

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

TESE

Modelagem da Dinâmica de Crescimento de uma Floresta
Ombrófila Aberta do Estado de Rondônia

Tokitika Morokawa

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**MODELAGEM DA DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE UMA
FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA DO ESTADO DE RONDÔNIA**

TOKITIKA MOROKAWA

Sob a Orientação do Professor
Luís Mauro Sampaio Magalhães

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciências**, no Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais, Área de Concentração em
Conservação da Natureza

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2009

634.906809

8111

M867m

T

Morokawa, Tokitika, 1947-

Modelagem da dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Aberta do Estado de Rondônia / Tokitika Morokawa – 2009.

191f. : il.

Orientador: Luís Mauro Sampaio Magalhães.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 152-162


1. Florestas – Amazônia – Rondônia – Brasil - Teses. 2. Florestas - Crescimento – Rondônia – Brasil - Teses. 3. Florestas - Administração – Rondônia – Brasil - Teses. I. Magalhães, Luís Mauro Sampaio, 1956-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

TOKITIKA MOROKAWA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

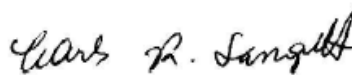
TESE APROVADA EM 05/02/2009.



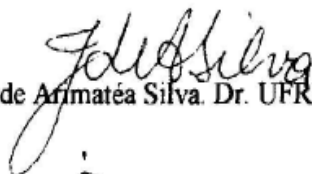
Luis Mauro Sampaio Magalhães. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Sebastião do Amaral Machado. Ph.D. UFPR



Carlos Roberto Sanquetta. Ph.D. UFPR



José de Arimatéa Silva. Dr. UFRRJ



Jorge Mitiyo Maêda. Dr. UFRRJ

Dedico ao povo da Região Amazônica, em especial aos extrativistas e madeireiros que vivem na e da floresta e aos técnicos envolvidos direta ou indiretamente com o manejo florestal.

Deferência especial:

Ludwig von Bertalanffy - modelo de crescimento
Jerome K. Vanclay – modelagem de floresta tropical
H. C. Dawkins – manejo de floresta tropical
José Natalino Macedo Silva – manejo de Floresta Amazônica
Niro Higuchi – manejo de Floresta Amazônica
J.L. Clutter, J.C. Fortson, L.V. Pienaar, G.H. Brister & R.L. Bayley – manejo florestal
Frank H. Wadsworth – silvicultura tropical
Hans Lamprecht – silvicultura tropical
Manuel Gomes Archer (Major) - silvicultura
Paulo Ferreira de Souza – política florestal
Henrique Pimenta Veloso – levantamento de recursos florestais
Roberto Samanez Mercado – economia e planejamento florestal
José Bonifácio de Andrada e Silva – conservação de recursos naturais
N.R. Draper & H. Smith – análise de regressão

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial ao Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade e apoio destinado para o meu aperfeiçoamento acadêmico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por ter me dado oportunidade de cursar disciplinas, ainda que não tenha podido atingir a meta de obter o título.

Ao Curso de Pós-Graduação em Manejo Florestal da Universidad de Los Andes – Venezuela, por ter despertado o meu interesse em florestas tropicais, em especial aos Professores Victor Andrade, Lawrence Vincent, Jean Boerboom, Luis Enrique Rodríguez Poveda, Noel Ogaya Mengod, Aníbal Luna Lugo, C. Lepitre e Leonidas Vegas.

Ao Professores Luís Mauro Sampaio Magalhães e Rosane Ferreira de Oliveira pelas orientações na elaboração desta tese.

Ao Professor Sebastião do Amaral Machado pela confiança, dedicação e orientação tanto da minha formação acadêmica como humana.

Aos Professores Roberto Carlos Lelis, Jorge Mitiyo Maêda, José de Arimatéa Silva, Ricardo Valcarcel, Edvá Oliveira Brito, João Vicente de Figueiredo Latorraca, Wilson Ferreira de Mendonça Filho e Rogério Ribeiro de Oliveira que me incentivaram e estimularam para ingressar e concluir o curso de doutorado.

Aos dirigentes da Resex Aquariquara por ter me fornecido apoio e valiosas informações sobre manejo florestal daquela unidade de conservação durante a minha estada.

Ao Engenheiro Florestal Francisco José de Barros Cavalcanti por ter cedido o banco de dados do inventário florestal do Plano de Manejo da Resex Aquariquara.

Ao Professor Hugo Barbosa Amorim por ter cedido banco de dados do inventário florestal do Zoneamento Econômico-Ecológico do estado de Rondônia.

Aos Professores Carlos Roberto Sanquetta, Roberto Tuyoshi Hosokawa, Sylvio Péllico Netto, Celso Carnieri, e colegas do curso Neida Maria Patias Volpi e Edson Aparecido Mitishita, da UFPR, por terem despertado o meu interesse sobre a modelagem.

Aos professores e funcionários do Instituto de Florestas da UFRRJ, pela amizade e apoio.

Aos estudantes de graduação e pós-graduação pela amizade e convivência acadêmica e social.

À minha família, em especial a minha esposa Ana Maria Audi e meus filhos Lucas e Henrique por ter me apoiado e acompanhado nesta jornada.

BIOGRAFIA

TOKITIKA MOROKAWA, filho de Haruyuki Morokawa e Takeko Morokawa, nasceu em Mirandópolis - SP, em 16 de outubro de 1947.

Cursou escola primária em Uraí – PR, ginásial em Londrina – PR e colegial em São Paulo – SP.

Engenheiro Florestal, graduado em 1972, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Contratado como professor no Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 1973.

Mestre em Manejo Florestal pela Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, em 1988.

Freqüentou e obteve créditos no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do Professor Sebastião do Amaral Machado, no período de 1994 a 1997.

Em 2005 matriculou-se no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob a orientação do Prof. Luís Mauro Sampaio Magalhães.

Como docente da UFRRJ, desenvolveu várias atividades inerentes à pesquisa, extensão e funções administrativas, e leciona as disciplinas de Manejo Florestal e Comercialização de Produtos Florestais.

RESUMO

MOROKAWA, Tokitika. **MODELAGEM DA DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA DO ESTADO DE RONDÔNIA**. 2009. 191f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

Nesta tese foi desenvolvida a modelagem da dinâmica de crescimento de uma floresta, aplicando-se o modelo de crescimento de Bertalanffy (*MCB*) $y=a[(1-e^{-bt})^c]$ para árvores individuais. Baseando-se nas relações linearizadas entre o diâmetro e altura da equação $LnH=b_0+LnD$ e do diâmetro com volume $V=b_0D^{b1}H^{b2}$ foram geradas equações de crescimento reciprocamente compatíveis entre diâmetro, área basal, altura e volume, ajustando-se os valores dos coeficientes a e c do *MCB*. Adicionalmente, foi desenvolvida metodologia, baseando-se em medições de *DAP* de cada árvore em duas ocasiões e com a estimativa do coeficiente a , para obter os valores dos coeficientes c e b do *MCB*. Para testar o modelo desenvolvido foram utilizados numa simulação os dados de inventário de 1.061 árvores, com $DAP \geq 40$ cm, de uma área de 67,5ha de Floresta Ombófila Aberta da Reserva Extrativista Aquariquara, localizada no município de Machadinho D'Oeste, estado de Rondônia. Estes dados foram agrupados em nove classes de diâmetro máximo (D_{max}) compreendidas entre 50 e 240cm, mantendo-se uma amplitude entre elas de 10cm. A taxa de sobrevivência da árvore foi estimada baseando-se na frequência de árvores por classe de idade relativa. O sistema de entrada (input) e saída (output) de cada árvore foi ajustado considerando uma população fechada e estável com substituição de uma árvore morta pela entrada de árvore da mesma espécie com $DAP \geq 40$ cm. Em relação aos valores observados no ano T_0 do inventário florestal, as médias anuais dos valores simulados da dinâmica de crescimento dessa floresta num horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), apresentaram diferenças médias de -2,09% em idade, -0,33% em altura, -0,96% em diâmetro, -3,41% em área basal, -3,81% em volume e +1,81% em valor da árvore em pé. As médias anuais dos valores simulados dos períodos $T_{1 \rightarrow 500}$, $T_{501 \rightarrow 1.000}$ e $T_{1.001 \rightarrow 1.500}$ foram iguais para todas as variáveis pelo teste de repetibilidade de Kruskal-Wallis ($p=0,05$), mostrando que o modelo é estável no tempo. A simulação mostrou que esta floresta mantém em média um estoque total de massa em crescimento composta de 15,72 árvores.ha⁻¹ com 120 anos de idade acumulando um total de 4,35m².ha⁻¹ de área basal e 37,98m³.ha⁻¹ de volume de madeira. O fluxo anual de ingresso no sistema foi de 0,3457 árvores com 88 anos de idade que somaram 0,0441m² de área basal e 0,3265m³ de volume, e de saída do sistema composto de 0,3459 árvores com 132 anos de idade que somaram 0,1127m² de área basal e 0,9911m³ de volume por hectare, resultando em taxas de ingressos e saídas anuais, respectivamente, de 2,20 e 2,20% em número de árvores, 1,01 e 2,59% em área basal e 0,86 e 2,61% em volume. Além disso, a simulação indicou que é possível sustentar uma produção média anual de 0,5528m³ de madeira de valor comercial gerando renda anual de R\$5,50 por hectare (a preço corrente de outubro de 2002) de floresta. A simulação mostrou que o modelo desenvolvido descreve a dinâmica de crescimento de floresta tropical, porém ele necessita ser devidamente calibrado tomando os dados de crescimento real de cada árvore individual e dos fluxos de ingressos e saídas de árvores do sistema.

