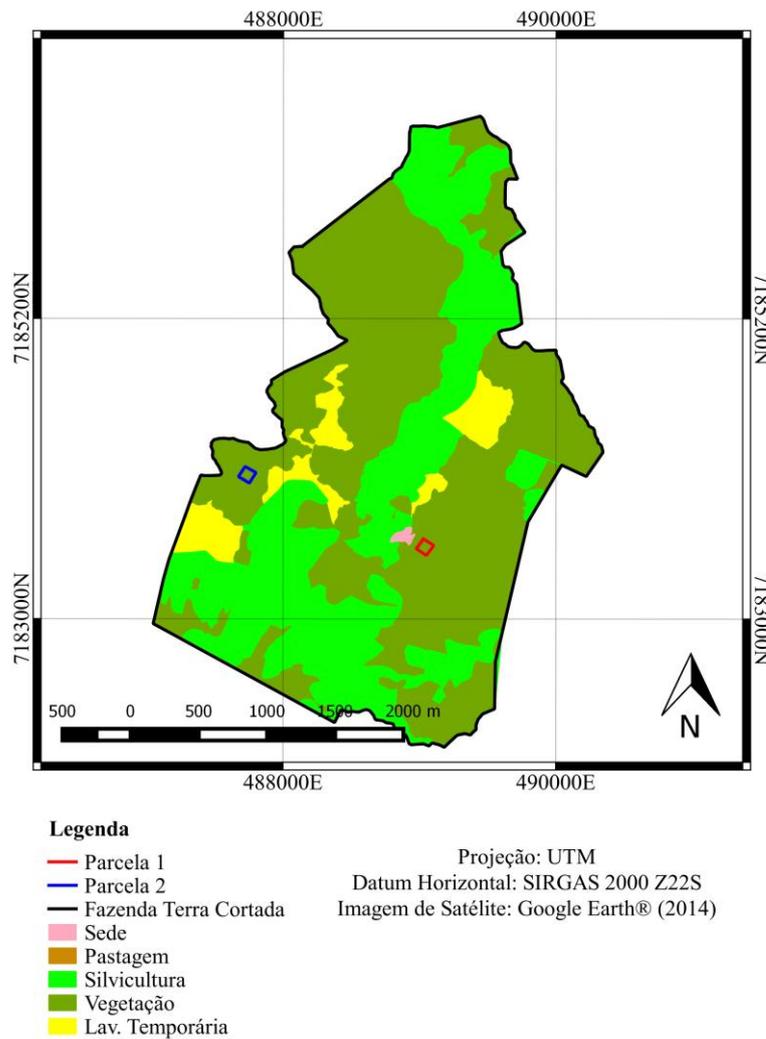


Figura 2: Mapa de uso do solo e localização das parcelas na Fazenda Terra Cortada

4.2 COLETA DE DADOS

Foi utilizado método de área fixa, que, segundo Péllico Netto e Brena² (1977 apud Moscovich; Brena; Longhi, 1999), a seleção dos indivíduos é feita de forma proporcional à área da unidade de amostra e à frequência dos indivíduos que nela ocorrem.

Determinou-se duas parcelas: a parcela (1) localizada em fragmento de RL com formação secundária, reflorestada com Araucária, e a parcela (2) pertencente a um fragmento florestal com formação secundária em regeneração natural. As duas unidades amostrais permanentes foram delimitadas com auxílio de GPS e fita métrica, somam área total de 02 (dois) hectares, sendo cada parcela com 10.000 m² (100 m x 100 m).

Para a elaboração dos mapas de localização das parcelas e limites da propriedade (Figura 1 e Figura 2) foram utilizados os programas *Spring 5.2.7*[®] e *QGis 2.8.1*[®] aliados a técnicas de geoprocessamento.

A biomassa comercial foi determinada individualmente utilizando balança mecânica de 25 kg de capacidade, e precisão de 0,2 kg; a poda foi executada com serra e facão, visando separar as folhas, brotos e ramos finos. As variáveis dendrométricas Circunferência a Altura do Peito (CAP) e altura total (HT) foram mensuradas com auxílio de fita métrica e haste de madeira. Através da CAP, obteve-se o Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e a Área Basal (AB).

