

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

LEILIANE KLIMA

**CONSTRUÇÃO DE CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO E
DETERMINAÇÃO DO VOLUME POPULACIONAL
PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden
NO SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2013

LEILIANE KLIMA

**CONSTRUÇÃO DE CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO E
DETERMINAÇÃO DO VOLUME POPULACIONAL
PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden
NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Thomas

DOIS VIZINHOS
2013

K65c

Klima, Leiliane.

Construção de curvas de índice de sítio e determinação do volume populacional para *Eucalyptus grandis* W.Hill. ex Maiden no Sudoeste do Paraná / Leiliane Klima – Dois Vizinhos :[s.n], 2013. 48f.

Orientador: Cláudio Thomas

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2013.

Bibliografia p.45-48

1.Espécies florestais. 2. Eucalyptus grandis W.Hill ex Maiden I.Thomas, Cláudio, orient.II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná– Dois Vizinhos.III.Título
CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745
Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

CONSTRUÇÃO DE CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO E DETERMINAÇÃO DO VOLUME POPULACIONAL

PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

por

LEILIANE KLIMA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 02 de Setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. (Cláudio Thomas)
Orientador

Prof. Dr^a. (Veridiana Padoin Weber)
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr^a. (Elisabete Vuaden)
Membro titular (UTFPR)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por tudo e por todos.

Aos meus pais, Irene e Gabriel, pelas lições de vida, pelos incentivos e compreensão. A minha irmã, Leila, pelos incentivos e momentos de amizade. Pelos momentos de atenção e carinho incondicionais pela minha pessoa, tanto nos momentos de comemoração e descontração quanto nos tumultuados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cláudio Thomas, pela orientação e paciência, pela amizade, pelo conhecimento, e pelas valiosas sugestões. Agradeço também pela ajuda na realização da cubagem rigorosa.

A empresa Araupel S/A, em especial, ao Engenheiro Florestal José Marafiga, pela disponibilização dos dados necessários a esse trabalho. Em destaque aos funcionários Fernando, Ronaldo (*in memoriam*), Paulo e Renato pela ajuda indispensável na cubagem rigorosa das árvores, pelo apoio e busca de informações.

As grandes amizades, feitas durante o curso e que serão lembradas para sempre como exemplo de amizade, e quase irmãs, desde o primeiro dia na Universidade: Letícia Hreçay e Jéssica Ramão.

Aos amigos, pelos momentos de descontração e distração, pelas conversas e desabafo, pelos momentos em que fomos estudiosos, brincalhões, festeiros, cúmplices, pelo companheirismo nas madrugadas na construção deste trabalho. Bom, não vou citá-los por correr o risco de esquecer alguém, por terem de uma forma ou de outra contribuído para que eu pudesse chegar até aqui.

A todos os que, por algum motivo, contribuíram para a realização desta pesquisa.

A todos minha gratidão, de coração!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” Charles Chaplin

RESUMO

KLIMA, Leiliane. **Construção de Curvas de Índice de Sítio e Determinação do Volume Populacional para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no Sudoeste do Paraná.** 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

Este trabalho objetiva a construção de curvas de índice de sítio, com determinação da capacidade produtiva local de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na região Sudoeste do Paraná. De forma mais específica, buscou-se definir o modelo matemático para a estimativa de altura dominante, determinar o fator de forma com e sem casca e determinar o volume populacional. Para tanto, realizou-se um estudo de crescimento e produção em um povoamento desbastado, com 13 anos de idade, no município de Quedas do Iguaçu, PR. Foi realizada cubagem rigorosa por Smalian em 9 árvores abatidas e classificadas por classes diamétricas, optando-se pelas árvores pertencentes às classes: intermediárias e superiores, calculando-se os seus respectivos volumes reais com e sem casca, fator de forma com e sem casca e a porcentagem de casca. Para a estimativa da altura dominante, utilizou-se dados oriundos do inventário contínuo, ajustada pelo modelo de Prodan com 3 coeficientes. Através do modelo descrito, permitiu-se a geração de um conjunto de 8 curvas monomórficas para os índices de sítio, sendo o menor 34 e o maior 48, tendo como idade de referência 12 anos. Ajustou-se também modelos de altura média e diâmetro médio para o povoamento. Além da cubagem e da construção de curvas de índice de sítio, foram construídas tabelas de volume para as idades 4, 6, 8, 10, 12 e 14 anos, assim, estimando volume populacional com e sem casca para o povoamento, baseando-se em fatores de forma médio obtidos.

Palavras-chave: Volume individual. Fator de forma. Altura dominante. Tabelas de volume.

ABSTRACT

KLIMA, Leiliane. **Construction of site index curves and determination of population volume for *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden at Parana's southwest.** 2013. 48 f. Completion of course work (Graduate Engineer Forestry)-Federal Technology University - Parana. Dois Vizinhos. 2013.

The present study aims the construction of site index curves, determining *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden local productive capacity in Parana's southwest region. Specifically, it sought to define the mathematical model to estimate dominant heights, determine the form factor with and without bark and population volume. A study of growth and production was realized in a 13-year chopped population of that specie in the municipality of Quedas do Iguaçu, PR. Rigorous Smalian tree scaling was used in 9 down trees, classing it by diametric categories, opting for trees belonging to classes: intermediary and superior, calculating the respective real volume with and without bark, form factor with and without bark and the bark percentage. In order to estimate dominant heights, data from continuous inventory adjusted by Prodan model were used. The described model allowed the construction of eight monomorphic curves to the site index, which 34 is the lowest and 48 the highest with a reference age of 12 years. Average heights and diameter to the population were adjusted. Beyond tree scaling and site index curves, charts of volume were set up to the ages of 4, 6, 8, 10, 12 and 14 years, estimating population volume with and without bark based on obtained average form factor.

Keywords: Individual volume. Form factor. Dominant heights. Volume charts.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2 JUSTIFICATIVA	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	12
3.2 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS	14
3.2.1 Altura das Árvores Dominantes	16
3.2.2 Construção de Curvas de Índice de Sítio	17
3.2.3 Tipos de Curvas de Índice de Sítio	18
3.2.4 Método da Curva-Guia	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	21
4.2 OS DADOS	21
4.2.1 Inventário Contínuo	21
4.2.2 Árvores Individuais	22
4.4 ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE	23
4.4.1 Altura Dominante.....	23
4.4.2 Altura Média	23
4.4.3 Diâmetro Médio	24
4.5 CUBAGEM POR SMALIAN.....	24
4.5.2 Fator de Forma com Casca e sem Casca	26
4.5.3 Volume de Casca	26
4.6.1 Altura Dominante (h_{100}).....	27
4.6.2 Diâmetro Médio (d).....	27
4.6.3 Altura Média (h).....	27
4.6.4 Número de Árvores por Hectare (N).....	28
4.6 VOLUME POPULACIONAL	28
4.6.1 Volume Populacional Com e Sem Casca	28
4.7 RELAÇÃO ALTURA DIÂMETRO (h/d).....	29
4.8 ANÁLISES DOS MODELOS ESTATÍSTICOS	29
4.8.1 Coeficiente de Determinação Ajustado	29
4.8.2 Erro Padrão da Estimativa.....	30

4.8.3 Coeficiente de Variação	30
4.8.4 Distribuição Gráfica dos Resíduos	30
4.9 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 ESTIMATIVA DA ALTURA DOMINANTE	32
5.2 ESTIMATIVA ALTURA MÉDIA	35
5.3 ESTIMATIVA DIÂMETRO MÉDIO	37
5.4 CUBAGEM SMALIAN	39
5.5 TABELAS DE VOLUME	41
6 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da capacidade produtiva de povoamentos florestais é fator fundamental para que exista um controle do abastecimento com matéria-prima nas empresas ou, uma estimativa de lucratividade para pequenos e grandes produtores. Uma forma de quantificação dos povoamentos, para a regulação da produtividade, pode ser por meio da classificação da área em índices de sítio. O crescimento dos povoamentos é influenciado por fatores climáticos, topográficos, edáficos, e por técnicas de condução silvicultural, capazes de alterar área basal e volume. Os sítios florestais são caracterizados por índices de sítio e determinados por idade e espécie, pois diferentes espécies podem reagir de forma distinta em locais com a mesma capacidade produtiva.

O índice de sítio é o critério mais utilizado para determinar a produtividade de uma área florestal, por ser prático e avaliado através da relação entre a altura dominante do povoamento e uma idade referência, a qual pode ser considerada próxima à idade da rotação. A definição da altura dominante se dá pela média aritmética das alturas das cem árvores mais grossas por hectare. Utiliza-se a altura dominante por esta não ser alterada com a execução de intervenções silviculturais, pois não se retiram as árvores mais grossas na maioria dos desbastes (SPATHELF; NUTTO, 2000, p. 20).

A classificação do povoamento por curvas de índices de sítio é um indicador do potencial de crescimento de um povoamento para uma determinada espécie. É imprescindível que o crescimento de povoamentos florestais seja expresso por meio de funções matemáticas, sendo extremamente importante considerar que em diferentes locais o crescimento de árvores pode manter um padrão ou não (SELLE et al., 2009, p. 408).

A definição de produção é dita como o volume de uma árvore ou povoamento. Em povoamentos florestais é de extrema importância à quantificação do volume sólido, para isto torna-se necessário a execução de inventários florestais, os quais consistem na medição de parte da população, as unidades amostrais ou parcelas, extrapolando os resultados para área total do povoamento.

Uma das maneiras para a redução de custos do inventário florestal é o uso da relação hipsométrica. Onde, tradicionalmente, a altura é estimada a partir da variável diâmetro (FRANCO et al, 1997, p. 84).

De acordo com os autores Bastos e Couto (1986, p. 16), a altura das árvores em pé pode ser determinada através de instrumentos, porém é uma operação trabalhosa e sujeita a erros. Portanto, na prática, pode-se realizar a medição da altura de algumas árvores nas parcelas de inventário e, utilizar o emprego de relações hipsométricas, assim, estimando a altura das demais. Esse processo é bastante comum em florestas plantadas, como o *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. no Brasil. Nesses gêneros diversos modelos hipsométricos, por exemplo, modelos de estimativas de altura dominante, já foram testados e ainda estão sendo testados em várias empresas do setor florestal.