Palavras-chave: Modelo de crescimento de Bertalanffy, Manejo de Floresta Amazônica, Reserva extrativista.

ABSTRACT

MOROKAWA, Tokitika. **Modelling of growth dynamics of tropical rain forest of State of Rondonia, Brazil.** 2009. 191 p. Thesis (Doctorate in Environmental and Forest Sciences) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil, 2009.

A model of the growth dynamics of forests was developed applying Bertalanffy growth model (*BGM*) $y=a[(1-e^{-bt})^c]$ for individual trees. Based on linearized relationship with diameter and height equation $LnH=b_0+LnD$ and volume equation $V=b_0D^{b_1}H^{b_2}$ mutually compatible equations for diameter, basal area, height and volume were generated, adjusting parameters a and c of *BGM*. Additionally, it was developed a methodology based on *DBH* measurements in two occasions and the estimate value of parameter a to get the values of parameter c and b of *BGM*. The data of the inventory of 1,061 trees over 40cm *DBH* of 67.5 hectares of tropical rain forest of Aquariquara Extractive Reserve, located in State of Rondonia, Brazil, were used to test the developed model. These data were grouped in nine maximum diameter (D_{max}) classes. The tree survival was estimated based on the frequency of trees by relative age class. The input and output of each tree was adjusted considering a closed and stable population with replacement of a dead tree by the ingrowth of the same specie of tree with 40cm *DBH*. Applying the model to such data and simulating the growth dynamics of the forest in a time frame of 1500 years ($T_1 \rightarrow 1,500$), the difference of simulated annual average, in relation to the observed values in the year T_0 of the forest inventory was -2.09% in age, -0.33% in height, -0.96% in diameter, -3.41% in basal area, -3.81% in volume and +1.81% in merchantable trees value. The average values of $T_1 \rightarrow 500$, $T_{501} \rightarrow 1000$ and $T_{1001} \rightarrow 1500$ periods were equal for all variables by Kruskal-Wallis test ($p=0.05$). The simulation showed that one hectare of this forest maintains a total stock composed of 15.72 120-year-old trees, accumulated 4.35m² of basal area and 37.98m³ wood volumes on average. The annual input flow of the system was 0.3457 88-year-old trees which accumulated 0.0441m² of basal area and volume of 0.3265m³. The output of the system consists of 0.3459 132-year-old trees totaling 0,1127m² of basal area and 0.9911m³ in volume. The annual input and output rates were, respectively, 2.20 and 2.20% in number of trees, 1.01 and 2.59% in basal area and 0.86 and 2.61% in volume. In addition, the simulation indicated that it is possible to sustain an average annual production of 0.5528m³ of merchantable timber generating R\$5.50 (about US\$1.49) annual income per hectare of forest. The simulation showed that the model developed describes growth dynamics of tropical forest. However, it needs to be properly adjusted based on real growth of each individual tree and flows of input and output of trees in the system.

Key words: Bertalanffy growth model, Brazilian Amazon, Tropical rain forest management.

LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 1. Evolução da balança comercial do setor florestal brasileiro de 1961 a 2006, segundo grupo de produtos (média anual do período, em milhões de dólares correntes)	20
Tabela 2. Consumo brasileiro de madeira em tora de reflorestamento, segundo espécie e segmento industrial em 2006 e variação da produção industrial entre 1998 e 2006	21
Tabela 3. Estimativa do número de empregos diretos, indiretos e de efeito renda do setor de florestas plantadas do Brasil em 2007	21
Tabela 4. Evolução de superfície total e taxa de ocupação dos estabelecimentos agropecuários do Brasil, das Regiões Geográficas e de Estados com potencial madeireiro da Amazônia Legal, segundo Censos de 1970, 1975, 1980, 1996 e 2006	22
Tabela 5. Número total e de estabelecimentos agropecuários sem a cobertura florestal, segundo Censos de 1996 e 2006, segundo regiões brasileiras	24
Tabela 6. Superfície total e superfícies ocupadas com lavouras e pastagens dos estabelecimentos agropecuários (superfície desmatada), segundo Censos de 1996 e 2006, segundo regiões brasileiras	24
Tabela 7. Estimativa de desmatamento anual do período de 1988 até 2007 da Amazônia Legal, segundo unidade da federação (1.000ha)	27
Tabela 8. Variação de área de pastagem, do rebanho bovino e de carga animal por unidade de superfície entre 1975 a 1996, do Brasil e das regiões geográficas	28
Tabela 9. Produtividade média de soja dos períodos 1990-1995 (A), 1996-2001 (B) e 2002-2007 (C), variação entre os períodos e coeficiente de variação dentro dos períodos, do Brasil e das Regiões Geográficas	28
Tabela 10. Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação estaduais e federais existentes no Brasil até fevereiro de 2005	30
Tabela 11. Áreas protegidas na Amazônia Legal por Estado (situação em 29/06/2007)	31
Tabela 12. Número e superfície efetiva de unidade de conservação Federal e Estadual existente na Amazônia Legal, segundo categoria (situação em 29/06/2007)	31
Tabela 13. Valor da produção e quantidade produzida de produtos extrativistas do Brasil, segundo médias anuais dos períodos 1995 a 2000 e 2001 a 2005	33
Tabela 14. Valor da produção e quantidade produzida de produtos extrativistas da Amazônia Legal, segundo médias anuais dos períodos 1995 a 2000 e 2001 a 2005	34
Tabela 15. Variação da idade estimada de árvores a partir do incremento periódico anual em diâmetro e tempo de passagem, considerando o crescimento médio de todo o período (1984-1993) e dos períodos com crescimento mínimo (1987-1988) e máximo (1992-1993) de 2.220 árvores de uma floresta secundária de Japão	43
Tabela 16. Resultados, passo a passo, dos cálculos seqüenciais envolvidos no modelo de Bertalanffy para as equações E_1 ($y_1 = 50 * ((1 - e^{(-0,05 * t)})^2)$) e E_2 ($y_2 = 100 * ((1 - e^{(-0,10 * t)})^4)$), segundo idade	64
Tabela 17. Variação da idade da árvore para cada coeficiente b do modelo de crescimento de Bertalanffy ajustado em função dos valores de coeficiente c , sob a condição de apresentar 100 anos de idade para cada porte relativo y/a	73
Tabela 18. Valores dos coeficientes a , b e c do modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos de observações AB, BC, CD, DE e EF	80
Tabela 19. Crescimento em diâmetro de <i>Podocarpus rospigliosii</i> ajustado pelo modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos de observações AB, BC, CD, DE e EF e os respectivos desvios relativos (%)	80
Tabela 20. Produção e produtividade de madeira do fuste de <i>Podocarpus rospigliosii</i> prognosticado pelo modelo de crescimento de Bertalanffy para a idade de rotação biológica, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo dois pontos de observações AB, BC, CD, DE e EF e os respectivos desvios relativos (%)	83