Dados sobre custos e receitas do empreendimento foram obtidos a partir de levantamento realizado por Vieira (2012).

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados dendrométricos foram processados nos *softwares Statgraphics Centurion XVII*[®] e *Microsoft Office Excel 2007*[®].

²PÉLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná – Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 316 p.

A modelagem matemática da Biomassa Comercial (BC) das duas parcelas foi realizada utilizando o procedimento de regressão linear de múltiplas variáveis *Stepwise Forward*, manipulando como variáveis independentes; quatro séries de dados: uma dessas contendo CAP, DAP, AB e HT para modelagem matemática da variável dependente BC, e a outra série contendo as variáveis compostas pela Altura Total e os produtos entre HT e CAP, HT e DAP, HT e AB. Ainda, foram calculadas as correspondentes logaritimizadas em base natural dessas séries de dados em função da variável dependente BC também logaritimizada (Tabela 1); para tais equações, as estatísticas de precisão foram recalculadas para a variável de interesse, utilizando-se do fator de correção de discrepância logarítmica para os valores estimados.

Tabela 1 - Série de dados submetidos ao método *Stepwise Forward*

Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
BC	Ln(BC)	BC	Ln(BC)
CAP	Ln(CAP)	CAP*HT	Ln(CAP*HT)
DAP	Ln(DAP)	DAP*HT	Ln(DAP*HT)
AB	Ln(AB)	AB*HT	Ln(AB*HT)
HT	Ln(HT)	HT	Ln(HT)

Legenda: BC = biomassa comercial; CAP = circunferência a altura do peito; DAP = diâmetro a altura do peito; HT = altura total; Ln = logaritmo neperiano.

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 ($Sy\%$) e a distribuição gráfica dos resíduos.

Ainda, para os melhores modelos obtidos para cada parcela na etapa anterior, foi realizada análise de regressão simples visando o ajuste das curvas e consequente aprimoramento dos parâmetros R^2 aj. e $Sy\%$

A análise econômica foi baseada no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR). As fórmulas foram apresentadas por Rezende e oliveira (2008):

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(R_j)}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{(C_j)}{(1+i)^j}$$

Sendo:

C_j = Custo no final do ano "j" ou período de tempo considerado;

R_j = Receita no final do ano "j" ou do período de tempo considerado;

i = Taxa de desconto, expresso em forma decimal;

j = Período em que a receita ou custo ocorrem;

n = Duração do projeto em anos, ou em números de períodos de tempo

$$TIR \Rightarrow \sum_{j=0}^n \frac{(R_j)}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{(C_j)}{(1+TIR)^j} = 0$$

Onde as variáveis seguem a legenda anterior, da equação do VPL.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO E ESTIMATIVA DE BIOMASSA COMERCIAL

Na área amostrada, foram registrados 19 indivíduos de erva-mate com DAP \geq 5 cm; desses, 14 (quatorze) foram registrados na parcela (1), e 5 (cinco) na parcela (2). Encontrou-se considerável disparidade nos valores das variáveis amostradas (Tabela 2) visto que se trata de indivíduos nunca podados de uma população nativa formada a partir da regeneração natural ao longo de 30 anos.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis amostradas nas duas parcelas de Reserva Legal na propriedade

Parcela	Variável	Média	CV%	Máximo	Mínimo
1	BC (KG)	2,8	34,99	4,6	1,2
	CAP (cm)	41,32	57,89	84,0	17,0
	DAP (cm)	13,15	57,89	26,74	5,41
	AB (cm ²)	178,16	104,34	561,5	23,0
	H (m)	4,25	20,26	5,6	2,8
2	BC (kg)	2,44	67,19	5,2	1,2
	CAP (cm)	30,2	63,78	63,0	16,0
	DAP (cm)	9,1	63,78	20,05	5,09
	AB (cm ²)	96,2	129,7	315,84	20,37
	H (m)	3,08	27,87	4,5	2,3

Legenda: BC = biomassa comercial; CAP = circunferência a altura do peito; DAP = diâmetro a altura do peito; AB = área basal; CV = coeficiente de variação.