Tratando-se de níveis de produtividade, no caso de florestas homogêneas de *Eucalyptus* sp., estes variam de acordo com variedade de espécies, procedências, sítio, idade, espaçamento, manejo, e constituição genética, proporcionando grande variabilidade na produtividade. Portanto, a construção de curvas de índice de sítio para o município de Quedas do Iguaçu, e também para a região Sudoeste do Paraná poderá auxiliar no manejo da produção e controle dos povoamentos de eucalipto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem por objetivo a construção de curvas de índice de sítio, visando à determinação da capacidade produtiva local de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na região Sudoeste do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar modelos matemáticos para a estimativa de altura dominante, altura média e diâmetro médio.
- b) Construir curvas de índice de sítio.
- c) Determinar o fator de forma com e sem casca.
- d) Determinar o volume populacional.

2 JUSTIFICATIVA

A construção de curvas de índice de sítio e determinação do volume populacional para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden é uma fonte de informação importante. Estas informações possibilitam um adequado conhecimento da capacidade produtiva de povoamentos, correlacionando com a espécie que nela se deseja produzir. Desta forma, grande parte das decisões tomadas no manejo florestal baseia na classificação de sítios.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies conhecidas e ocorre nas mais variadas condições ambientais que vão desde áreas pantanosas até muito secas, sobre solos de baixa até alta fertilidade, até mesmo solos arenosos considerados muito pobres. Tratando-se em termos de precipitação e de temperatura o gênero se desenvolve em ambientes distintos.

A espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden pertence à família Myrtaceae, conhecida popularmente como eucalipto ou eucalipto-rosa (LORENZI; SOUZA, 2003). Espécie característica do Norte de Nova Gales do Sul e da costa do sul de Queensland, localizada na Austrália. Distribui-se entre as latitudes 26 a 32° Sul e altitudes de 0 a 300 m, adaptando-se em regiões com precipitação entre 1000 a 1750 mm.

Considerada uma árvore de grande porte, podendo chegar até 55 m de altura, apresentando fuste retilíneo em dois terços da altura total. Apresenta casca fibrosa, clara e na base cor acinzentada, lisa e esbranquiçada. As folhas quando adultas são de ovaladas-lanceoladas e lanceoladas-falcadas (BACKES; IRGANG, 2004).

A espécie *Eucalyptus grandis*, segundo os autores Lorenzi e Souza (2003), apresenta características similares ao *Eucalyptus saligna*, com o qual muitas vezes é confundido, diferenciando-se apenas pelos botões verde-azulados e pelas valvas encurvadas das cápsulas.

A capacidade de brotação é uma das características do gênero, com a finalidade de produção madeireira. Povoamentos dessas espécies podem ser explorados em duas ou até quatro rotações sem que haja uma nova implantação, diminuindo os custos da madeira em pé quando se considera a produção nas próximas rotações (BACKES; IRGANG, 2004).

O *Eucalyptus grandis* é uma das espécies mais cultivadas para fins comerciais, possuindo diversos usos como: vigas, postes, mourões, lenha, caixotaria e celulose. A madeira é de coloração rosa claro, com densidade média de 690 kg/m³, sendo leve e resistente. O autor comenta que a madeira dessa espécie propicia bom comportamento perante as máquinas e ferramentas, pois é uma madeira macia (RETSLAFF, 2010, p. 04).

A madeira desse gênero, devido sua versatilidade em vários segmentos do setor florestal, despertou interesse dos produtores, pois em condições ambientais adequadas supera outras espécies em incremento volumétrico. Espécie mais plantada no Brasil, por possuir uma plasticidade genética bem como, na obtenção de híbridos e para clonagem de árvores selecionadas (MORA; GARCIA, 2000, p. 29).

Segundo Oliveira et al. (1999, p. 114), em um estudo realizado na Estação Experimental de Anhembi, São Paulo, analisaram árvores de sete espécies, sendo estas: *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, *E. tereticornis* Sm., *E. paniculata* Sm., *E.*

pilularis Sm., *E. cloeziana* F. Muell., *E. urophylla* S. T. Blake. e *E. grandis* Hill. ex Maiden. Os resultados obtidos foram que o *Eucalyptus grandis* apresentou maior valor no incremento volumétrico, com altura e diâmetro do tronco semelhante, porém, as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* apresentou valores inferiores para a percentagem de casca.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS

Para a implantação de povoamentos florestais é necessário conhecer algumas características importantes, como espécie a ser plantada e também a capacidade produtiva da região na qual se deseja produzir. Isso permite classificar o sítio em diferentes classes para uma determinada espécie, visando, portanto, a maximização e o planejamento da produção madeireira, através do manejo florestal (RETSLAFF, 2010, p. 02).

Alguns fatores, ambientais ou técnicos, podem determinar o crescimento das árvores quando se refere a povoamentos florestais, por exemplo, climáticos, edáficos, topográficos, competição e técnicas silviculturais, podendo citar desrama, desbaste. Assim, esses fatores acrescentando a espécie determina a capacidade produtiva do local, sendo resultado da interação destes com o local (SILVA, 2007, p. 22).

O autor Selle (1993, p. 16) definiu a capacidade produtiva dos sítios, como sendo o local onde as chamadas essências florestais se desenvolvem, tornando-se um parâmetro que se for mensurado uma vez, possibilitará estimar essa capacidade.

Na literatura muitos trabalhos já foram desenvolvidos considerando diferentes espécies, métodos de ajustes dos modelos matemáticos e os diferentes padrões de desenvolvimento da altura média das árvores dominantes. Dentre estes se pode citar Selle (2003), Tonini (2000), Miguel (2009), Tonini et al. (2002), Machado et al. (2005), Selle (2008).

Há algumas limitações quanto à classificação de sítios, como a ocorrência de distorções na curva-média, ou seja, as curvas de índice de sítio não representam o desenvolvimento da relação altura-idade. Isto, somente acontece quando a distribuição das observações não for igual em diferentes sítios com amplitudes de

idades diferentes. Ou então, se há uma variação na tendência natural do crescimento de um índice de sítio para outro, significando que, as curvas anamórficas plotadas não representam a relação altura-idade (SCOLFORO, 2006, p. 148).

Para que se obtenham as curvas de índice de sítio são utilizadas equações de índices de local, as quais são empregadas para a classificação da capacidade produtiva do sítio. Estas equações procedem de relações funcionais, envolvendo as variáveis altura dominante média e uma idade referência. Contudo, a qualidade do sítio é analisada de maneira individual para cada espécie, podendo um sítio ser bom para uma espécie específica e ao mesmo tempo, ser ruim para outra (CAMPOS; LEITE, 2009, p. 253).

Com relação ao uso da altura dominante, é uma variável adequada para a caracterização do local, por ser independente de atividades silviculturais, como por exemplo, o desbaste por baixo, no qual as árvores mais grossas não são removidas. Ainda a favor desta variável, não é afetada pela densidade do povoamento e é de fácil determinação a campo (TONINI, 2003, p. 47).

Para a classificação de sítio, segundo Scheneider (2008, p. 338), a idade de referência é indicada quando for igual para espécies que possuam rotações parecidas, assim, poderá ser realizada uma comparação de curvas de índice de sítio de espécies e locais distintos. Para idade de referência, considera-se a idade de rotação ou próxima a essa.

Além dessas variáveis, a qualidade do sítio está relacionada ao desenvolvimento dos povoamentos florestais, e também é influenciada por fatores genéticos, ecológicos e silviculturais (SCHNEIDER; SCHENEIDER, 2008, p. 327).

Para Tonini (2000, p. 09) os fatores que caracterizam o sítio, como o solo, relevo, qualidade genética, influência antrópica, tempo e outros, são previamente ditos por possuírem baixa precisão como indicadores do crescimento, de modo que, o objetivo da classificação de sítio é a obtenção de uma conexão entre sítio e crescimento.

3.2.1 Altura das Árvores Dominantes

Sendo considerado na Alemanha um elemento da dendrometria, a altura dominante foi sugerida como apropriada para a determinação da qualidade do sítio. Porém, esta condicionante tem relação com fatores genéticos e sendo pouco influenciada pela densidade do povoamento. Com isso, pode-se afirmar que a atividade fotossintética parece ter pouca influência direta no desenvolvimento da altura, pois o crescimento em altura é processado, principalmente, à custa das reservas de hidratos de carbono acumulados nas folhas senis e ramos finos das extremidades (SCHNEIDER; SCHENEIDER, 2008, p. 336).

A altura dominante pode ser definida por várias maneiras, dentre estas podemos citar: a altura média das cem árvores mais grossas por hectare (Assmann), a altura média das árvores mais grossas correspondentes a 12 m² de área basal por hectare (Pollanchutz), a altura correspondente ao diâmetro à altura do peito (dap) médio de 20% das árvores mais grossas por hectare (Weise), a altura média das 30 árvores mais altas do povoamento (Lewis), e outras (TONINI et al., 2002, p. 64).

O crescimento em altura está correlacionado com o crescimento potencial do volume, sendo que a altura dominante, além da facilidade na medição no campo, possui correlação com a produção em volume, indica a qualidade do sítio para todas as idades do povoamento e é independente da densidade (TONINI, 2000, p. 23).

Os autores Cunha Neto et al. (1996, p. 07), observaram que mesmo utilizando 560 pares de dados para testar modelos em relação à altura dominante, os quais são tradicionais em trabalhos deste gênero, verificaram que nenhum dos modelos obteve ajuste satisfatório, apresentando coeficiente de determinação máximo de 65% e uma distribuição tendenciosa de resíduos. Porém, em comparação com outros trabalhos constatou-se que, a amplitude entre o menor e o maior valor de altura média das árvores dominantes foi muito grande em todas as idades, chegando a 15m na idade de 5 anos. Alguns fatores podem explicar a correlação altura dominante-idade, como por exemplo, desequilíbrio na amostragem entre as idades sucessivas nos sítios mais produtivos. O elevado coeficiente de variação é um segundo fator levado em consideração, principalmente em idades menores onde o desenvolvimento das plantas não depende só dos fatores do sítio.

Segundo Machado e Filho (2009, p. 139), a altura dominante de Assmann, atualmente, é a mais utilizada, pois Assmann foi o primeiro a indicar esse critério no ano de 1959.

3.2.2 Construção de Curvas de Índice de Sítio

A construção de curvas de índice de sítio é determinada com dados de altura das árvores dominantes e idade de referência. Estes dados podem ser oriundos de diversos modos, como por parcelas temporárias, parcelas permanentes, ou através da análise completa do tronco (ANATRO) (CAMPOS; LEITE, 2009, p. 256).