Tabela 21. Valor dos coeficientes a e b do modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (<i>MCBC</i>) ajustado para simular o crescimento das árvores, segundo classe D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	90
Tabela 22. Valor do coeficiente c do modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (<i>MCBC</i>) ajustado para simular o crescimento de cada variável das árvores de todas as classes de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	90
Tabela 23. Incremento corrente anual e porte apresentado pelas variáveis dendrométricas na idade de culminação de <i>ICA</i> do <i>MCBC</i> para as árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	92
Tabela 24. Incremento médio anual e porte apresentado pelas variáveis dendrométricas na idade de culminação de <i>IMA</i> do <i>MCBC</i> para as árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	93
Tabela 25. Valor médio do coeficiente a do <i>MCBC</i> estimado e observado (corrigidos) e diferença relativa entre os mesmos de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	100
Tabela 26. Coeficientes das variáveis H , D , G e V do <i>MCBC</i> , ajustados em função do <i>IMA</i> constante em volume assumido para crescimento de árvore a partir do primeiro ciclo de corte (<i>CC</i>) até o corte final, visando obter máxima produtividade de madeira de <i>Podocarpus rospigliosii</i> de floresta nativa	102
Tabela 27. Diferença em porte de árvore de povoamento submetido ao ciclo de corte (<i>CC</i>) periódico de <i>Podocarpus rospigliosii</i> em contraste com árvore de povoamento inexplorado, ajustado com o <i>MCBC</i> , segundo idade da árvore	103
Tabela 28. Variação natural de povoamento inexplorado e produção de povoamento submetido aos ciclos de corte sucessivos (<i>CC</i>) e corte final (<i>CF</i>) de <i>Podocarpus rospigliosii</i> , ajustado pelo <i>MCBC</i> , visando maximizar a produção e produtividade de volume de madeira de 100ha de floresta nativa	106
Tabela 29. Lista de espécies mais importantes, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, quanto ao número de indivíduos, área basal, volume e valor comercial da madeira a preço corrente de outubro de 2002 em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	110
Tabela 30. Frequência de número de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	111
Tabela 31. Estatísticas de dados primários, das árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de D_{max} , encontradas em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	114
Tabela 32. Número de árvores, área basal, volume e valor da madeira, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de valor comercial da madeira e índice de aproveitamento da tora, em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	115
Tabela 33. Número de árvores com $DAP \geq 40$ cm por classe de idade, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	115
Tabela 34. Distribuição de árvores com $DAP \geq 40$ cm em classe de idade relativa, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	117
Tabela 35. Frequência de número de árvores com $DAP \geq 40$ cm mortas por classe de idade relativa, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	122
Tabela 36. Taxa de sobrevivência (%) de árvores com $DAP \geq 40$ cm em classe de idade relativa, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, Machadinho D'Oeste – RO	122
Tabela 37. Número de árvores com $DAP \geq 40$ cm por classe de longevidade, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	124
Tabela 38. Frequência de número de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, por classe de tempo de permanência entre ingresso e saída do sistema segundo classe de D_{max} , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	125
Tabela 39. Exemplo de ciclos iniciais de ingressos e saídas de três árvores (A_1 , A_9 e A_{18}), com $DAP \geq 40$ cm, simulado no horizonte temporal ($T_1 \rightarrow 1.500$) com os respectivos valores das variáveis, da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	126
Tabela 40. Valor médio apresentado durante o tempo de permanência no sistema das variáveis das árvores A_1 , A_9 , A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o <i>MCBC</i> , segundo fórmula utilizada para obter a média	131

Tabela 41. Número de árvores (<i>NA</i>) e de dados (<i>ND</i>) envolvidos na simulação de crescimento aplicando o <i>MCBC</i> para um horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} e de ciclo, geradas a partir de 1.061 árvores inventariadas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste –RO	132
Tabela 42. Média dos valores simulados de horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), aplicando o <i>MCBC</i> para árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , e valores observados inventário florestal no ano T_0 , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	134
Tabela 43. Valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, segundo variáveis, de árvores com $DAP \geq 40$ cm da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO	136
Tabela 44. Distribuição normal pelo teste de Lilliefors, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de tamanho, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO	139
Tabela 45. Coeficiente de variação, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de tamanho, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO	139
Tabela 46. Estatísticas da regressão linear entre valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de soma dos valores de idade, altura e diâmetro, das árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	140
Tabela 47. Estatísticas da regressão linear entre valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, das somas dos valores de área basal, volume e valor da madeira das árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	141
Tabela 48. Diferença máxima encontrada entre três médias sequenciais com duração de 500 anos cada ($T_{1 \rightarrow 500}$, $T_{501 \rightarrow 1.000}$ e $T_{1.001 \rightarrow 1.500}$), pelo teste de Kruskal-Wallis, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO	142
Tabela 49. Diferença máxima encontrada entre seis médias sequenciais com duração de 250 anos cada ($T_{1 \rightarrow 250}$, $T_{251 \rightarrow 500}$, $T_{501 \rightarrow 750}$, $T_{751 \rightarrow 1.000}$, $T_{1.001 \rightarrow 1.250}$ e $T_{1.251 \rightarrow 1.500}$), pelo teste de Kruskal-Wallis, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO	142
Tabela 50. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores com $DAP \geq 40$ cm, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	143
Tabela 51. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de <i>N</i> , <i>G</i> e <i>V</i> , e, <i>IMA</i> em <i>G</i> e <i>V</i> de árvores com $DAP \geq 40$ cm da massa total de 100ha de floresta, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	145
Tabela 52. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores comerciais com $DAP \geq 40$ cm, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	147
Tabela 53. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de <i>N</i> , <i>V</i> e <i>R</i> , e, <i>IMA</i> em <i>V</i> e <i>R</i> de árvores com $DAP \geq 40$ cm com valor comercial de 100ha de floresta, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	147
Tabela 54. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores sem valores comerciais com $DAP \geq 40$ cm, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	148
Tabela 55. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de <i>N</i> , <i>G</i> e <i>V</i> , e, <i>IMA</i> em <i>G</i> e <i>V</i> de árvores com $DAP \geq 40$ cm sem valor comercial de 100ha de floresta, simulado no horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	149

(ANEXOS)

- Tabela A1.** Dados de árvores individuais utilizados na modelagem, segundo número da árvore, código da espécie, classe de tamanho, diâmetro observado, idade observada, altura comercial observada, idade de ingresso e de saída do sistema, altura assintótica, volume assintótico, índice de aproveitamento do fuste e valor comercial da madeira assintótico, das árvores com $DAP \geq 40$ cm, encontradas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO 164
- Tabela A2.** Lista de espécie, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, com respectiva família botânica, classe de tamanho, valor unitário da madeira, número de árvores, área basal, volume e valor da árvore em pé a preço corrente de outubro de 2002, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO 188
- Tabela A3.** Lista de famílias de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, com número de árvores, espécies e de gêneros, soma dos valores absolutos e relativos de área basal, volume do fuste e valor comercial da madeira preço corrente de outubro de 2002, encontradas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO 191

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema para o desenvolvimento de modelo de crescimento e suas aplicações no manejo florestal.	3
Figura 2. Evolução da exportação brasileira de madeira serrada de 1961 a 2006, segundo grupo de espécies.	19
Figura 3. Índice de variação de superfície total dos estabelecimentos agropecuários do Brasil, das Regiões Geográficas e de Estados com potencial madeireiro da Amazônia Legal, segundo Censos de 1970 (Base=100), 1975, 1980, 1996 e 2006.	23
Figura 4. Relação entre a taxa de cobertura florestal em função da taxa de ocupação agropecuária de 27 unidades da federação, segundo Censo Agropecuário de 2006.	25
Figura 5. Desmatamento e cobertura vegetal da Amazônia Legal em 2004.	26
Figura 6. Variação da produtividade de soja de 1990 a 2007 do Brasil e das Regiões Geográficas.	29
Figura 7. Áreas protegidas da Amazônia Legal em 2005.	32
Figura 8. Índice de produção do extrativismo vegetal da Amazônia Legal de 1990 a 2006.	35
Figura 9. Incremento periódico anual em diâmetro de 2.220 árvores, medidas em 1984 e 1993, de uma parcela permanente de uma floresta secundária de Japão.	43
Figura 10. Idade de árvore estimada em função de tempo de passagem de classe calculado a partir do incremento periódico anual de cada classe diamétrica.	44
Figura 11. Curva de crescimento de <i>Araucaria angustifolia</i> em altura, diâmetro, área basal e volume com respectivos incrementos periódico anual e médio anual.	45
Figura 12. Localização do município de Machadinho D'Oeste – Rondônia.	53
Figura 13. Estrutura do modelo de crescimento de Bertalanffy a partir do seu componente interno ($-b*t$) e transformações sucessivas incidentes até obter a curva final de crescimento e seus incrementos.	63
Figura 14. Curvas de índice de sítio de idade-base = 10 anos (IS_{10}) e seus incrementos, geradas a partir da equação $H_{dom}=24,85*((1-e^{-(0,10*t)})^2)$ do modelo crescimento de Bertalanffy, ajustando o valor do coeficiente a .	66
Figura 15. Curvas de crescimento em altura e volume ajustados em função do desvio entre $H_{est} = 13,85m$ e $H_{obs} = 12,00m$, ajustando o coeficiente a do MCB em altura e volume.	68
Figura 16. Curvas de crescimento em diâmetro do modelo de crescimento de Bertalanffy em função das variações do coeficiente b e com valores do coeficiente $c = 1$ (a, c, e à esquerda) e $c = 3$ (b, d, f à direita) com respectivas curvas de incrementos correntes e médios anuais.	69
Figura 17. Crescimento em diâmetro de árvores com D_{max} de 100, 75 e 50 centímetros com ICA_{max} e IMA_{max} iguais e de 100 centímetros com ICA_{max} e IMA_{max} correspondentes a 100%, 75% e 50%, em função dos ajustes do coeficiente b do modelo de crescimento de Bertalanffy.	70
Figura 18. Exemplo de curvas de crescimentos geradas em função da variação do coeficiente c (à esquerda $c > 1$ e à direita $c \leq 1$) do modelo de crescimento de Bertalanffy da equação $y=100*((1-e^{-(0,025*t)})^c)$ e seus incrementos correntes e médios anuais.	72
Figura 19. Curvas de crescimento em diâmetro da árvore da classe de $D_{max}=100cm$, obtidas aplicando o modelo de crescimento de Bertalanffy, com valores dos coeficientes c e b ajustados para apresentar 100 anos de idade em função do seu porte relativo $y / a = 0,5912$.	74
Figura 20. Planilha de cálculo programada para obter simultaneamente os coeficientes c e b do modelo de crescimento de Bertalanffy, com os valores de dois pontos da curva de crescimento, coeficiente a e todas as células com número que devem resultar na soma o valor do coeficiente c preenchido.	78
Figura 21. Valores dos coeficientes c e b do modelo de crescimento de Bertalanffy, obtidos a partir da planilha de cálculo programada com dois pontos da curva de crescimento observados e valor do coeficiente a , com células de valores numéricos ativos que resultaram na soma dos valores do coeficiente c e valores iguais das duas equações que representa o coeficiente b .	78
Figura 22. Resultados de regressão não linear e análise de variância do modelo de crescimento de Bertalanffy para estimar o crescimento em diâmetro de <i>Podocarpus rospigliosii</i> em função da idade.	79