Na parcela (1), a biomassa comercial apresentou média de 2,8 kg, variando de 4,6 kg até 1,2 kg, com CV de 34,99%. Observou-se, na parcela (2), alto valor de coeficiente de variação (67,19%), e registrou-se a média de biomassa comercial de 2,44 kg, onde o máximo amostrado foi de 5,2 kg, e o mínimo de 1,2 kg,

representando elevada dispersão dos dados. Signor (2013) registrou alta variabilidade da produtividade em ervais de população nativa, observando média de 3,2 kg e CV de 81,6%, uma vez que os indivíduos com alta capacidade de produção eram minoria dentre a população, enquanto apenas 4 (quatro) espécimes produziam mais de um arroba de erva-mate (14,7 kg). Ainda, verificou-se que o coeficiente de variação para CAP e DAP foi de 57,89% na parcela (1), e 63,78% na parcela (2), sendo iguais para as duas variáveis. A AB foi a variável que demonstrou maior CV nas parcelas (1) e (2), sendo de 104,34% e 129,7% respectivamente. A média da AB das parcelas, de pode ser considerada alta se comparar com as médias encontradas por Vuaden (2009), de 19 cm².

A altura total média observada na parcela (1) foi de 4,25 m, com CV de 20,26%, uma vez que os valores mínimo e o máximo amostrados são de 2,8 e 5,6 m, respectivamente. Já a parcela (2) apresentou valores mínimo e máximo de 2,3 e 4,5 m, nessa ordem, e a média da altura total igual a 3,08 m, com CV de 27,87%. Logo, os dados relativos à altura total apresentaram menor dispersão em relação à média de cada parcela, representando maior homogeneidade. Signor (2013) encontrou valores de CV da HT (26,6%) próximo ao das parcelas (1) e (2).

5.2 AJUSTE DOS MODELOS MATEMÁTICOS

Aplicando o procedimento *Stepwise Forward* de seleção de variáveis, ajustou-se quatro equações para cada parcela (Tabela 3) utilizando como variáveis independentes quatro séries de dados. A análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados demonstrou probabilidade de significância (ANEXO 1). O nível descritivo entre a variável dependente a as variáveis independentes promoveu valores superiores a 95% de confiabilidade.

Tabela 3 – Equações ajustadas para as estimativas de Biomassa Comercial de *Ilex paraguariensis* por indivíduo, com respectivos R² aj. e Syx%

Parcela N°	Equação	R ² aj.	Syx%
1	1 BC = 1,46371 + 0,101592*DAP	0,592	62,5732
		1	
	2 BC = 1,78331 + 0,0165766*DAP*HT	0,565	64,5806
		5	
2	3 Ln(BC) = -0,177811 + 0,249149*Ln(AB	0,564	24,3729
		0	
	4 Ln(BC) = -0,301209 + 0,210659*Ln(AB*HT)	0,547	24,8224
		8	
2	5 BC = -3,35224 + 1,8806*HT	0,959	32,9631
		5	
	6 (BC) = 0,760736 + 0,0499781*(DAP*HT)	0,961	31,9729
		9	
2	7 Ln(BC) = -2,74099 + 1,0619*Ln(CAP)	0,911	18,0218
		5	
2	8 Ln(BC) = -1,6761 + 0,747511*Ln(DAP*HT)	0,951	13,3486
		4	

Legenda: BC = biomassa comercial; R² aj. = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão de estimativa; Ln = logaritmo neperiano; CAP = circunferência a altura do peito; DAP = diâmetro a altura do peito; AB = área basal; HT= altura total.

Observando-se a parcela (1), a equação (1) obteve melhor resultado de coeficiente de determinação ajustado (R² aj.), porém o valor mais elevado de erro padrão de estimativa (Syx), sendo de 0,5921 e 62,5732%, respectivamente; o R² aj. identificado na equação (2) foi de 0,5655, enquanto na equação (3) registrou-se 0,5640, e na equação (4) tal coeficiente foi de 0,5478. A equação (3) apresentou o menor valor de Syx (24,3729%), enquanto as equações (2) e (4) apresentaram os valores de 65,5806% e 24,8224%, nessa ordem.

Considerando-se a parcela (2), a equação (6) apresentou o maior valor de R^2 aj. (0,9619) e valor de Syx de 31,9729%. A equação (5) apresentou R^2 aj. de 0,9595 e Syx de 32,9631, enquanto a (7), valores de R^2 aj. de 0,9115 e Syx de 18,0218%. A equação (8) obteve o menor valor de Syx (13,3486), e R^2 aj. de 0,9514.