Segundo Miguel (2009, p.24), os dados oriundos de parcelas temporárias são requeridos quando não há parcelas permanentes ou ainda, quando as árvores não apresentam anéis de crescimento visíveis. Possuem vantagem a utilizar informações de pares de altura sobre idade a partir de inventários convencionais, possuem custos relativamente mais baixos e é necessário espaço de tempo curto quando comparados a outros procedimentos.

A partir das parcelas temporárias é possível a construção de índices de sítio, resultando em alta intensidade amostral, devido pares de altura-idade ser obtido por parcela. Estas ainda, não apresentam erros correlatos, ao fato de que a cada amostragem, novas parcelas são feitas de maneira independente (SCOLFORO, 1997).

Campos e Leite (2009, p. 256) relatam que o uso de parcelas permanentes é eficiente, pois são obtidos dados a partir de inventários contínuos, os quais consistem em medições das árvores dominantes por vários anos.

De acordo com Tonini (2003, p.47), as remedições em parcelas permanentes proporcionam melhores dados para a construção das curvas, entretanto a obtenção destes dados é onerosa, este fato ocorre devido aos dados ficarem disponíveis após certo período de tempo a partir da instalação das parcelas.

A análise de tronco baseia-se na medição e contagem dos anéis de crescimento, quando a idade do plantio não é conhecida. É uma avaliação de todo o crescimento da árvore, permitindo o conhecimento sobre o passado da mesma. É

realizada em espécies em que os anéis de crescimento são visíveis, porém, na análise de tronco completa é necessária a derrubada da árvore para que se possa cortar o fuste retirando os discos, nos quais é feita a contagem dos anéis de crescimento (ENCIÑAS et al., 2005, p.13).

3.2.3 Tipos de Curvas de Índice de Sítio

A representação da capacidade produtiva é feita através de equações ajustadas pelo método de regressão. As curvas de índice de sítio podem ser classificadas em anamórficas ou polimórficas, dependendo do método utilizado na análise e da base dos dados (PRODAN et al., 1997, p. 372).

Conforme Scolforo (1997), a obtenção de curvas de índice de sítio, tanto anamórficas ou polimórficas, independente da escolha da idade de referência além, da altura ser igual ao índice de sítio, não necessita qualquer ajuste ou correção, quando curvas polimórficas estiverem sendo geradas.

As curvas classificadas como anamórficas são definidas quando a distância entre as curvas são iguais. Possuem inclinação comum e constante, porém, variam o ponto de interseção (CAMPOS; LEITE, 2009, p. 257). Estas possuem um ritmo de crescimento igual em altura dominante para diferentes sítios, com isso, o coeficiente de variação deve ser igual para todas as classes de idade, o que nem sempre ocorre na prática, devido o desenvolvimento das espécies serem diferentes nos sítios (SCHNEIDER; SCHENEIDER, 2008, p. 340).

Miguel (2009, p. 27) relata que, frequentemente, as curvas anamórficas demonstram que não simulam de maneira acurada o crescimento do povoamento. Ainda há outra evidência, segundo o autor, a forma da curva não varia de sítio para sítio mantendo proporcionalidade entre si.

Segundo os autores Neto et al. (1996, p. 11), na região de Luiz Antonio, localizada no estado de São Paulo, o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local, assim, indicando que as curvas altura dominante-idade possuem padrão anamórfico para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*.

Já, as curvas polimórficas constituem uma forma específica em cada índice de sítio, contudo somente podem ser obtidas através de dados periódicos coletados de parcelas permanentes ou análise de tronco (SCHNEIDER; SCHENEIDER, 2008, p. 340).

3.2.4 Método da Curva-Guia

As curvas anamórficas são construídas através do método da curva-guia ou linha média de regressão o que consiste em traçar matematicamente uma curva, da qual são obtidas outras em relação à altura média das árvores dominantes com a idade (COUTO et al., 1989, p. 06).

De acordo com Campos e Leite (2009), as equações são testadas e por fim, a resultante representa a curva média de índices de local, ou seja, a curva-guia. Esta manifesta a estimativa do crescimento médio ao longo do tempo. Observa-se segundo os autores que, quando a idade do povoamento for igual à idade de referência, a altura dominante é igual ao índice do local.

3.3 DETERMINAÇÃO DO VOLUME INDIVIDUAL E POPULACIONAL

A determinação do volume de árvores individuais é o ponto de partida para a obtenção do volume sólido de povoamentos florestais, que é uma das principais finalidades dos inventários florestais. Com as variáveis diâmetro e altura torna-se possível obter o volume com técnicas indiretas como o fator de forma, equações de volume e funções de afilamento (MIGUEL, 2009, p. 37).

A forma do fuste da árvore não é um cilindro perfeito, possuindo várias formas, porém existem alguns procedimentos para determinar seu volume. Alguns deles são: princípio do xilômetro, volume de Frankon (4º reduzido) e a cubagem rigorosa (SOARES et al., 2012).

A desuniformidade do fuste ocorre muitas vezes, em razão do ambiente, da idade, espécie, manejo e genética (SANQUETTA et al., 2009).

A forma do tronco da árvore pode sofrer variações, sendo que estas ocorrem devido à diminuição dos diâmetros da base ao topo da árvore, denominando-se de forma da árvore ou taper. A variação da forma do tronco da árvore pode resultar em uma alteração do volume de acordo com a espécie, diâmetro a altura do peito, idade, manejo e sítio.

O fator de forma é a razão entre volumes, e é usado como fator de correção do volume do cilindro para o volume real da árvore. Este é influenciado pela espécie, sítio, espaçamento, desbaste, idade e outros. Variando também em relação, ao ponto que é calculada a área seccional. Deveria ser mensurada a área seccional na base da árvore para estar de acordo com os sólidos geométricos, porém, quase sempre esta é medida ao nível do diâmetro à altura do peito (dap), pela razão que não é prático realizar essa medida na base da árvore, devido a irregularidade da seção, causada pelo sistema radicular (SCOLFORO; THIERSCH, 2004, p. 165).

Uma das maneiras mais antigas, para a obtenção do volume de árvores individuais, é a utilização do fator de forma, tornando-se possível em situações quando não se tenha informações suficientes, e também quando se necessita de rapidez no trabalho do inventário. Porém, fornecendo estimativas confiáveis, desde que se controle idade, espaçamento e sítio (FRANCO et al., 1997, p. 84).

De acordo com Prodan et al. (1997) *apud* Drescher et al. (2010, p. 192) o fator de forma pode ser artificial ou verdadeiro, dependendo em que altura for mensurado o diâmetro do cilindro de referência. Se o diâmetro do cilindro for medido em 10% da altura total, ou seja, em altura relativa, o fator de forma é denominado de real ou verdadeiro. E pode ser denominado como fator de forma artificial, quando, o diâmetro do cilindro medido a uma altura absoluta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi desenvolvido no município de Quedas do Iguaçu, Paraná, nas coordenadas 52°54'39" W e 25°27'22" S, em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com treze anos de idade, pertencente à empresa Araupel S/A.

A região está enquadrada no mapa fitogeográfico do Estado do Paraná como Floresta Estacional Semidecidual (RODERJAN et al., 1992). Essa região é caracterizada pela dupla estacionalidade climática, uma tropical, com época de chuvas de verão seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelas baixas temperaturas de inverno, que são inferiores a 15°C. O clima, segundo Köppen, é classificado como Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e temperatura média anual de 20°C.

O relevo é suave-ondulado, com vertentes longas e altitude de 450 a 600 m acima do nível do mar. O tipo de solo é Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999).

4.2 OS DADOS

4.2.1 Inventário Contínuo

Os dados foram fornecidos por uma empresa do setor florestal localizada no município de Quedas do Iguaçu, região Sudoeste do Paraná. As variáveis obtidas foram diâmetro à altura do peito (dap) em centímetros, altura média (h) em metros e altura dominante (h_{100}) em metros. O inventário contínuo da floresta encontra-se atualmente na quinta medição das 19 parcelas que compõem a rede de amostragem. As parcelas são permanentes e distribuídas com base nos princípios

do processo de amostragem aleatória simples. A área total do povoamento é de 98,90 ha.

As unidades amostrais possuem forma retangular com dimensões de 25x20 m, totalizando 500 m². Inicialmente, o espaçamento do plantio era de 2,5 x 2,0 m, totalizando 2.000 árvores.

O método de amostragem utilizado é por área fixa, onde a seleção dos indivíduos foi realizada proporcionalmente à área da unidade de amostra. Foram medidas 19 parcelas em outubro de 2004, junho de 2006, outubro de 2007, e janeiro de 2013, com exceção em setembro de 2010 quando foram medidas 15 parcelas.

Na área estudada foram realizados dois desbastes, sendo o primeiro em 2006 com retirada de 680 árvores por hectare, e o segundo desbaste realizado em maio de 2011 quando foram retiradas 265 árvores por hectare.

4.2.2 Árvores Individuais

Foram abatidas nove árvores no mês de Abril de 2013. E em seguida, foram mensurados os diâmetros ao longo do fuste com uma suta dendrométrica, com dupla medição cruzada, formando um ângulo reto entre elas, tendo-se o diâmetro médio de cada posição como medida final. Assim, medidas rigorosamente estas árvores, sendo classificadas por classes de diâmetros, onde foram estabelecidas classes: intermediárias e superiores. Esta divisão teve como finalidade agrupar árvores com as mesmas características de fuste, tratando-se de diâmetro, visando assim diminuir a amplitude entre classes.

O cálculo do volume seguiu a metodologia de Smalian e forneceu o volume real de seções individuais do fuste da árvore. O volume total com ou sem casca foi obtido através do somatório dos volumes das n seções. Foram realizadas medições a partir do nível do solo a 0,30 m; 0,50 m; 1,30 m; 2,30 m, e a partir deste ponto, de 2 em 2 metros até atingir o ápice da árvore. A altura total foi obtida com trena métrica em metros.

Para a obtenção do volume com e sem casca foi realizado a medição da espessura de casca a campo, retirando a casca nas posições da cubagem com auxílio de régua graduada em milímetros (mm).

4.3 PROCESSAMENTOS DOS DADOS

4.4 ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE

4.4.1 Altura Dominante

Para gerar as curvas de índice de sítio foram testados modelos tradicionais para altura dominante em função da idade (Tabela 01), existentes na literatura e aceitas no setor florestal, estes expressando a relação do crescimento em altura em função da idade. A seleção do melhor modelo baseou-se em critérios estatísticos

Tabela 01- Modelos para o crescimento em altura em função da idade a serem testados para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Quedas do Iguaçu – PR.