Figura 23. Variação de curva de crescimento em diâmetro ajustado com o modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos (p) observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos (p) de observações AB, BC, CD, DE e EF.	81
Figura 24. Variação de curva de crescimento em volume ajustado com o modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos (p) observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos (p) de observações AB, BC, CD, DE e EF.	82
Figura 25. Relações alométricas não linear e linearizada entre as variáveis DxG , DxH e DxV utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (MCBC) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	86
Figura 26. Relações alométricas não linear e linearizada entre as variáveis DxR , HxG , HxV utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (MCBC) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	87
Figura 27. Relações alométricas não linear e linearizada entre as variáveis HxR , GxV , GxR utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (MCBC) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	88
Figura 28. Crescimento em diâmetro e em volume com respectivo incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA), ajustado pelo modelo de crescimento de Bertalanffy, para as árvores das classes de D_{max} de 60, 90 e 120cm, da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.	94
Figura 29. Amplitude de variação para a idade de rotação e diâmetro de corte em função da produtividade relativa de volume de madeira, baseado em IMA ajustado pelo MCBC para árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	96
Figura 30. Altura e volume observados e estimados de 190 árvores com $DAP \geq 40$ cm da classe de $D_{max} = 100$ cm, em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	97
Figura 31. Fator de correção ($Fc = Hobs / Hest$) aplicada para a altura observada de 1.057 árvores com $DAP \geq 40$ cm, de todas as classes de D_{max} , em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	98
Figura 32. Fator de correção ($Fc = Vobs / Vest$) aplicada para o volume observado de 1.057 árvores com $DAP \geq 40$ cm, de todas as classes de D_{max} , em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	99
Figura 33. Curvas de crescimento e incrementos estimados em altura e volume pelo MCBC e seus respectivos valores corrigidos em função da diferença entre $Hest = 13,85$ m e $Hobs = 12,00$ m aos 200 anos de idade de uma árvore da classe $D_{max} = 100$ cm da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	101
Figura 34. Curvas de crescimento em volume e respectivas curvas de incremento médio anual, modeladas aplicando o MCBC, para simular a máxima produtividade de madeira de <i>Podocarpus rospigliosii</i> de floresta nativa.	104
Figura 35. Curvas de IMA e ICA de povoamento inexplorado e explorado com ciclo de corte (CC) a cada 25 anos com <i>Podocarpus rospigliosii</i> , ajustadas aplicando o MCBC, maximizando a produtividade da madeira, mantendo constante o IMA_{max} em volume.	105
Figura 36. Número de árvores, área basal e volume de <i>Podocarpus rospigliosii</i> , ajustado com o MCBC, de povoamento nativo inexplorado e explorado com ciclo de corte (CC) a cada 25 anos visando maximizar a produção e produtividade da madeira de 100ha de floresta nativa.	107
Figura 37. Distribuição espacial das árvores, com $DAP \geq 40$ cm, em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	108
Figura 38. Freqüência de número de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de diâmetro, em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	111
Figura 39. Relação hipsométrica entre altura comercial do fuste com o diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	112
Figura 40. Relação volumétrica entre volume de fuste e diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	112
Figura 41. Relação econômica entre valor da madeira (árvore em pé) e diâmetro de 569 árvores comerciais com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	113
Figura 42. Relação de longevidade entre a idade e diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	113

Figura 43. Relação entre idade relativa com o diâmetro e volume relativo, ajustado pelo <i>MCBC</i> para o crescimento de árvores, de todas as classes de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	116
Figura 44. Distribuição relativa de número de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , em classes de idade relativa (<i>IR</i>), da floresta de Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	118
Figura 45. Modelo de distribuição ajustado pelo polinômio de terceira ordem de número de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , em função das classes de idade relativa (<i>IR</i>), de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	119
Figura 46. Distribuição de árvores com $DAP \geq 40$ cm de todas as classes de D_{max} , ajustados em função da idade relativa aplicando os modelos a) polinômio de terceira ordem, b) logarítmico, c) potência e d) exponencial, de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	120
Figura 47. Número de árvores vivas por classe de idade relativa, da classe D_{50} , presentes em 100ha de florestas da Resex Aquariquara e número dessas mesmas árvores mortas por classe de idade relativa, estimado aplicando os fundamentos da “teoria de modelo de tubo” de Shinozaki e “desenvolvimento específico” de Lamprecht.	121
Figura 48. Taxa de sobrevivência de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de todas as classes de D_{max} , de 100 ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.	123
Figura 49. Longevidade estimada de árvores com $DAP \geq 40$ cm de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.	124
Figura 50. Simulação de crescimento das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, aplicando o <i>MCBC</i> , no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função da idade e de ingresso e saída do sistema.	128
Figura 51. Soma dos valores de variáveis das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o <i>MCBC</i> no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função do crescimento das árvores e de ingressos e saídas das árvores do sistema.	129
Figura 52. Incremento corrente anual e incremento médio anual em diâmetro e em volume das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o <i>MCBC</i> no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função do crescimento das árvores e de ingressos e saídas das árvores do sistema.	130
Figura 53. Média dos valores simulados de horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), aplicando o <i>MCBC</i> para árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , e valores observados inventário florestal no ano T_0 , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	133
Figura 54. Desvios relativos de H , D , G e V em função dos desvios relativos de I , e retas ajustadas através de regressão linear, segundo classe de D_{max} estimada pelo <i>MCBC</i> , para árvores com $DAP \geq 40$ cm de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	135
Figura 55. Variação da idade, diâmetro e da área basal, simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.	137
Figura 56. Variação da altura comercial, volume do fuste e do valor da árvore em pé, simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.	138
Figura 57. Participação relativa média de cada classe de D_{max} sobre o total para as variáveis da massa total, do ingresso e da saída das árvores com $DAP \geq 40$ cm em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	144
Figura 58. Valores relativos médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores, com e sem valores comerciais, com $DAP \geq 40$ cm, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO	150