A distribuição gráfica dos resíduos studentizados (ANEXO 2) das equações relativas à parcela (1) demonstra que as equações (1) e (2) apresentam moderada tendência de subestimativa para os valores de BC abaixo de 2,2 kg, e superestimar a BC entre 2,2 kg e 3,2 kg. A equação (3) apresentou tendência de superestimar a biomassa comercial para valores abaixo de 2,6 kg. A equação (4) foi o único modelo da parcela (1) que apresentou observação extrema dos resíduos studentizados (≤ -3), quando a BC prevista é de aproximadamente 2,1 kg.

Observando-se a distribuição gráfica da parcela (2), as equações (5) e (8) apresentaram maior homogeneidade na distribuição dos resíduos studentizados em relação às equações (6) e (7), que manifestaram observações extremas para as estimativas de BC de aproximadamente 2,4 kg e 1,8 kg, respectivamente.

Logo, levando em consideração os critérios do coeficiente de determinação ajustado, do erro padrão de estimativa e da distribuição gráfica dos resíduos, observa-se que as equações (3) e (8) apresentam-se mais apropriadas para descrever a variação da biomassa em cada parcela. Uma vez que o ajuste dos modelos determinou equações com uma variável independente ou uma composição de duas variáveis (por exemplo, $\ln(\text{DAP} \cdot \text{HT})$), e o procedimento *Stepwise Forward* corresponde a uma regressão linear, optou-se pela abordagem das equações (3) e (8) por regressão simples, utilizando o modelo da raiz quadrada de $\ln(\text{BC})$ e logaritmo natural de $\ln(\text{AB})$ para a equação 3, e o modelo com a raiz quadrada de $\ln(\text{DAP} \cdot \text{HT})$ para a equação (8), a fim de melhorar os valores dos critérios avaliados para a seleção das equações explicativas (Tabela 4).

Tabela 4 – Equações 3 e 8 com variáveis ajustadas por regressão simples com respectivos R^2 aj. E Syx%

Nº	Equação	R^2 aj.	Syx%
9	$\ln(\text{BC}) = [0,0322815 + 0,621337 * \ln(\ln \text{AB})]^2$	0,4948	15,0405
10	$\ln(\text{BC}) = -4,2276 + 2,77911 * \sqrt{\ln(\text{DAP} * \text{H})}$	0,9688	12,3529

Analisando-se as equações (3) e (9), referentes à biomassa comercial por indivíduo da parcela (1), observa-se que o erro padrão de estimativa da equação (9) (15,0405%), obtida através de regressão simples, tem valor mais significativo em relação ao Syx da equação 3 (24,3729%). Porém, houve decréscimo no coeficiente de determinação ajustado, sendo este de 0,4948 para a equação (9) e de 0,56404 para a equação (3). O coeficiente de determinação ajustado da equação (10) melhorou em relação à equação (3) devido ao ajuste da curva (de 0,9514 para 0,9688), e o Syx% também obteve melhor resultado, passando de 13,3486% para 12,3529%.

Naghattini & Pinto (2007) não recomendam a extrapolação da equação de regressão para além dos limites dos dados amostrais utilizados na estimativa dos parâmetros do modelo de regressão linear. Basicamente, o há dois motivos para desestímulo à extrapolação; e o primeiro está associado ao fato do intervalo de confiança sobre a linha de regressão alargar à medida em que os valores da variável independente se afastam da média; a outra razão é que a relação entre as variáveis independente e dependente pode não ser linear para valores que extrapolam os dados utilizados na regressão.

5.3 ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA

Dados sobre os custos da atividade ervateira foram obtidos através de levantamento realizado por Vieira (2012), que avaliou economicamente a aplicabilidade da exploração e adensamento de ervais naturais em áreas de Reserva Legal nas mesorregiões sudeste e centro sul do Paraná, e constatou que, nas grandes propriedades, os custos variáveis correspondiam a 86,4% dos custos despendidos (Tabela 5). A autora calculou a viabilidade econômica da atividade considerando uma propriedade ideal, seguindo as exigências legais e fiscais, adotando um horizonte de planejamento de 20 anos.