Número	Autor	Equação
1	Schumacher	$\ln h_{100} = \beta_0 + \beta_1 1/t$
2	Backman	$h_{100} = \beta_0 + \beta_1 \ln t + \beta_2 \ln t^2$
3	Backman modificado	$h_{100} = \beta_1 \ln t + \beta_2 \ln t$
4	Prodan	$h_{100} = \frac{t^2}{(\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2)}$
5	Prodan modificado	$h_{100} = \frac{t^2}{(\beta_1 t + \beta_2 t^2)}$

Onde: h_{100} = altura dominante em metros; \ln = logaritmo neperiano; t = idade em anos; β_0 = coeficiente linear, β_1, β_2 = coeficientes angulares.

4.4.2 Altura Média

Para estimar a altura média, foram testados modelos matemáticos (Tabela 02), sendo que, estimou-se a altura média do povoamento em função da altura dominante. Selecionou-se o melhor modelo comparando-o com os demais, através de critérios estatísticos.

Tabela 02- Modelos para o crescimento em altura média em função da altura dominante a serem testados para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Quedas do Iguaçu – PR.

Número	Autor	Equação
1	Backman	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln h_{100} + \beta_2 \ln^2 h_{100}$
2	Backman modificado	$\ln h = \beta_1 \ln h_{100} + \beta_2 \ln^2 h_{100}$
3	Curtis	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{h_{100}}\right) + \beta_2 \left(\frac{1}{t}\right) + \beta_3 \frac{1}{(h_{100} t)}$
4	-	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 h_{100} + \beta_2 h_{100}^2$

Onde: \bar{h} = altura média (m); h_{100} = altura dominante em metros; ln = logaritmo neperiano; t = idade em anos; β_0 = coeficiente linear, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes angulares.

4.4.3 Diâmetro Médio

Para a obtenção da estimativa do diâmetro médio em função da altura dominante, foram testados modelos matemáticos (Tabela 03), selecionando-o por critérios estatísticos.

Tabela 03- Modelos para o crescimento em diâmetro médio em função da altura dominante a serem testados para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Quedas do Iguaçu – PR.

Número	Autor	Equação
1	Backman	$\ln d = \beta_0 + \beta_1 \ln h_{100} + \beta_2 \ln^2 h_{100}$
2	Backman modificado	$\ln d = \beta_1 \ln h_{100} + \beta_2 \ln^2 h_{100}$
3	-	$\ln d = \beta_1 \ln h_{100} + \ln h_{100}^2$
4	-	$\ln d = \beta_0 \ln h_{100} + \beta_1 h_{100}^2$

Onde: \bar{d} = diâmetro médio (cm); h_{100} = altura dominante em metros; ln = logaritmo neperiano; t = idade em anos; β_0 = coeficiente linear, β_1, β_2 = coeficientes angulares.

4.5 CUBAGEM POR SMALIAN

Foi realizada a cubagem rigorosa segundo Smalian, no povoamento com 13 anos de idade, sendo a partir desta determinada as seguintes variáveis:

4.5.1 Volume Individual com e sem Casca

A obtenção do volume total da árvore foi determinado pela seguinte equação:

$$V_t = \sum_{i=0}^n v_i + v_c$$

Onde: v_t = Volume total da árvore com e sem casca (m³); v_i = volume das seções intermediárias (m³); v_c = volume do cone (m³).

Obteve-se a área basal com e sem casca de cada seção da árvore através da fórmula:

$$g_i = \frac{(d_i^2) * \pi}{40000}$$

Onde: g_i = Área basal com e sem casca da seção (m²); d_i = diâmetro das seções com e sem casca (cm).

Para o volume das seções intermediárias calculou-se da seguinte forma:

$$v_i = \frac{g_i + g_{i+1}}{2} * l_i$$

Onde: v_i = volume das seções intermediárias com e sem casca (m³); g_i = área seccional da extremidade inferior com e sem casca de cada seção (m²); g_{i+1} = área seccional da extremidade superior com e sem casca de cada seção (m²); l_i = comprimento da seção (m).

Para a obtenção do volume do cone utilizou a seguinte equação:

$$v_c = \frac{1}{3} * g_n * l_n$$

Onde: v_c = volume do cone com e sem casca (m³); g_n = área seccional com e sem casca do cone (m²); l_n = comprimento seccional do cone (m).

4.5.2 Fator de Forma Com Casca e Sem Casca

Obteve-se o fator de forma com casca ($f_{c/c}$) e sem casca ($f_{s/c}$), considerando a razão entre o volume da árvore, denominado de volume rigoroso, pelo volume de um sólido geométrico, no caso um cilindro. A equação do fator de forma utilizada foi a seguinte:

$$f_{1,30} = \frac{Vol_{rig.}}{Vol_{cil.}}$$

Onde: $F_{1,30}$ = fator de forma com e sem casca; $Vol_{rig.}$ = volume rigoroso (m^3); $Vol_{cil.}$ = volume cilindro (m^3).

O volume do cilindro foi calculado pela seguinte equação:

$$Vol_{cil.} = \frac{\pi \cdot d_{cil}^2}{4} * h$$

Onde: $Vol_{cil.}$ = volume do cilindro (m^3); d_{cil} = diâmetro a altura do peito com casca (cm); h = altura total da árvore (m).

4.5.3 Volume de Casca

Para a obtenção do volume de casca, calculou-se o diâmetro sem casca. Assim, com os volumes obtidos, calculou-se o volume de casca em percentagem, através da seguinte fórmula:

$$V_{c\%} = \frac{V_{c/c} - V_{s/c}}{V_{c/c}} * 100$$

Onde: $V_{c\%}$ = volume de casca relativo (%); $V_{c/c}$ = volume com casca absoluto (m^3); $V_{s/c}$ = volume sem casca absoluto (m^3).

4.6.1 Altura Dominante (h_{100})

Foi utilizada a altura dominante de Assmam, que corresponde à altura média aritmética das 100 árvores mais grossas por hectare. Por este método, foram medidas o diâmetro a altura do peito das 5 árvores mais grossas, referente à área de 500m² da parcela. Após, foi realizado o cálculo da média aritmética das alturas dessas alturas correspondentes à altura dominante.

$$h_{100} = \frac{\sum_{i=0}^n h_{di}}{n}$$

Onde: h_{100} = altura dominante de Assmann (m); h_{di} = altura média aritmética das 5 árvores mais grossas por hectare (m); n= número de árvores.

4.6.2 Diâmetro Médio (\bar{d})

O diâmetro médio foi calculado através de média aritmética dos diâmetros medidos no inventário contínuo, utilizando para isso a seguinte fórmula:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=0}^n d_i}{n}$$

Onde: \bar{d} = diâmetro médio aritmético (cm); d_i = diâmetro (cm); n= número de árvores.

4.6.3 Altura Média (\bar{h})

Para a obtenção da altura média foi calculado a partir de média aritmética das alturas, seguindo a fórmula:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=0}^n h_i}{n}$$

Onde: \bar{h} = altura média aritmética (m); h_i = altura (m); n= número de árvores.

4.6.4 Número de Árvores por Hectare (N)

A estimativa do número de árvores por hectare se deu por extrapolação do número de árvores estimado na parcela para um hectare.

4.6 VOLUME POPULACIONAL

O volume populacional calculado representa o volume real do povoamento em uma determinada idade, podendo ser obtido com e sem casca.

4.6.1 Volume Populacional Com e Sem Casca

Para o cálculo do volume populacional, foi necessário calcular a área basal por hectare, utilizando o diâmetro médio estimado e o número de árvores por hectare. A área basal foi determinada pela seguinte equação:

$$G = \frac{\pi * \bar{d}^2}{40000} * N$$

Onde: G= área basal por hectare (m²/ha); \bar{d} = diâmetro médio (cm); N= número de árvores por hectare.

Os volumes totais com e sem casca foram obtidos pela seguinte expressão:

$$V = \bar{h} * G * f_{1,30}$$

Onde: V = volume total com ou sem casca (m³); G = área basal por hectare (m²/ha), \bar{h} = altura média (m); $f_{1,30}$ = fator de forma artificial médio para o povoamento.

Para a determinação do fator de forma utilizado na fórmula acima, foi realizado uma média aritmética dos valores de f encontrados para árvores cubadas nas classes, intermediária e superior.

4.7 RELAÇÃO ALTURA DIÂMETRO (h/d)

Para o cálculo da relação altura pelo diâmetro, apenas houve a divisão da altura das árvores pelo seu diâmetro, sabendo que essas variáveis são provenientes da cubagem rigorosa.

4.8 ANÁLISES DOS MODELOS ESTATÍSTICOS

Na seleção do melhor modelo para altura dominante, altura média, e diâmetro médio, analisou-se o ajuste de cada equação comparativamente, observando os critérios estatísticos definidos pelo: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa (S_{yx}), o coeficiente de variação (CV%) e distribuição gráfica dos resíduos.

4.8.1 Coeficiente de Determinação Ajustado

O coeficiente de determinação expressa variação total explicada pela regressão. Como esse coeficiente cresce à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, utiliza-se o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) para o número de coeficientes da equação. Possui variação de 0 a 1, portanto, quanto mais próximo de 1 for o valor do R^2_{aj} , significa que melhor foi o ajuste. Segue a fórmula do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}):

$$R^2_{aj} = R^2 - \left[\frac{K-1}{K-N} \right] * (1-R^2)$$

Onde: R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; K= número de coeficientes da equação; N= número de observações; R^2 = coeficiente de determinação.

4.8.2 Erro Padrão da Estimativa

O erro padrão da estimativa indica a precisão do ajuste do modelo matemático e somente deveria ser utilizado como comparador quando as variáveis dependentes apresentarem mesma unidade de medida.

O erro padrão da estimativa é obtido através da fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{res.}}$$

Onde: S_{yx} = erro padrão da estimativa; $QM_{res.}$ = quadrado médio do resíduo, obtido na análise da variância.

4.8.3 Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação (CV%), também denominado erro padrão da estimativa em percentagem, é uma medida adimensional, que compara as grandezas diferentes, expressando em termos relativos à dispersão média dos valores observados em relação a sua média.

O coeficiente de variação é obtido pela fórmula:

$$CV\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} * 100$$

Onde: $CV\%$ = coeficiente de variação em percentagem; S_{yx} = erro padrão da estimativa; \bar{y} = média aritmética da variável dependente.