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

<i>a</i>	Coeficiente do modelo de crescimento de Bertalanffy;
<i>b</i>	Coeficiente do modelo de crescimento de Bertalanffy;
<i>c</i>	Coeficiente do modelo de crescimento de Bertalanffy;
<i>D</i>	Diâmetro ¢ altura do peito da ¢rvore simulada nesta tese (cm);
<i>DAP</i>	Diâmetro ¢ altura do peito (<i>DAP</i>), tomada a 1,30 metros de altura das ¢rvores constantes do Inventário Florestal da Resex Aquariquara;
<i>D_{max}</i>	<i>DAP</i> máximo encontrado para cada espécie nos inventários florestais estado de Rondônia, arredondado em classes com amplitude de 10cm.
<i>e</i>	Exponencial = 2,71828182845905 de logaritmo neperiano;
<i>G</i>	rea basal da ¢rvore (m ²);
<i>H</i>	Altura comercial do fuste da ¢rvore (m);
ha	Hectare (superfície equivalente a 10.000m ²);
<i>I</i>	Idade da ¢rvore (ano);
<i>I_{ICA}</i>	Idade da ¢rvore na culminaco de incremento corrente anual (ano);
<i>I_{IMA}</i>	Idade da ¢rvore na culminaco de incremento médio anual (ano);
<i>I_s</i>	Idade da ¢rvore que sai do sistema com a morte da mesma (ano);
<i>I_i</i>	Idade da ¢rvore que ingressa no sistema (ano) com <i>DAP</i> igual a 40cm, e que vem a substituir uma ¢rvore morta da mesma espécie;
<i>I_{TO}</i>	Idade da ¢rvore apresentada na ocasião do inventário florestal (ano);
<i>ICA</i>	Incremento corrente anual ($ICA=y_m-y_{m-1}$);
<i>IMA</i>	Incremento médio anual ($IMA=y/I$);
<i>Ln</i>	Logaritmo neperiano de base = 2,71828182845905;
<i>MCB</i>	Modelo de crescimento de Bertalanffy: $y=a[(1-e^{-bt})^c]$;
<i>MCBC</i>	Modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (para as variáveis dendrométricas, em funo dos ajustes dos coeficientes <i>c</i> e <i>a</i> do modelo);
pi() ou π	3,14159265358979;
<i>R</i>	Valor comercial de volume do fuste (¢rvore em p em R\$), a preço corrente de outubro de 2002 (com taxa de câmbio de US\$1,00=R\$3,70);
R\$	Real, sendo R\$1,00 a preço corrente de outubro de 2002 equivalentes a R\$1,52796422 em janeiro de 2009 atualizado pelo ndice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC);
RO	Estado de Rondônia;
Resex	Reserva Extrativista, do Sistema Nacional de Unidades de Conservaco;
<i>t</i>	Coeficiente do modelo de crescimento de Bertalanffy (idade da ¢rvore em ano);
<i>T₀</i>	No horizonte temporal de planejamento, o ano em que foi realizado o inventário florestal e tomados os dados primários de parâmetros dendrométricos das ¢rvores, ou seja, um ano antes da simulacão.
<i>T_{1→1.500}</i>	Valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, iniciado um ano após a realizaco do inventário florestal (<i>T₀</i>);
<i>V</i>	Volume de fuste da ¢rvore ou volume comercial do fuste (m ³);
<i>y</i>	Tamanho ou porte da variável dendrométrica alcançado na idade <i>t</i> ;
	Observaco: no texto dessa tese as <i>variáveis</i> estão grafadas em <i>itálico</i> para diferenciar das demais letras e palavras do corpo de texto.

SUMÁRIO

RESUMO	pág. vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Identificação dos problemas	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Evolução da Política e Legislação Referentes ao Manejo Florestal	5
3.2 Manejo de Floresta Tropical no Mundo e no Brasil	12
3.3 Desenvolvimento Sustentável	14
3.4 Evolução Histórica de Manejo Florestal Brasileiro	16
3.5 Produção Madeireira de Reflorestamento	20
3.6 Expansão da Fronteira Agrícola e Desmatamento	22
3.7 Unidades de Conservação e Áreas Protegidas	29
3.8 O Extrativismo e Sustentabilidade das Reservas Extrativistas	32
3.9 Área de Ocorrência e Extensão da Floresta Tropical	36
3.10 Tipologia da Floresta Tropical	37
3.11 Composição Florística da Floresta Tropical	38
3.12 Distribuição de Árvores por Classe Diamétrica nas Florestas Tropicais	38
3.13 Recrutamento, Crescimento, Mortalidade e Longevidade das Árvores da Floresta Tropical	39
3.14 Modelagem de Crescimento e da Evolução de Floresta	46
3.15 Modelo de Crescimento de Bertalanffy	50
3.16 Procedimentos para Desenvolvimento de Modelo de Crescimento	52
4 MATERIAL E MÉTODOS	53
4.1 Caracterização da Área de Estudo	53
4.2 Base de Dados Primários	54
4.3 Processamento de Dados Primários	54
4.4 Modelo de Crescimento de Bertalanffy Aplicado na Modelagem de Crescimento de Árvores Individuais da Resex Aquariquara	54

4. 5 Agrupamento de Espécies em Classe de Diâmetro Máximo (D_{max})	56
4. 6 Idade Nominal da Árvore Estimada e Idade Relativa (IR)	57
4. 7 Estimativa da Idade de Morte de Conjunto de Árvore e de Árvores Individuais	57
4. 8 Saída e Ingresso das Árvores no Sistema	59
4. 9 Simulação da Dinâmica de Crescimento Florestal	60
4. 10 Análise dos Resultados do Modelo de Simulação	60
4. 11 Aplicação do Modelo de Simulação em Manejo Florestal	61
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5. 1 Modelo de Crescimento de Bertalanffy	61
5.1.1 Fundamentos do modelo de crescimento de Bertalanffy e suas propriedades	62
5.1.2 Comportamento do crescimento da árvore em função das variações dos coeficientes	65
5.1.2.1 Variação do coeficiente a	65
5.1.2.2 Variação do coeficiente b	69
5.1.2.3 Variação do coeficiente c	71
5.1.2.4 Variações dos coeficientes b e c	72
5.1.3 Obtenção de curva de crescimento do modelo de Bertalanffy baseado em dois pontos de observações e do seu valor assintótico	74
5.1.4 Aplicação de curva de crescimento do modelo de Bertalanffy baseado em dois pontos de observações e do seu valor assintótico	79
5.2 Modelo de Crescimento de Bertalanffy Compatível – $MCBC$	84
5.2.1 Relações alométricas entre as variáveis dendrométricas D, G, H, V e R	84
5.2.2 Ajustes dos coeficientes do $MCBC$	88
5.2.3 Incremento corrente anual ($\Delta y/\Delta t$) das curvas do $MCBC$	91
5.2.4 Incremento médio anual (y/I) das curvas do $MCBC$	92
5.2.5 Produtividade de madeira de árvores individuais do $MCBC$	95
5.2.6 Ajustes dos coeficientes do $MCBC$ de árvore com medição de altura	96
5.2.7 Exemplo de aplicação do $MCBC$ em ciclos de corte	101
5.3 Inventário Florestal da Resex Aquariquara	107
5.3.1 Inventário florístico	107
5.3.2 Distribuição das árvores em classes de idade e tamanho	110
5.3.3 Valor comercial de madeira das árvores	114
5.3.4 Distribuição das árvores em classe de idade	115
5.4 Modelo de Entrada ($Input$) e Saída ($Output$) de Árvores do Sistema	116
5.4.1 Distribuição de número de árvores vivas em classe de idade relativa	116
5.4.2 Distribuição de número de árvores mortas em classe de idade relativa	121
5.4.3 Taxa de sobrevivência das árvores por classe de idade relativa	122
5.4.4 Distribuição das árvores em classe de longevidade	123
5.4.5 Distribuição das árvores por classe de tempo de permanência no sistema	125
5.5 Simulação da Dinâmica de Crescimento de Árvores Individuais e da Massa Florestal	125
5.5.1 Esquema de aplicação do modelo de simulação no horizonte temporal	125

5.5.2	Simulação da dinâmica de crescimento da massa florestal da Resex Aquariquara, no horizonte temporal de 1.500 anos	131
5.5.3	Análise estatística dos valores simulados da massa florestal da Resex Aquariquara	139
5.6	Aplicação do Modelo Desenvolvido na Simulação de Manejo Florestal da Resex Aquariquara	143
5.6.1	Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa total da floresta	143
5.6.2	Taxa média de ingresso e saída e produtividade da massa total da floresta	145
5.6.3	Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa comercial da floresta	146
5.6.4	Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa sem valor comercial da floresta	148
6	CONCLUSÕES	151
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
8	ANEXOS	163

1 INTRODUÇÃO

A Região Amazônica foi e continua sendo foco de atenção mundial e nacional por deter o maior maciço de floresta tropical e ao mesmo tempo abrigar o rio mais caudaloso de água doce do mundo. Historicamente, na Amazônia, no final do século XIX, teve início um ciclo econômico baseado em extrativismo de borracha. Uma nova fase de ocupação teve início na década de 1960 com a abertura de estradas, programas de colonizações agrícolas e instalações de grandes projetos pecuários com incentivos fiscais. Esse modelo de ocupação suscita motivo de pesquisas e discussões políticas, e atualmente, baseando-se no zoneamento ecológico e econômico, estão sendo canalizados esforços visando promover o modelo de desenvolvimento sustentável.