Tabela 5 – Componentes do Fluxo de caixa da exploração ervateira de uma grande propriedade

Centro de Custos	Custos (R\$/ha)
Custos Fixos	
Remuneração do capital fixo	240,12
Averbação da reserva legal	1.407,34
Construção de instalação com sanitários e refeitórios para os colaboradores	30,19
Pagamento de salários e encargos sociais p/ técnico de segurança do trabalho	1.692,42
Subtotal custos fixos	3.370,08
Custos Variáveis	
Aquisição de insumos e ferramentas	4.324,58
Pagamentos dos encargos sociais dos trabalhadores - safra de erva-mate adensada e não adensada	14.910,75
Subtotal custos variáveis	19.235,33
Custos totais	22.605,40

Fonte: adaptado de Vieira (2012).

Vieira (2012) estabeleceu como componentes dos custos de produção os gastos relacionados a aquisição de insumos e ferramentas, aos custos de implantação, poda, colheita e manutenção, e custos frente ao pagamento de impostos e taxas, além da remuneração de capital fixo. Sá et al (1998) define como “remuneração do capital fixo” como o custo correspondente ao pagamento pelo uso do capital aplicado.

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. A fim de complementar o fluxo de caixa, a receita da atividade de exploração foi calculada com base na produtividade média de biomassa comercial encontrada em cada parcela de Reserva Legal da propriedade (Tabela 6), multiplicada pelo número de indivíduos de erva-mate da parcela e pelo preço médio recebido pelos produtores (R\$0,36), que foi levantado por Vieira (2012).

Tabela 6 - Densidade Estimada e Produtividade de *Ilex paraguariensis* nativa nas parcelas 1 e 2

	Unidade	Parcela 1	Parcela 2
Numero de árvores por ha	Unidades	14	5
Produção média por árvore	Kg	2,80	2,44
Produção por ha	Kg/há	39,20	12,20
Preço médio recebido	R\$/kg	0,36	0,36
Receita por hectare	R\$/há	14,11	4,39

Vieira(2012) estimou valores em todos os estratos de tamanho (pequena, média e grande propriedades); a autora estabeleceu, por exemplo, que uma pequena propriedade seria capaz de produzir 13.216 kg/ha de erva mate adensada, através de 881 árvores com média de produção individual de 15 kg, o que resultaria em uma receita de R\$ 5.022,08 caso o preço recebido por kg de folhas fosse igual a R\$0,36 . A receita por hectare no estudo de Vieira (2012) é significativamente maior a produtividade determinadas em cada parcela, uma vez que a parcela (1) tem receita de R\$14,11 por hectare, e a parcela (2) tem receita de R\$ 4,39 por hectare.

5.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Visto que a receita por hectare (R\$/ha) de cada parcela é consideravelmente baixa em relação aos custos de produção, numa taxa (custos/receita) de R\$1.602,08 de custo para cada real de receita para a parcela (1), resultado da divisão entre o custo de R\$22.605,40 (Tabela 5) por receita de R\$14,11 (Tabela 6), e taxa de custo de R\$5.149,29 para cada real de receita para a parcela (2), demonstra que não há viabilidade econômica na exploração de erva-mate oriunda de regeneração natural presente na Reserva Legal da propriedade, apresentando receita líquida negativa devido ao alto valor dos custos.

Entretanto, conforme Medrado (2010), o adensamento é considerado uma prática recomendável, pois dispensa o corte raso da floresta, e requer pouca movimentação de terra e aporte de insumos, além de conservar o equilíbrio dinâmico das pragas e doenças.

Santin (2008) encontrou produtividade de até 5.260 kg/ha em erval nativo adensado de 18 meses de idade, e adubado quimicamente com NPK. Já Signor (2013), observou produtividade média de 2.499 kg/ha, em colheita trienal de erva-mate adensada em área de Floresta com Araucária, verificando variações de 103 a 12.549 kg/ha, e encontrou média de 3,2 kg por indivíduo, variando de 0,2 kg a 21,7 kg.