4.8.4 Distribuição Gráfica dos Resíduos

Na seleção de modelos matemáticos é considerada também a distribuição dos resíduos, sendo selecionado o modelo que apresentar a menor variação de resíduos, com menor tendência de superestimar ou subestimar os valores

observados. Os desvios são graficamente distribuídos em um sistema de eixos, sendo que na ordenada os desvios são centrados em zero e o eixo da abcissa definido pela variável dependente estimada.

Assim, o melhor modelo será aquele que apresentar o valor do coeficiente de determinação mais próximo de 1, o valor do erro padrão da estimativa baixo, o menor valor do coeficiente de variação, assim como o maior nível de significância das variáveis independentes e a melhor distribuição dos resíduos.

4.9 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO

Após a seleção do modelo de estimativa de altura dominante, foram construídas curvas monomórficas de índice de sítio, ajustando o modelo para todo o conjunto de dados, desta maneira, obteve-se uma curva guia ou curva mestre, e após construiu-se várias curvas paralelas. Os pares de altura-idade foram plotados juntamente com as curvas de índice de sítio, e estes cobriram toda a variação entre o menor e o maior crescimento da altura dominante do povoamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das variáveis do povoamento com as transformações necessárias como altura dominante e altura média é apresentada na Tabela 04.

Tabela 04 – Média das variáveis de interesse por idade, para o povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Quedas do Iguaçu, PR.

Idade (anos)	h_{100} (m)	\bar{h} (m)	\bar{d} (cm)	N (N/ha)
4	24,61	20,81	14,82	1313
6	30,37	29,06	21,04	633
7	32,70	30,51	22,59	633
10	36,58	35,46	29,05	367
13	40,74	39,38	31,41	367

Onde: h_{100} = altura dominante (m); \bar{h} = altura média (m); \bar{d} = diâmetro à altura do peito médio (cm); N= número de árvores por hectare (N/ha).

5.1 ESTIMATIVA DA ALTURA DOMINANTE

Foram testados modelos matemáticos de altura dominante para a classificação da capacidade produtiva. Após a seleção do melhor modelo através dos critérios estatísticos, o melhor ajuste foi o de Prodan, resultando na equação:

$$h_{100} = \frac{t^2}{-0,08216 + 0,11645 t + 0,01619 t^2}$$

Em que: h_{100} = altura dominante estimada (m); t^2 = idade (anos).

O modelo apresentou o valor de 0,9907 para coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) o erro padrão da estimativa (S_{yx}) foi de 0,12413 m, o coeficiente de variação foi de 6,19591%, e teve boa distribuição gráfica dos resíduos, portanto, não subestimou nem superestimou os valores de altura dominante.

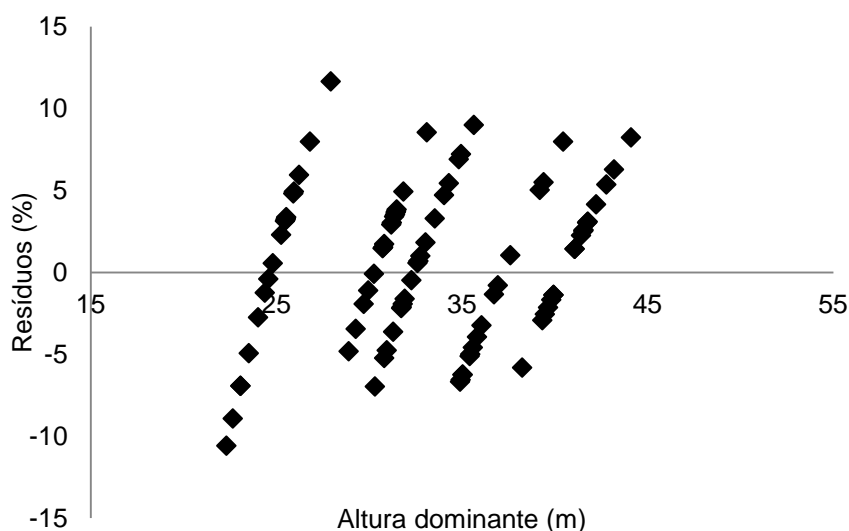


Figura 01 – Distribuição dos resíduos em função da altura dominante estimada pela equação de Prodan.

A análise dos resíduos, como mostra a Figura 03, permitiu verificar o ajuste da equação ao longo da amplitude dos dados observados de altura dominante pela distribuição dos resíduos. A equação de Prodan apresentou boa distribuição dos

resíduos e sem tendências nítidas de superestimar ou subestimar as alturas dentro da amplitude das alturas observadas, diferentemente dos outros modelos testados.

Projetou-se um feixe de curvas de índice de sítio, do tipo anamórficas. Os valores foram obtidos para cobrirem uma amplitude de índice de sítio de 34 a 48, representadas graficamente na Figura 03. A idade de referência para a formação do feixe de curvas foi de 12 anos e o intervalo de classe das curvas de índice de sítio foi dois metros.

Na Tabela 05, encontram-se os valores de altura dominante nas idades de 3 a 14 anos. Sendo que, apenas para a idade 14 anos foram extrapoladas as alturas além dos dados observados para melhor visualização na representação gráfica das curvas de índice de sítio.

Tabela 05 – Valores das curvas de índice de sítio para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden obtidos pela Equação de Prodan.

Idade t (anos)	ÍNDICE DE SÍTIO							
	34	36	38	40	42	44	46	48
3	18,77	19,87	20,98	22,08	23,18	24,29	25,39	26,50
4	21,44	22,70	23,96	25,22	26,48	27,74	29,00	30,26
5	23,79	25,19	26,59	27,99	29,39	30,79	32,18	33,58
6	25,84	27,36	28,88	30,40	31,92	33,44	34,96	36,48
7	27,64	29,27	30,89	32,52	34,15	35,77	37,40	39,02
8	29,22	30,94	32,66	34,38	36,10	37,82	39,54	41,26
9	30,62	32,43	34,23	36,03	37,83	39,63	41,43	43,23
10	31,87	33,75	35,62	37,50	39,37	41,25	43,12	45,00
11	32,99	34,93	36,87	38,81	40,75	42,70	44,64	46,58
12	34,00	36,00	38,00	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00
13	34,91	36,97	39,02	41,07	43,13	45,18	47,23	49,29
14	35,74	37,85	39,95	42,05	44,15	46,26	48,36	50,46

A distribuição dos valores observados das alturas dominantes nas diferentes idades pode ser observada na Figura 02, na qual foi traçada a curva-guia, estimada com o modelo selecionado.

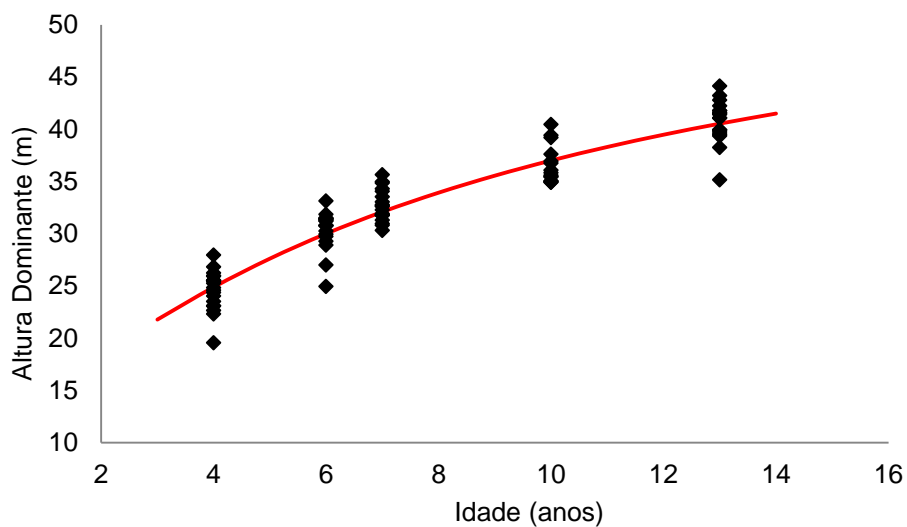


Figura 02 – Altura dominante estimada em função da idade com a representação da curva-guia.

Para abranger toda a variância representada pela nuvem de pontos dos dados observados, ou seja, entre o menor e maior valor de altura dominante, foram plotados os 91 dados amostrados nas parcelas permanentes, sendo de altura dominante e idade das árvores sobre o traçado das curvas de índices de sítio (Figura 03).

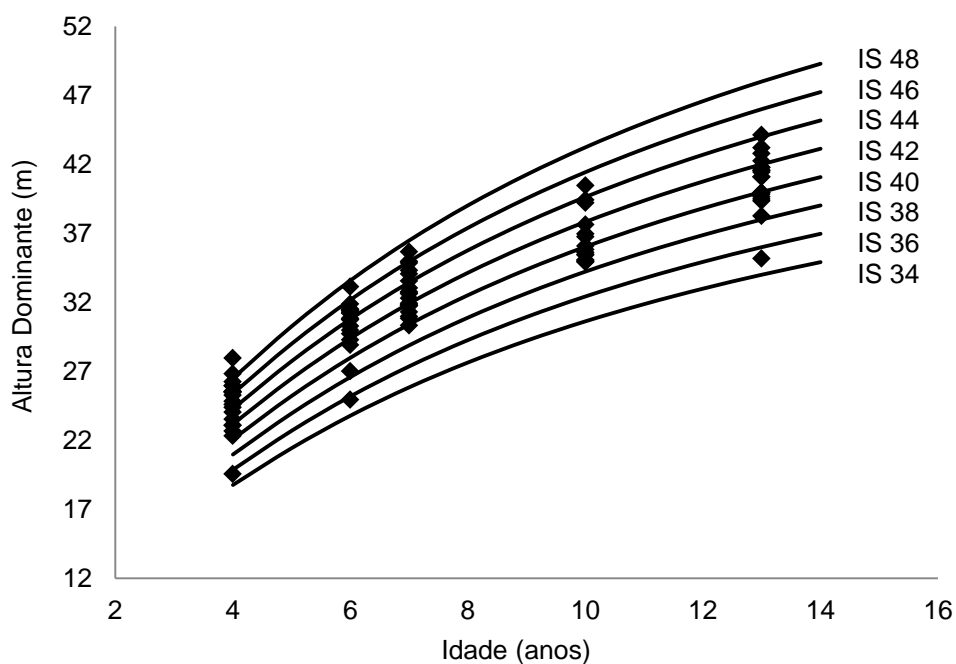


Figura 03 - Curvas de índice de sítio ajustadas para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e dispersão dos dados observados.