O manejo florestal sustentável é indicado como uma das atividades mais apropriadas para promover o desenvolvimento da Região Amazônica e, para alcançar tais objetivos, foram criadas as Florestas Nacionais e as Reservas Extrativistas. Nessas áreas vêm sendo implantados vários sistemas de manejo, dentre os quais, destacam-se o extrativismo praticado pelas comunidades tradicionais, o sistema agroflorestal utilizado pelos pequenos agricultores e o manejo de floresta sustentável empregado pelas indústrias de base florestal visando produção de madeira.

1.1 Identificação dos Problemas

Para desenvolver qualquer tipo de estudo envolvendo o setor florestal, deve ser realizado um diagnóstico visando detectar os principais problemas sobre um tema escolhido. Assim, nesta tese, foram tomadas como tema geral de estudo as questões envolvendo a sustentabilidade de produção madeireira para fins industriais em função da dinâmica de crescimento da floresta nativa da Região Amazônica.

O Brasil é um país cuja colonização baseou-se na atividade florestal, através da exploração do pau-brasil e acumulou, ao longo dos últimos 500 anos, ricas experiências envolvendo questões florestais como: o ciclo econômico da borracha, que propiciou por décadas o desenvolvimento da Região Amazônica; a mata de araucária, que impulsionou o desenvolvimento das indústrias de base florestal da Região Sul; e, atualmente, o reflorestamento de espécies de rápido crescimento que sustenta a maior parte da economia florestal brasileira.

Os fatos históricos apontam que a exploração do pau-brasil sustentou a economia florestal do país por um período de tempo de aproximadamente 200 anos (1500 a 1700), e a borracha (1870 a 1920) e o pinheiro-do-paraná (1920 a 1970), em torno de 50 anos cada. Praticamente esgotada a possibilidade de explorar a madeira da Mata Atlântica devido ao seu desmatamento e à exaustão do estoque de madeira, parte da atividade madeireira desenvolve-se atualmente na Região Amazônica baseando-se na exploração da mata nativa e outra parte baseando-se no reflorestamento de espécies de rápido crescimento plantadas em várias regiões do país (BACHA, 2004). Analisando as trajetórias de manejo de floresta nativa do Brasil, SANQUETTA (1996) afirmou: *“Sem planejamento a atividade florestal está fadada ao insucesso. Um exemplo nítido é o fato de apenas as empresas sólidas terem sobrevivido no sul do Brasil, fato este que certamente se repetirá na Amazônia”*.

Baseando-se no exposto, o estado de Rondônia foi escolhido como área de estudo por apresentar maior taxa de desmatamento nas últimas décadas (INPE, 2008) e por abrigar o terceiro parque industrial madeireiro da Região Amazônica (LENTINI *et al.*, 2005). Dentro do estado, foi escolhida a Floresta Ombrófila Aberta por ser a tipologia predominante em Rondônia (HOMMA, 1993). A Reserva Extrativista (Resex) Aquariquara foi selecionada por ser a primeira unidade de conservação dessa categoria criada no Brasil (ECOPORÉ, 1996), além do fato de abrigar uma população tradicional da Amazônia que subsiste das atividades extrativistas de borracha e de castanha-do-pará e, mais recentemente, por ter incluído a produção de madeira para fins industriais (serraria e laminadora) como atividade complementar.

Os extrativistas dessa Resex apresentam um perfil diversificado quanto à cultura (amazonense e extra-amazônicas), composição familiar, renda e conhecimento da floresta (ECOPORÉ, 1996). Vários seringueiros estão familiarizados com a floresta, sendo capazes de identificar as espécies e conhecer também o seu comportamento, tais como porte, seus usos e funções dentro do ecossistema (utilidades da madeira, plantas medicinais, espécies que alimentam e/ou abrigam a fauna, etc.), porém não têm experiências quanto ao manejo florestal visando a produção sustentada de madeira para fins industriais.

Especificamente na Resex Aquariquara, as dúvidas mais frequentes dos extrativistas relacionadas à tomada de decisão de manejo florestal para uma única árvore são as seguintes:

- 1- Como calcular o volume comercial de uma árvore?
- 2- Qual é o valor dessa árvore em pé no mercado?

Os extrativistas podem ser treinados e capacitados para obter respostas apropriadas sobre as duas questões anteriores da seguinte maneira:

- a)- ensinar a medir corretamente a circunferência da árvore, tomada a uma altura de 1,3 metros do nível do chão, utilizando uma trena de 5 metros;
- b)- ensinar a medir a altura comercial do tronco da árvore, utilizando uma prancheta dendrométrica;
- c)- ensinar a calcular o volume utilizando uma calculadora comum aplicando a seguinte fórmula: $V = \text{circunferência} * \text{circunferência} * \text{altura} * 0,000005228$
Nota: maneira simplificada da equação de volume $V = 0,0000901099 * D^2 * H * 0,768253 * 1,00718$ de AMORIM (2001);
- d)- para calcular o valor da árvore, realizar pesquisa de preço da madeira em pé (R\$.m⁻³) junto às serrarias e laminadoras de Machadinho D'Oeste, Vale do Anari e de Ariquemes, e multiplicar esse preço pelo volume: R\$/árvore = preço*volume.

Cabe salientar que a maioria dos extrativistas sabe identificar e escrever números, logo, com um pouco de treinamento e com dinheiro para comprar uma calculadora, uma trena e uma prancheta construída numa tábua (tudo em torno de R\$30,00), podem ser capacitados para estimar o valor de cada árvore, o que constitui uma informação importante para o manejo florestal.

Como não se maneja uma árvore e sim uma população, as dúvidas dos extrativistas aumentam, sendo as principais questões as seguintes:

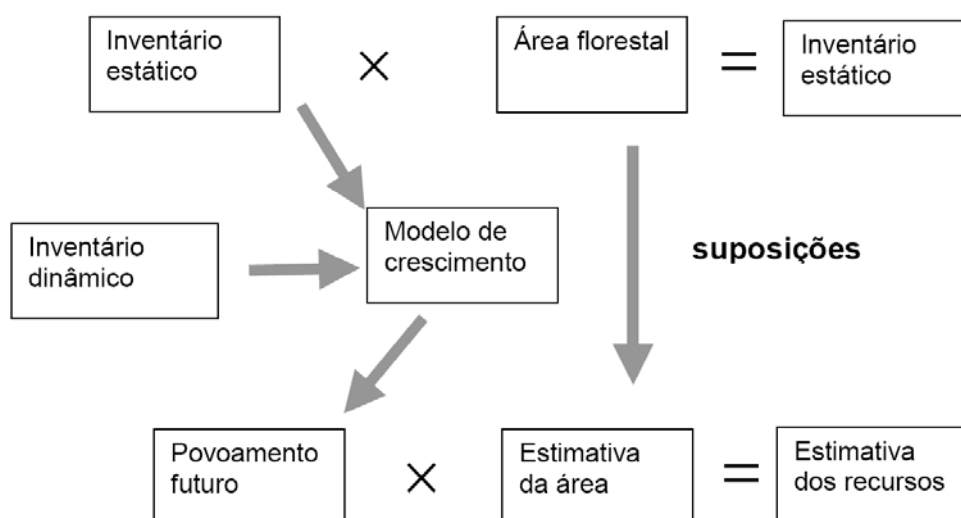
- 3- qual é o critério que devo utilizar para escolher as árvores a serem cortadas agora e as que vão ficar para cortes futuros?
- 4- quantas árvores podem ser cortadas a cada ano ou a cada n anos, e quanto (R\$) se vão ganhar?
- 5- a madeira vai fornecer renda de maneira contínua?
- 6- como discutir e resolver a questão de manejo florestal da comunidade?

Atualmente existe um plano de manejo florestal implantado na Resex Aquariquara (ECOPORÉ, 1996). Além desse plano específico, foram analisados planos de manejo empresarial de Rondônia, constatando-se que todas apresentavam resultados de inventário

florestal estático (quantidade de volume distribuído entre espécies e na classe diamétrica), porém nenhum plano apresentou dados relativos à dinâmica de crescimento que pudesse dar uma noção aproximada sobre a produtividade dessas florestas e, conseqüentemente, da sustentabilidade da produção madeireira para o segundo ciclo de corte, apesar de ser denominado Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS. Assim sendo, o desenvolvimento desta tese tem como foco principal poder contribuir na elucidação das dúvidas referentes aos itens 3 a 6, que são questões cruciais para os extrativistas, e, também, para os empresários das indústrias de base florestal que atuam em Rondônia.