Dado isto, verificou-se a viabilidade econômica do adensamento na propriedade através do cálculo do VPL e do TIR, estimando-se a produtividade de 3.500 kg/ha, o que ocasionaria a geração de uma receita igual a R\$1.260,00 /ha a cada colheita bienal, no preço de venda a R\$0,36. Levou-se em consideração um horizonte de planejamento de 21 anos, e taxa mínima de atratividade de 6% no período.

Ainda, reconsiderou-se os custos da exploração, visando a situação hipotética de que o manejo silvicultural, a colheita e a baldeação seriam realizados por membros da família do proprietário. Logo, o custo de implantação no primeiro ano seria composto apenas de valores correspondentes à remuneração do capital fixo, à averbação da reserva legal e à aquisição de insumos e ferramentas, resultando em um total de R\$5.972,04/ha. Já nos anos seguintes, a remuneração do capital fixo seria o principal custo verificado (R\$240,12), pois há possibilidade de economia caso seja realizada adubação orgânica com esterco de carneiro.

As condições de viabilidade através do VPL e TIR são apresentadas na Tabela (7).

Tabela 7 – Viabilidade econômica através do VPL e do TIR da exploração de *Ilex paraguariensis* adensada com produtividade de 3.500 kg/ha

Método	Viabilidade
VPL (R\$)	R\$ 910,25
TIR	10%

Através da análise dos valores estimados do VPL (R\$ 910,25) e TIR (10%), infere-se que o investimento apresenta baixa viabilidade financeira levando-se em consideração o tempo de retorno do capital. Há considerações a serem tomadas em relação ao planejamento do projeto de exploração de erva-mate, visando à obtenção do lucro; para o adensamento, a escolha de mudas oriundas de boas matrizes produtoras de biomassa aumentaria a produtividade por hectare. Ainda, há o espaçamento utilizado para o plantio das mudas dentro da área de reserva legal, que interfere no tamanho da população produtora, mas também pode afetar a produtividade das mudas caso ocorra concorrência entre elas. Porém, uma análise mais criteriosa deve ser realizada frente aos custos de implantação e manejo do projeto, visto que a relação de tais custos nos métodos de análise pode inviabilizar a exploração.

6. CONCLUSÃO

Para cada parcela na área de estudo há uma equação que pode estimar a biomassa comercial através de cálculos com variáveis de fácil medição a campo, se os dados determinados não extrapolarem os limites dos dados avaliados nesta pesquisa. As equações ajustadas através de regressão simples apresentaram resultados do erro padrão de estimativa abaixo de 16% em relação às ajustadas a partir da regressão linear de múltiplas variáveis.

A produtividade dos indivíduos de erva-mate em regeneração natural foi considerada baixa em relação às áreas com a cultura adensada. Porém, deve-se considerar que a área de reserva legal foi limitada a duas parcelas de 100m x100 m, o que pode ter excluído alguns indivíduos com maior capacidade produtora na amostragem.

Devido ao alto custo de exploração e à baixa produtividade, não há viabilidade financeira na exploração de erva-mate na reserva legal, de acordo com os dados determinados nas parcelas. Porém, há possibilidade de adensamento na região, o que eventualmente pode aumentar o lucro do proprietário e o leque de atividades produtivas da propriedade.

REFERÊNCIAS

ARANA, Alba R. A.; BALDASSI, Gláucia. A Reserva Legal no Paraná e os Desafios à sua Implantação: um Estudo sobre os Produtores Rurais no Município de Paranacity. **GEOUSP**, São Paulo, n. 26, p. 79-91, 2009. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geosp/Geosp26/79-92-ARANA,A_R_A.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2015.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 dez. 2006 Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 27 mar. 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 27 mar. 2015.

CAVIGLIONE, João H.; CARAMORI, Paulo H.; KIIHL, Laura R. B.; OLIVEIRA, Dalziza; GALDINO, Jonas; PUGSLEY, Luciano; BARROZZINO, Edmirson. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 75 p. (Documentos, 96). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/339505/mapa-de-solos-do-estado-do-parana>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

FLEIG, Frederico 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. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/TESE/TESE_Frederico_Dimas_Fleig.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

LOOSE, Laís H.; PALM, Bruna G.; BAYER, Fábio M. Avaliação dos Estimadores do Modelo de Regressão Beta com Dispersão Variável: um Estudo de Simulação. **Matemática e Estatística em Foco**, Uberlândia, v. 2, n.1, p. 14-24, mar. 2014. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/matematicaeestatisticaemfoco/article/viewFile/20925/13917>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed, 2012, 275 p. (Série, Manuais Técnicos em Geociência, nº 1). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

MACCARI JUNIOR, A. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/objetos/erva-mate/Arquivos/MaccariJunior,Agenor.pdf>> Acesso em : 10 jul. 2015.