Verificou-se que foram necessárias 8 curvas, e estas descrevem com boa precisão o crescimento das árvores até a idade final de 14 anos.

5.2 ESTIMATIVA ALTURA MÉDIA

Após serem testados os modelos matemáticos de altura média em função da altura dominante, selecionou o modelo de Backman modificado, gerando a equação:

$$\ln h = 0,77479 * \ln h_{100} + 0,05877 * \ln^2 h_{100}$$

Em: h= altura média (m);, h_{100} = altura dominante (m); ln= logaritmo neperiano.

Essa equação apresentou coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) próximo a 1, significando que o ajuste foi o melhor comparando com todas as equações

testadas, resultando em 0,9996, o erro padrão da estimativa (S_{yx}) resultou em 0,06481, o coeficiente de variação foi de 1,90563%, além da boa distribuição gráfica dos resíduos, não apresentando tendenciosidade (Figura 04).

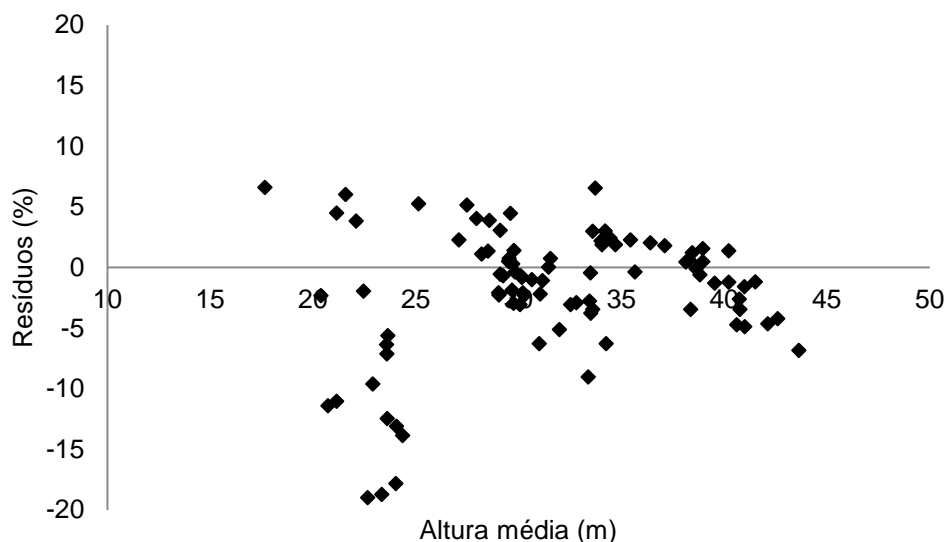


Figura 04 – Distribuição dos resíduos para o modelo de altura média.

Observa-se que na Figura 05, os valores de altura média sobrepõem os valores observados.

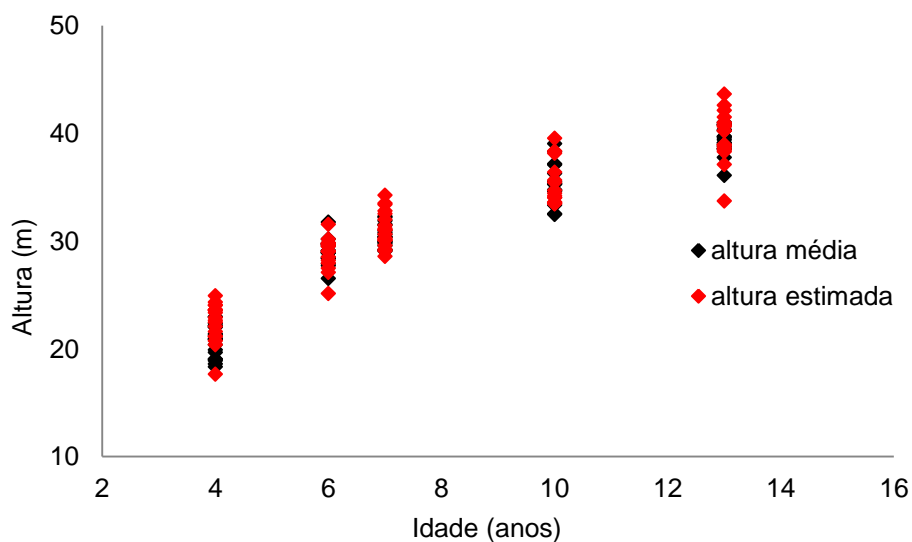


Figura 05 – Altura média estimada sobre as alturas observadas.

5.3 ESTIMATIVA DIÂMETRO MÉDIO

Para a estimativa do diâmetro médio, foram testados modelos matemáticos, o modelo selecionado é apresentado na forma da equação e apresenta-se a seguir:

$$\ln d = 0,81126 \ln h_{100} + 0,00027249 h_{100}^2$$

Em que: d = diâmetro médio (cm); h_{100} = altura dominante (m); \ln = logaritmo neperiano.

Este modelo apresentou o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 0,9988, o erro padrão da estimativa (S_{yx}) resultou em 0,10637, e o coeficiente de variação (CV%) em 3,41082%.

Observa-se na Figura 06 que, os valores de diâmetro estimados passam no meio da nuvem dos valores observados, sendo que a amplitude dos resíduos variou pouco. Observa-se que apenas alguns pontos foram superestimados, porém houve uma boa distribuição dos resíduos, comparando-a com os demais modelos testados.

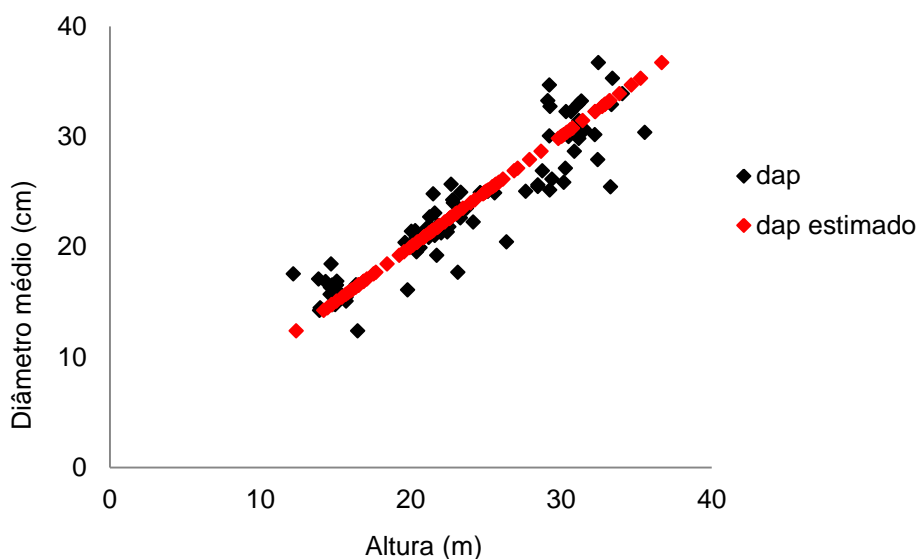


Figura 06 – Distribuição diamétrica dos valores observados e estimados em relação à altura dominante.

A Figura 07 mostra que os resíduos do modelo selecionado estão bem distribuídos. Observa-se que houve alguns pontos que foram superestimados e outros subestimados, havendo uma pequena tendenciosidade dos pontos plotados no gráfico.

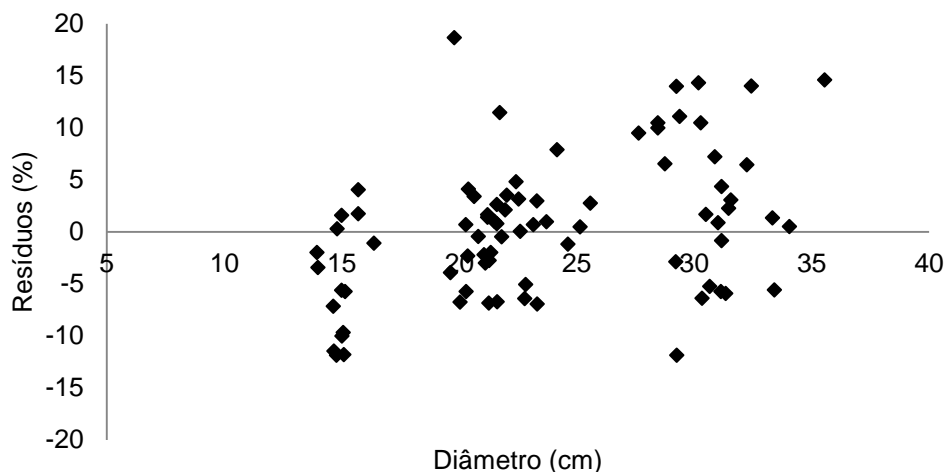


Figura 07 – Distribuição dos resíduos para o modelo de diâmetro médio.

5.4 CUBAGEM SMALIAN

Na Tabela 06 são apresentados os resultados encontrados na cubagem rigorosa de Smalian, sendo realizada em apenas uma idade, aos 13 anos. É utilizada e confiável para estimar volumes para todas as idades, possibilitando o procedimento, devido ter utilizado uma média do fator de forma com e sem casca para árvores intermediárias e superiores.

Conforme a Tabela 07, a árvore que apresentou maior diâmetro a altura do peito foi a número 2 e apresentou percentagem de casca de 7,27%. Os diâmetros das árvores 2, 3 e 5 são semelhantes e também os maiores dentro da classe, e estas apresentaram as menores percentagens de casca. Enquanto que, a árvore 6 apresentou o menor diâmetro de 24,10 cm, e, conseqüentemente, a maior percentagem de casca de 10,33%. Pois, com o aumento do diâmetro, conseqüentemente, o volume de madeira é maior que o aumento do volume de casca. Assim, o percentual de casca diminui para árvores com diâmetros maiores em relação à de menores diâmetros.

Tabela 06 - Cubagem Rigorosa Smalian da Classe Diamétrica Intermediária de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Árvore	DAP (cm)	h (m)	h/d	Vol. Smalian c/c (m ³)	Vol. Smalian s/c (m ³)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	% casca
1	29,90	43,40	1,45	1,32659	1,23777	0,435	0,406	6,70
2	30,90	43,30	1,40	1,54658	1,42445	0,476	0,439	7,90
3	30,40	42,00	1,38	1,32803	1,21898	0,436	0,400	8,21
4	29,35	41,40	1,41	1,22359	1,10659	0,437	0,395	9,56
5	30,40	42,40	1,39	1,33237	1,23549	0,433	0,401	7,27
6	24,10	36,80	1,53	0,84807	0,76051	0,505	0,453	10,33

Em que: DAP = diâmetro a altura do peito com casca (cm); h= altura total da árvore (m); h/d= relação altura e diâmetro; Vol. Smalian c/c= Volume cubagem rigorosa Smalian com casca (m³); Vol. Smalian s/c= Volume cubagem rigorosa Smalian sem casca (m³); $f_{c/c}$ = fator de forma com casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; % casca= percentagem de casca (%).