Para atender às necessidades da Resex Aquariquara, ficou claro que há necessidade de instalar parcelas permanentes, realizar medições periódicas (a cada 3 a 5 anos) e obter dados confiáveis sobre o crescimento das árvores. Não existindo tais possibilidades, torna-se possível aplicar um modelo com valores aproximados de crescimento e estimar a produção e produtividade da madeira, e, à medida que os dados reais de crescimento venham a ser disponibilizados, realizar ajustes e melhorar essas estimativas.

Essas questões são consideradas fundamentais para o manejo florestal, sendo escolhido como tema de estudo a possibilidade de desenvolver um modelo sobre a dinâmica de crescimento de floresta nativa que poderá ser aperfeiçoado e devidamente calibrado no futuro para ser efetivamente aplicado no manejo florestal. Assim sendo, o modelo a ser desenvolvido segue o esquema apresentado por Vanclay (1995), citado por SPATHELF & NUTTO (2000), onde, tomando como base os dados de um inventário estático da Resex Aquariquara e acrescentando um modelo de crescimento de Bertalanffy para árvores individuais, pretende estimar o seu crescimento e, conseqüentemente, obter a estimativa da produção sustentada de madeira.



Fonte: Vanclay (1994), citado por SPATHELF & NUTTO (2000).

Figura 1. Esquema para o desenvolvimento de modelo de crescimento e suas aplicações no manejo florestal.

Dentro desse panorama geral, há necessidade de estudar e conhecer melhor a dinâmica de crescimento de floresta tropical, ou seja, a descrição de interações de diferentes fatores que moldam o seu funcionamento. Para descrever ou modelar o crescimento de árvore de uma floresta natural, deve-se levar em consideração a sua complexidade, começando com a sua composição florística que engloba várias espécies. Estas, por sua vez, são distribuídas em

diferentes classes de idade e atingem um porte final distinto de acordo com as características de cada espécie e interações com os fatores ambientais.

Existem vários modelos matemáticos que descrevem o crescimento de um organismo vivo, sendo o mais utilizado, tanto para animais como para vegetais, o modelo de crescimento de Bertalanffy, que é uma regressão não-linear. Na modelagem desse sistema complexo, há necessidade de incluir a entrada (*input*) e saída (*output*) de árvores do sistema, baseando-se nos dados de regeneração natural e mortalidade das árvores.

O modelo de crescimento da floresta deve atender prioritariamente as questões relacionadas com soluções de problemas simples de manejo e aumentar o nível de complexidade de acordo com as necessidades dos usuários do modelo (VANCLAY, 1995; SANQUETTA, 1996; SPATHELF & NUTTO, 2000; GADOW *et al.*, 2001).

A modelagem da dinâmica de crescimento de uma floresta, e em particular para a Resex Aquariquara, é de grande importância para o seu manejo, pois permite simular o seu comportamento em escala temporal. Este aspecto será tema deste trabalho, onde, tomando como base os dados de árvores individuais que compõem a Floresta Ombrófila Aberta dessa Resex, pretende-se desenvolver, na escala temporal, um modelo para a simulação da produção florestal.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um modelo de dinâmica de crescimento de floresta tropical, aplicando o modelo de crescimento de Bertalanffy para árvores individuais da Resex Aquariquara, localizada no estado de Rondônia.

Os objetivos específicos foram:

- a- estudar a estrutura do modelo de crescimento de Bertalanffy e averiguar as possibilidades de aplicar esse modelo para o manejo florestal;
- b- definir um padrão de crescimento das árvores agrupadas em classes de tamanho de diâmetro máximo (D_{max}) ajustando os coeficientes de regressão não-linear para grupo de espécies;
- c- ajustar modelos de crescimento de Bertalanffy, para as características dendrométricas;
- d- ajustar o modelo da dinâmica de silvigênese da população;
- e- aplicar o modelo para simular o crescimento da floresta, baseando-se nos dados de censo de 1.061 árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha da Resex Aquariquara, para um horizonte focal de tempo de 1.500 anos, e analisar, na escala temporal, a estabilidade desse modelo;
- f- avaliar a possibilidade de aplicar o modelo desenvolvido para a simulação da produção florestal visando o manejo florestal sustentável.

A princípio, o modelo de simulação a ser desenvolvido e aplicado sobre árvores individuais existente na área de estudo desconsidera a sua estocasticidade (VOLPI *et al.*, 2000). Assim sendo, o modelo proposto, segundo GOMES & VARRIALE (2001), é um modelo determinístico internamente descritivo por ser próximo ao processo de raciocínio dedutivo. Segundo metodologia proposta por Brass (1975) e citada por OLIVEIRA *et al.* (2004), a simulação proposta refere-se a uma população estável e fechada, cuja taxa de natalidade é igual à soma da taxa de crescimento (vegetativo) com a taxa de mortalidade.

A adequação da simulação, mesmo na ausência de dados experimentais com os quais se possa comparar o modelo em estudo, será verificada analisando se o formalismo de modelo

é correto (GADOW *et al.*, 2001). Segundo ALDER & SILVA (2000) e CONDIT *et al.* (1998), se considerar *a priori* que a dinâmica de uma floresta não-perturbada (ecossistema estável e fechada) foi devidamente modelada, os valores prognosticados no espaço de tempo não deverão apresentar alterações significativas quanto à sua composição florística e dados quantitativos, tais como idade, distribuição em classe diamétrica, área basal e volume por unidade de superfície, hipóteses estas que serão testadas no presente estudo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão de literatura foi considerado importante abordar, além de assuntos diretamente relacionados com a modelagem, também as questões mais abrangentes relacionadas com o manejo de floresta nativa, incluindo a sua evolução histórica e o estado em que se encontram as situações do setor florestal brasileiro, visando destacar a importância das reservas extrativistas e da produção de madeira. Assim sendo, foram analisados vários aspectos sobre as experiências acumuladas no manejo florestal, seus sucessos e insucessos no passado, visando melhor planejar o futuro (GRAINGER, 1993, SANQUETTA, 1996; SILVA, 2003; FREITAS, 2004).

3.1 Evolução da Política e Legislação Referentes ao Manejo Florestal

A política e a legislação florestal adotadas por um país evoluem no espaço e no tempo, de acordo com o seu grau de desenvolvimento social, cultural e econômico e as características e condições de oferta e demanda dos seus recursos florestais (NEVES, 1980; MORÁN, 1990; CUBBAGE *et al.*, 1993; SILVA, 2003).

No Arquivo Nacional da Torre e Tombo de Portugal encontram-se documentos do Reino, tratando de questões florestais e das terras, datados desde o Século XI. Estes documentos, compilados por NEVES (1980), indicam que os monarcas concediam favores ou proibiam aos seus súditos e às entidades eclesiásticas as atividades florestais nas Coutadas Reais (equivalente às atuais Reservas), tais como a caça nas Coutadas de Caça e o pastoreio de animais domésticos, a exploração da lenha e aproveitamento de madeira nas Coutadas de Madeira. Sobre as explorações das árvores e caças (monopólios reais), estabeleciam impostos, designavam fiscais (Monteiros-mor) para coibir abusos e aplicavam penalidades aos infratores.

A cultura da política florestal e de manejo florestal portuguesa foi aplicada no Brasil desde a época da colonização. A devastação das matas levou o governo português a elaborar uma carta-régia em 1542, determinando normas para o corte e punições para o desperdício de pau-brasil. Agravando mais a devastação, foi editado, em 12 de dezembro de 1605, o **Regimento do Pau-Brasil** para garantir o rendimento sustentado da floresta, como indicam o seu preâmbulo e os 11 parágrafos, como segue:

“Eu El-rei. Faço saber aos que este Meu Regimento virem, que sendo informado das muitas desordens que lia no certão do páo brasil, e na conservação delle, de que se tem seguido haver hoje muita falta, e ir-se buscar muitas legoas pelo certão dentro, cada vez será o damno mayor se não atalhar, e der nisso a Ordem conveniente, e necessaria, como em cousa de tanta importancia para a Minha Real Fazenda, tomando informações de pessoas de experiência das partes do Brasil, e comunicando-as com as do Meu Conselho, Mandeí fazer este Regimento, que Hei por bem, e Mando se guarde daqui em diante inviolavelmente.