MACHADO, Sebastião A; AGUIAR, Ludmila P.; FIGUEREDO FILHO, Afonso; KOEHLER, Henrique S. Modelagem do Volume do Povoamento de *Mimosa scabrella* Benth na Região Metropolitana de Curitiba. **Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 465-478, 2008.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Curitiba: Emater, 1989, 104 p.

MEDRADO, Moacir .J.S. **Sistemas de Produção – Cultivo da erva-mate: Adensamento e Conversão**. Embrapa Florestas. 2ª ed. 2010. Disponível em <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoporlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-3&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3601&p_r_p_-996514994_topicold=2901&p_p_mode=view> Acesso em 18 de Mai. 2016

MOSCOVICH, Fabio A.; BRENA, Doádi A.; LONGHI, Solon J. Comparação de Diferentes Métodos de Amostragem, de Área Fixa e Variável, em Floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 173-191, 1999. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/375/244>>. Acesso em: 3 dez. 2015.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p. disponível em <http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/Mod_hid/Bibliografia/livro%20hidrologia%20estatistica.pdf> Acesso em 4 de maio de 2016.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Produtos florestais - erva-mate**. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/erva_mate_2014_2015.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2015

REZENDE, José L.P. de; OLIVEIRA, Antônio D. de. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2008.

ROSOT, Maria A.D. Manejo Florestal de Uso Múltiplo: uma Alternativa para alternativa contra a Extinção da Floresta com Araucária?. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 75-85, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewFile/121/80>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

SÁ, Claudenor P. de; ARAÚJO, Henrique J.B. de; SANTOS, Jair C.dos; BRAZ, Evaldo M.; MIRANDA, Elias M. de; NASCIMENTO, Pedro R.S. do. **Custo de produção do manejo florestal em áreas de reserva legal de pequenas propriedades em projetos de assentamento**. Embrapa Acre. Comunicado Técnico n.5, 1998. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/492864/custo-de-producao-do-manejo-florestal-em-areas-de-reserva-legal-de-pequenas-propriedades-em-projetos-de-assentamento>> Acesso em 03 maio 2016.

SANGUINO, Antonio C. Custos de implantação e rentabilidade econômica de povoamentos florestais com Teca no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, n.52, p.61-78. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php?journal=ajaes&page=article&op=view&path%5B%5D=124>> Acesso em: 3 abr. 2016.

SANTIN, Delmar. **Produtividade, teor de minerais, cafeína e teobromina em erva-mate adensada e adubada quimicamente**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/2008_02_26_santin.pdf> Acesso em: 15 mai. 2016.

SANTOS, Anadalvo J.; BITTENCOURT, Alexandre M.; BITTENCOURT, Keila C. A Participação dos Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM's) na Geração de Renda em Pequenas Propriedades Rurais do Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 10, n. 3, p. 785-794, set./dez. 2014. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/2758/2378>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

SANTOS, Andreia T. dos; Mattos, Patrícia P. de; BRAZ, Evaldo M.; ROSOT, Nelson C. Equação de Volume e Relação Hipsométrica para Plantio de *Ocotea porosa*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 69, v. 32, p. 13-21. jan/mar 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57603/1/327-2823-2-PB.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2016.

SIGNOR, Pablo. **Biomassa comercial de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. e sua relação com variáveis ambientais em floresta com araucária, Paraná.** 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro Oeste, Iрати, 2013. Disponível em: <http://www.unicentro.br/ppgcf/dissertacoes/pablo_signor.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2015.

SILVA, Márcio L. da; JACOVINE, Laércio A.G.; VALVERDE, Sebastião R. **Economia Florestal.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.

SILVEIRA, Péricles; KOEHLER, Henrique S.; SANQUETTA, Carlos R.; ARCE, Julio 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. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/11038>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

VIEIRA, Timni. **Viabilidade econômica da cultura de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) em áreas de reserva legal no Paraná.** 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/handle/1884/32265?show=full>>. Acesso em: 27 mar. 2015.