Na classe diamétrica superior, conforme a Tabela 07, o comportamento das árvores se diferenciou das outras classes. A árvore 1 que possui o menor DAP, de 41,20 cm, apresentou maior percentagem de casca com 9,35%. Aproximando-se da

percentagem de casca da árvore 2, com 9,31% de casca, com um DAP de 42,95 cm.

A árvore 3 foi a que apresentou menor percentagem de casca, com 7,57%, e com diâmetro e altura superiores à outras árvores da classe.

Tabela 07 - Cubagem Rigorosa Smalian da Classe Diamétrica Superior de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Árvore	DAP (cm)	h (m)	h/d	Vol. Smalian c/c (m ³)	Vol. Smalian s/c (m ³)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	% casca
1	41,20	41,90	1,02	2,20091	1,99508	0,394	0,357	9,35
2	42,95	44,00	1,02	2,77117	2,51329	0,435	0,394	9,31
3	43,00	44,60	1,04	2,98653	2,76037	0,461	0,426	7,57

Em que: DAP = diâmetro a altura do peito com casca (cm); h= altura total da árvore (m); h/d= relação altura e diâmetro; Vol. Smalian c/c= Volume cubagem rigorosa Smalian com casca (m³); Vol. Smalian s/c= Volume cubagem rigorosa Smalian sem casca (m³); $f_{c/c}$ = fator de forma com casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; % casca= percentagem de casca (%).

A percentagem de casca varia com o porte da árvore e tende a ser maior em árvores menores. E quanto mais cilíndrico for o fuste, maior será o fator de forma, assim, pode-se concluir que, quanto mais jovem a árvore, maior será a percentagem de casca.

Brum (2012, p. 32), encontrou um valor médio do fator de forma com casca de 0,498 para *Eucalyptus grandis*, variando de 0,456 a 0,548, sendo que os valores encontrados no presente trabalho são inferiores.

Comparando-se com uma avaliação em solo Latossolo Vermelho Distroférico, ou seja, o mesmo tipo de solo do presente trabalho, obteve-se um fator de forma com casca de 0,49 em plantios de *Eucalyptus grandis* com 59 meses de idade, já em Neossolo Litólico a espécie apresentou um fator de forma de 0,57 (RITCHER, 2007).

Para Beltrame et al. (2012, p. 346), encontraram-se valores de fator de forma médio sem casca de 0,415 para *Eucalyptus grandis*. O qual, não se diferenciou do fator de forma médio sem casca do presente trabalho.

5.5 TABELAS DE VOLUME

Nas Tabelas 08 a 12 são apresentadas as tabelas de volume por idade e por índice de sítio, apresenta o desenvolvimento de elementos dendrométricos.

Segundo a Embrapa (2003), o volume de madeira em determinado sítio, com idades diferentes, aumenta com o aumento do número de árvores por hectare, porém, o diâmetro tende a diminuir com um maior número de árvores.

A análise das tabelas de volumes permite verificar que ocorre um aumento do volume populacional com a melhoria dos índices de sítio. Da mesma forma observa-se que os melhores sítios possuem a capacidade de acumular maior área basal por hectare acarretando em maiores volumes populacionais.

Tabela 08 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Quedas do Iguaçu, PR.

4 anos									
IS	h ₁₀₀ (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G/ha (m ² /ha)	f _{c/c}	f _{s/c}	V _{c/c} (m ³ /ha)	V _{s/c} (m ³ /ha)
34	21,4	13,62	18,67	1313	19,14	0,45	0,41	160,78	146,49
36	22,7	14,49	19,92	1313	21,64	0,45	0,41	194,06	176,81
38	24,0	15,38	21,20	1313	24,40	0,45	0,41	232,72	212,04
40	25,2	16,31	22,49	1313	27,43	0,45	0,41	277,52	252,86
42	26,5	17,27	23,79	1313	30,76	0,45	0,41	329,33	300,05
44	27,7	18,27	25,11	1313	34,43	0,45	0,41	389,11	354,53
46	29,0	19,32	26,45	1313	38,48	0,45	0,41	458,02	417,30
48	30,3	20,41	27,81	1313	42,94	0,45	0,41	537,33	489,56

Onde: IS= índice de sítio; h₁₀₀= altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); f_{c/c}= fator de forma sem casca; f_{s/c}= fator de forma sem casca; V_{c/c}= volume com casca por hectare (m³/ha); V_{s/c}= volume sem casca por hectare (m³/ha).

Santana (2009, p. 69), ao estudar *Eucalyptus grandis* utilizando espaçamento 3 x 2,8 m, encontrou altura dominante de 26,25 m, diâmetro médio de 15,02 cm, altura média de 23,48 m, volume por hectare com casca de 211,86 m³/ha, e volume por hectare sem casca de 185,29 m³/ha. Observa-se que são valores próximos aos encontrados na Tabela 06, entre os índices de sítio 34 a 40.

O mesmo autor ainda verificou que para a variável volume com e sem casca, o efeito do espaçamento mais denso sobre a sua estimativa proporcionou maiores valores, o que já era esperado, em razão de uma maior densidade do povoamento.

Na Tabela 09 são apresentados valores para povoamento de *Eucalyptus grandis* com 6 anos de idade.

Tabela 09 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Quedas do Iguaçu, PR.

6 anos									
IS	h_{100} (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	$V_{c/c}$ (m ³ /ha)	$V_{s/c}$ (m ³ /ha)
34	25,8	16,78	23,13	633	14,00	0,45	0,41	145,73	132,78
36	27,4	17,97	24,72	633	16,05	0,45	0,41	178,56	162,69
38	28,9	19,22	26,33	633	18,36	0,45	0,41	217,53	198,19
40	30,4	20,53	27,96	633	20,96	0,45	0,41	263,71	240,27
42	31,9	21,92	29,62	633	23,89	0,45	0,41	318,36	290,06
44	33,4	23,39	31,29	633	27,19	0,45	0,41	382,96	348,92
46	35,0	24,94	32,99	633	30,93	0,45	0,41	459,26	418,44
48	36,5	26,60	34,72	633	35,16	0,45	0,41	549,35	500,52

Onde: IS= índice de sítio; h_{100} = altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); $f_{c/c}$ = fator de forma sem casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; $V_{c/c}$ = volume com casca por hectare (m³/ha); $V_{s/c}$ = volume sem casca por hectare (m³/ha).

Tabela 10 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 8 anos de idade, em Quedas do Iguaçu, PR.

8 anos									
IS	h_{100} (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	$V_{c/c}$ (m ³ /ha)	$V_{s/c}$ (m ³ /ha)
34	29,2	19,51	26,69	633	18,92	0,45	0,41	227,19	206,99
36	30,9	21,02	28,54	633	21,96	0,45	0,41	282,04	256,97
38	32,7	22,62	30,43	633	25,44	0,45	0,41	348,35	317,39
40	34,4	24,34	32,34	633	29,44	0,45	0,41	428,45	390,36
42	36,1	26,17	34,28	633	34,04	0,45	0,41	525,10	478,42
44	37,8	28,13	36,24	633	39,34	0,45	0,41	641,69	584,65
46	39,5	30,24	38,24	633	45,46	0,45	0,41	782,29	712,76
48	41,3	32,51	40,26	633	52,55	0,45	0,41	951,89	867,28

Onde: IS= índice de sítio; h_{100} = altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); $f_{c/c}$ = fator de forma sem casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; $V_{c/c}$ = volume com casca por hectare (m³/ha); $V_{s/c}$ = volume sem casca por hectare (m³/ha).

Observa-se que na Tabela 10, aos 8 anos de idade, no índice de sítio 34 os volumes com e sem casca foram superiores que aos 10 anos de idade no mesmo índice de sítio. (Tabela 11). Observa-se ainda que, no índice de sítio 48, a produção em volume sem casca, aos 8 anos de idade, foi de 867,28 m³/ha, enquanto que, aos 10 anos de idade, no mesmo índice de sítio o volume sem casca encontrado foi de 767,03 m³/ha, em função do desbaste, reduzindo número de árvores

Tabela 11 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Quedas do Iguaçu, PR.

10 anos									
IS	h_{100} (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	$V_{c/c}$ (m ³ /ha)	$V_{s/c}$ (m ³ /ha)
34	31,9	21,87	29,56	367	13,79	0,45	0,41	183,43	167,12
36	33,7	23,69	31,63	367	16,18	0,45	0,41	230,29	209,82
38	35,6	25,65	33,74	367	18,96	0,45	0,41	287,83	262,24
40	37,5	27,75	35,87	367	22,20	0,45	0,41	358,43	326,57
42	39,4	30,03	38,04	367	26,00	0,45	0,41	445,04	405,49
44	41,2	32,50	40,25	367	30,44	0,45	0,41	551,30	502,30
46	43,1	35,17	42,48	367	35,66	0,45	0,41	681,71	621,12
48	45,0	38,09	44,74	367	41,81	0,45	0,41	841,86	767,03

Onde: IS= índice de sítio; h_{100} = altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); $f_{c/c}$ = fator de forma sem casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; $V_{c/c}$ = volume com casca por hectare (m³/ha); $V_{s/c}$ = volume sem casca por hectare (m³/ha).

Tabela 12 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Quedas do Iguaçu, PR.

12 anos									
IS	h_{100} (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	$V_{c/c}$ (m ³ /ha)	$V_{s/c}$ (m ³ /ha)
34	34,0	23,9	31,9	367	16,53	0,45	0,41	237,35	216,25
36	36,0	26,1	34,2	367	19,57	0,45	0,41	300,89	274,15
38	38,0	28,3	36,5	367	23,16	0,45	0,41	379,92	346,15
40	40,0	30,8	38,8	367	27,40	0,45	0,41	478,20	435,70
42	42,0	33,5	41,1	367	32,44	0,45	0,41	600,45	547,07
44	44,0	36,5	43,5	367	38,42	0,45	0,41	752,57	685,68
46	46,0	39,8	46,0	367	45,54	0,45	0,41	942,04	858,30
48	48,0	43,3	48,4	367	54,07	0,45	0,41	1178,26	1073,52

Onde: IS= índice de sítio; h_{100} = altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); $f_{c/c}$ = fator de forma sem casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; $V_{c/c}$ = volume com casca por hectare (m³/ha); $V_{s/c}$ = volume sem casca por hectare (m³/ha).