VUADEN, Elisabete. **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. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM_Elisabete_Vuaden.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ANEXO 1 – Análise de variância (ANOVA) dos modelos

Equação (1):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	7,78151	1	7,78151	19,87	0,0008
Resíduo	4,69849	12	0,391541		
Total	12,48	13			

Equação (2):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	7,47521	1	7,47521	17,92	0,0012
Resíduo	5,00479	12	0,417066		
Total	12,48	13			

Equação (3):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	1,05853	1	1,05853	17,82	0,0012
Resíduo	0,712848	12	0,059404		
Total	1,77138	13			

Equação (4):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	1,08238	2	0,541191	8,64	0,0056
Resíduo	0,689	11	0,0626364		
Total	1,77138	13			

Equação (5):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	10,426	1	10,426	95,95	0,0023
Resíduo	0,32597	3	0,108657		
Total	10,752	4			

Equação (6):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	1,37083	1	1,37083	42,21	0,0074
Resíduo	0,097436	3	0,0324787		
Total	1,46827	4			

Equação (7):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	10,4453	1	10,4453	102,1	0,0021
Resíduo	0,306679	3	0,102226		
Total	10,752	4			

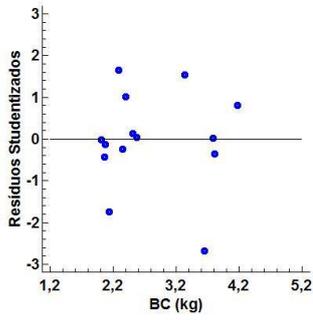
Equação (8):

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>
Modelo	1,41481	1	1,41481	79,40	0,0030
Resíduo	0,0534556	3	0,0178185		
Total	1,46827	4			

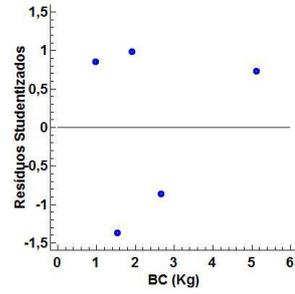
Se o p-valor for menor que 0,05, há relação estatisticamente significativa a 95% de probabilidade de confiança entre a variável independente e dependente.

ANEXO 2 – Resíduos studentizados

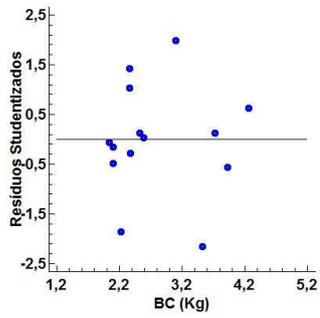
Equação 1



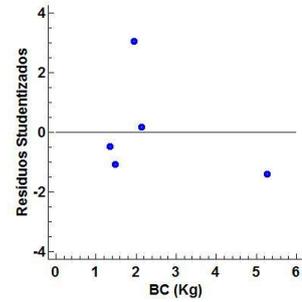
Equação 5



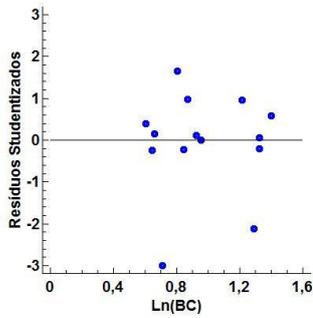
Equação 2



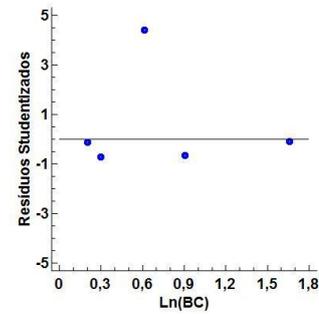
Equação 6



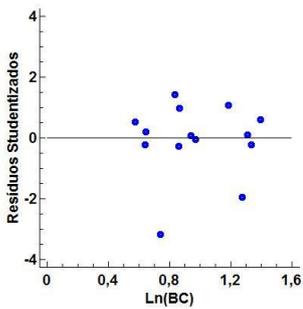
Equação 3



Equação 7



Equação 4



Equação 8