Tabela 12 – Tabela de volume para povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Quedas do Iguaçu, PR.

14 anos									
IS	h_{100} (m)	DAP (cm)	h (m)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	$f_{c/c}$	$f_{s/c}$	$V_{c/c}$ (m ³ /ha)	$V_{s/c}$ (m ³ /ha)
34	35,7	25,8	33,9	367	19,15	0,45	0,41	291,93	265,98
36	37,8	28,2	36,3	367	22,86	0,45	0,41	373,19	340,02
38	39,9	30,8	38,7	367	27,29	0,45	0,41	475,37	433,12
40	42,1	33,6	41,2	367	32,57	0,45	0,41	603,90	550,22
42	44,2	36,7	43,7	367	38,92	0,45	0,41	765,66	697,60
44	46,3	40,2	46,3	367	46,55	0,45	0,41	969,41	883,24
46	48,4	44,0	48,9	367	55,76	0,45	0,41	1226,37	1117,36
48	50,5	48,2	51,5	367	66,91	0,45	0,41	1550,89	1413,03

Onde: IS= índice de sítio; h_{100} = altura dominante (m); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); h= altura média estimada (m); N= número de árvores por hectare; G= área basal por hectare (m²/ha); $f_{c/c}$ = fator de forma sem casca; $f_{s/c}$ = fator de forma sem casca; $V_{c/c}$ = volume com casca por hectare (m³/ha); $V_{s/c}$ = volume sem casca por hectare (m³/ha).

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve as seguintes conclusões:

- O modelo de Prodan, com 3 coeficientes, foi o que melhor se ajustou aos dados de crescimento em altura dominante em função da idade para o povoamento, por isso foi selecionado para a construção das curvas de índice de sítio.

- Para descrever a variação do crescimento da altura dominante sobre a idade foram necessárias 8 curvas de índice de sítio, de 34 a 48, na idade índice de 12 anos, com intervalo de 2 metros entre os índices de sítio.

- A partir da cubagem rigorosa por Smalian, foi possível obter o fator de forma com e sem casca dentro do esperado, sendo de 0,45 e 0,41 respectivamente.

- Foram construídas tabelas de volume para todos os índices de sítio encontrados no povoamento para as idades de 4 a 14 anos.

Este trabalho apresentou modelo de crescimento e produção que poderá servir de base para profissionais e produtores rurais que necessitem prognosticar o crescimento e a produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden desbastados no Sudoeste do Paraná e em regiões próximas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACKES, Paulo; IRGANG, Bruno E. **Árvores Cultivadas no Sul do Brasil: Guia de Identificação e Interesse Paisagístico das Principais Espécies Exóticas**. Instituto Souza Cruz, 1 ed. Porto Alegre, RS. 2004.

BASTOS, Nelson Luiz Magalhães; COUTO, Thadeu Zarate. **Curvas de Crescimento em Volume para *Eucalyptus* em 2ª Rotação no Estado de São Paulo**. IPEF, n.34, p.15-21, dez.1986.

BELTRAME, Rafael; Lazarotto, Marília; HASELEIN, Clovis R.; SANTINI, Élio J.; SCHNEIDER, Paulo R. AGUIAR, Aurélio M. Determinação das Deformações Residuais Longitudinais Decorrentes das Tensões de Crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 343-351, abr. 2012.

BRUM, José. **Avaliação de Três Espécies de Eucalipto no Município de Ajuricaba – RS**. 2012. 30 f.(Monografia de Graduação) UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS. 2012.

CAMPOS, João C. C.; LEITE, Helio G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.

CARDOSO, Denise J.; MACHADO, Sebastião A.; ROSOT, Nelson C.; EMERENCIANO, Dartagnan B. Avaliação da Influência dos Fatores Idade e Sítio na Relação Hipsométrica para *Pinus taeda* nas Regiões Central e Sudoeste do Estado do Paraná. **Floresta**. América do Norte, PR. v.19, n.1, p. 96-115, Out. 2006.

CUNHA NETO, Francisco R. .; SCOLFORO, José R. S.; OLIVEIRA, Antonio D.; CALEGÁRIO, Natalino; JÚNIOR, Honório k. Uso da Diferença Algébrica para Construção de Curvas de Índice de Sítio para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na Região de Luiz Antonio – SP. **Cerne**. Lavras, v.2 n.2, 1996.

DRESCHER, Ronaldo; PELISSARI, Allan L.; GAVA, Fernando H. Fator de Forma Artificial para Povoamentos Jovens de *Tectona grandis* em Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v.30, n.63, p.191-197, Ago/Out. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA NA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: 1999. 180 p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA NA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. . Sistemas de Produção, 4, 2003. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 15 de ago. 2013.

ENCIÑAS, José I.; SILVA, Gilson F.; PINTO, José Roberto R. Idade e Crescimento das Árvores. 2005. **Comunicações Técnicas Florestais**. UFB – Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, v.7 n.1. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos-pdf/idade-crescimento-arvoresis/idade-crescimento-arvoresis.pdf>>, Dezembro, 2005. Acesso em 22 de fev. de 2013.

FRANCO, Edmilson J.; SCOLFORO, José R. S.; MELLO, José M.; OLIVEIRA, Antonio D. Eficiência dos Métodos para Estimativa Volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis*. **Cerne**. Lavras, v.3 n.1 p. 82-117, 1997.

LORENZI, Harri; SOUZA, Hermes M. **Árvores Exóticas no Brasil: Madeiras, Ornamentais e Aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MACHADO, Sebastião A.; URBANO, Edilson; CONCEIÇÃO, Marcio B. Comparação de Método de Estimativa de Volume para *Pinus oocarpa* em Diferentes Idades e Diferentes Regimes de Desbastes. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Curitiba, v.50 p.81-98. Jan/Jun. 2005.

MIGUEL, Eder P. **Avaliação Biométrica e Prognose da Produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na Região Norte do Estado de Goiás**. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2009.

MORA, Admir L.; GARCIA, Carlos H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo – SP. 2000.

OLIVEIRA, Edilson B.; OLIVEIRA, Yeda M. M.; AHRENS, Sérgio; MACHADO, Sebastião A. Classificação de Sítio para Povoamentos de *Pinus elliottii* ENGELM. No Sul do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n.37, p. 5-18, Jul./Dez. 1998.

PRODAN, Michael; PETERS, Roland; COX, Fernando; REAL, Pedro. **Mensura Florestal**. 586p. 1997. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?hl=es&lr=&id=fhL2Zrh7nmwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=ahusamiento&ots=24kq6ZZvyw&sig=XzF_ie6RBaKXUrailXWXtz4_djM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false> Acesso em 06 mar. 2013.

RETSLAFF, Fabiane A. S. **Modelagem do Crescimento e Produção em Classes de Diâmetro para Plantios de *Eucalyptus grandis***. 168 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Irati, PR. 2010.

RICHTER, Alekson F.; **Avaliação de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em diferentes idades plantadas em diferentes áreas nos municípios de Tenente Portela e Derrubadas - RS**. 61 f. 2007. Monografia de Graduação. UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Campus Ijuí, DEAg – Departamento de Agronomia, Ijuí, 2007.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. **As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná**. *Ciência & Ambiente*, n. 24, p. 75-92. Jan. 2002.

SANTANA, Wilma M.S. **Crescimento, Produção e Propriedades da Madeira de Clone de *Eucalyptus grandis* e *E.urophylla* com Enfoque Energético**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras - UFV, Lavras, MG, 2009.

SCHNEIDER, Paulo Renato; SCHNEIDER, Paulo S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2 ed. Santa Maria: FACOS – UFSM, 2008.

SCOLFORO, José, R. S. **Biometria Florestal 2: Técnicas de Regressão Aplicada para Estimar: Volume, Biomassa, Relação Hipsométrica e Múltiplos Produtos de Madeira**. Lavras: UFLA/FAEPE, 292p. 1997.

SCOLFORO, José R. S.; THIERSCH, Cláudio R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 285p. 2004/.

SCOLFORO, José R. S. **Biometria Florestal: Modelos de Crescimento e Produção Florestal**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 393p. 2006.

SELLE, Gerson L. **Influência de Fatores Ambientais na Classificação de Sítio para *Pinus taeda* L., na Região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. 64 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 1993.

SELLE, Gerson L.; FLEIG, Frederico D.; VUADEN, Elisabete; ALBERNARD, Luiz Antônio J.; BRAZ, Evaldo M. Índices de Sítios para *Houvenia dulcis* Thunberg na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.4, p.407-423, Out 2009.

SELLE, Gerson L.; PAULESKI, Dalva T.; BRAZ, Evaldo M. **Como Classificar Sítios Florestais Através da Altura Dominante do Povoamento**. Embrapa Florestas. Colombo, PR. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/Doc166.pdf>>, Agosto, 2008. Acesso em 15 de fev. 2013.

SILVA, Lorenzo T. M. **Morfometria, Qualidade do Tronco e da Copa de *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. Em Povoamento Experimental no Estado do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação de Mestrado. Julho, 2007, p. 22.

SOARES, Carlos P. B.; NETO, Francisco P.; SOUZA, Agostinho L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG. 2 ed.: Editora UFV. 2012.

SPATHELF, Peter.; NUTTO, Leif. **Modelagem Aplicada ao Crescimento e Produção Florestal – com exemplos e exercícios**. Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/dcfl/seriestecnicas/serie2.pdf>>, Outubro, 2000. Acesso em 18 dez. 2012.

TONINI, Helio. **Crescimento em Altura de *Pinus elliotii* ENGELM., em Três Unidades de Mapeamento de Solo, nas Regiões da Serra do Sudeste e Litoral no Estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2000.

TONINI, Helio; FINGER, César A. G.; SCHNEIDER, Paulo R.; SPATELPH, Peter. Índice de Sítio para *Pinus elliotii* Engelm. em Três Unidades de Mapeamento de Solo, nas Regiões da Serra do Sudeste e Litoral, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 61-73, jun. 2002.

TONINI, Helio. **Crescimento e Produção de Clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.** 2003. 331 f. Dissertação (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2003.