Parágrafo 1°. Primeiramente Hei por bem, e Mando, que nenhuma pessoa possa cortar, nem mandar cortar o dito páo brasil, por si, ou seus escravos ou Feitores seus, sem expressa licença, ou escrito do Provedor mór de Minha Fazenda, de cada uma das Capitánias, em cujo districto estiver a mata, em

que se houver de cortar; e o que o contrário fizer encorrerá em pena de morte e confiscação de toda sua fazenda.“

Nos parágrafos subseqüentes, este regimento estabelece: concessão de licença para pessoas de boa antecedência; livro de registro contendo a quantidade de madeira a ser explorada (sete parágrafos sobre burocracia); aplicação de pena progressiva para quem cortar além do estabelecido no contrato com multa de cem cruzados para quem ultrapassar dez quintais (1 quintal = 60kg), degradado para Angola para cinqüenta quintais, e pena de morte para cem quintais, além do confisco da fazenda (dois parágrafos sobre punições); evitar desperdício de madeira cortada; favorecer o rebrotamento, evitar os incêndios e proibir roças nas áreas de exploração (apenas um parágrafo sobre o manejo); manter guardas para vigiar a área; e que os Governadores e Provedores das Capitânicas cumpram as determinações (FELPE III, 1605). Essa maneira de legislar sobre as questões florestais persiste até hoje, na qual verifica-se um excesso de controle burocrático e sanções penais e muito pouco sobre as técnicas que devem ser aplicadas visando atingir os principais objetivos do manejo (SOUZA, 1935). O pau-brasil que era um monopólio real (gênero estancado) até 1834, deixou de sê-lo devido à exaustão do seu estoque da floresta nativa (SOUZA, 1973).

A política de manutenção da floresta produtora sob o domínio público foi ordenada em 1799, quando a Rainha de Portugal determinou: demarcar as “Matas e Arvoredos da Real Coroa” todas as matas e arvoredos à borda da costa ou de rios navegáveis, desde a Paraíba ao Rio Grande do Sul, objetivando a conservação de matas e arvoredos; economia nos cortes e nas conduções; e estabelecimento de uma perfeita contabilidade, mostrando o preço de cada peça tirada dos mesmos arvoredos e matas. Ordenou ainda que maior quantidade possível de amostras das madeiras existentes deveria ser remetida a Portugal, e, além disso, havia recomendação especial sobre o “reconhecimento das principais madeiras que pudessem ser retiradas com proveito, tomando-se, porém, todo o cuidado a fim de que os particulares não abusassem no corte das madeiras, tentando exportá-las” (PEREIRA, 1950; SOUZA, 1973).

Destaca-se, nessa época, a atuação de José Bonifácio de Andrada e Silva, entre outras, nas questões florestais, tanto em Portugal como no Brasil. José Bonifácio, nascido em Santos – SP, concluiu os estudos na Universidade de Coimbra (filosofia natural em 1787, estudos jurídicos em 1788) e também estudou na Escola Real de Minas, em Paris, e na Escola de Minas, em Freiberg. Foi amigo de vários políticos e cientistas, entre eles o naturalista Alexander von Humboldt. Realizou viagens de estudos e visitas: Itália, Suécia, Noruega, Dinamarca, Bélgica, Países Baixos, Hungria, Inglaterra e Escócia. Tornou-se um cientista consagrado e, ao regressar a Portugal, em 1800, foi designado, entre outros, para ocupar as seguintes funções: examinar os pinhais reais dos Mêdos e Virtudes, nos terrenos de Almada e Sesimbra (1800); ser superintendente das sementeiras nos pinhais nos areais das costas marítimas (1802) e do rio Mondego e Obras Públicas de Coimbra (1807) (JOSÉ Bonifácio..., 2008).

José Bonifácio retornou ao Brasil em 1819, aos 56 anos de idade. Em 1920, o rei D. João VI concedeu-lhe título de Conselheiro. No Brasil, atuou intensamente na política (independência, assembleia constituinte, etc.), sendo notáveis também as suas idéias e influências sobre as questões relacionadas com a escravidão, raças e classes sociais, ensino, transformação de regime de propriedade agrária com a substituição do latifúndio pela subdivisão de terras, preservação e renovação das florestas, distribuição das águas e exploração de minas (JOSÉ Bonifácio..., 2008).

“Todas as antigas matas foram barbaramente destruídas com fogo e machado e esta falta acabou em muitas partes com os engenhos. Se o governo não tomar enérgicas medidas contra aquela raiva de destruição, sem a qual não se sabe cultivar, depressa se acabarão todas as madeiras e lenhas, os engenhos serão abandonados, as fazendas se esterilizarão, a população emigrará para outros lugares, a civilização atrasar-se-á e o apuramento da justiça e a punição dos crimes experimentarà cada vez maiores dificuldades no meio dos desertos”. José Bonifácio de Andrada e Silva (1820), citado por STRUMINSKI (2007).

Entre várias obras publicadas, uma é florestal: *“Sobre a necessidade e utilidade do plantio de novos bosques em Portugal, particularmente de pinhais nos areais de beira-mar; seu método de sementeira, custeamento e administração”* publicada em 1815. A sua sólida formação acadêmica e vasta experiência político e administrativo permitem considerá-lo como patrono da geologia e da engenharia florestal do Brasil (JOSÉ Bonifácio..., 2008).

No Brasil, o primórdio de desenvolvimento da silvicultura teve início em 1807, com a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, destinado, entre outras, a cultivar as espécies nativas e aclimatar as exóticas (cravo e canela) (HEYNEMANN, 1995).

A Carta de Lei de 15/10/1827 vedava o corte de madeira de construção em geral sem autorização, sendo a denominação *“madeiras de lei”* surgida em função deste ato (PEREIRA, 1950). Seguindo este mesmo caminho de evolução legislativa, em 1830 foi promulgado o Código Penal do Império reservando dois dispositivos (artigos 178 e 257) para a repreensão ao corte de árvores (COPETTI, 2005). Neste mesmo período de Monarquia, a questão da terra passou a ser tratada legalmente com a instituição da Lei nº 601, de agosto de 1850, regulamentada pelo Decreto 1.318, de 30 de janeiro de 1854. Com a nova legislação, passou a ser exigido de todos os sesmeiros o registro de terra nos cartórios, e para regularizar a posse, fazia-se mister a prova de *“cultura efetiva e morada habitual”*. As terras não-registradas ou não-regularizadas foram consideradas devolutas, sendo estas repassadas aos particulares somente *“por título de compra”* (COSTA PORTO, 1982). Este Decreto, conhecido como *“Código da Terra”*, estabelecia sanções administrativas e penais para quem derrubasse árvores e realizasse queimada ilegal.

Em 28 de julho de 1860, foi criado o Ministério dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, e o primeiro-ministro desta pasta, Manuel Felizardo de Souza, baixou a Portaria nº 577 (de 11/12/1861) sobre *“Instruções provisórias para o plantio e conservação das florestas de Tijuca e Paineiras”*, aprovada por D. Pedro II. Assim, no dia 4 de janeiro de 1862, o major Manuel Gomes Archer, administrador nomeado da Floresta da Tijuca, iniciou o plantio e, ao completar o seu primeiro ano de atividade, já haviam sido plantados 13.613 espécimes, dos quais morreram 3.398 e, dos que vingaram, 32 eram jacarandás, 23 óleos-jataí, 20 muricis, 1.038 urucuranas, 251 cedros-rosa, 332 pequiás, 58 sapucaias, 110 arcos-de-pipa, 6 louros-pardo, 4 óleos-de-copaíba, 2 laranjeiras-do-mato, 1 oiti, 1 garaúna, 1.136 andá-açus, 107 cambuís-vinhático, 1 maçaranduba, 1 carrapeta, 20 ubapebas, 173 óleos-pardos, 641 catucaéns, 5.355 palmeiras, 63 jaqueiras, além de 308 bambus. Para efetuar o plantio, Archer realizava um desbaste da mata, mantendo as árvores maiores para proteger com a sombra as mudas plantadas. Em 1873, Archer começou a fazer a derrubada do arvoredo bravio que protegeu com suas sombras as plantações dos anos de 1862 e 1863. No mesmo ano, foram também plantadas várias espécies de eucalipto. Ao deixar o cargo em 1874, o major Archer contabilizava 61.852 árvores de lei plantadas (HEYNEMANN, 1995).

Com a Proclamação da República, as terras devolutas sob o domínio da União passaram aos estados (Art. 64 da Constituição de 24/2/1891), cabendo à União somente as porções de território indispensável para a defesa de fronteiras, fortificações, construções militares e estrada de ferro federal (BARBALHO, 1903; COSTA PORTO, 1982). Assim, os estados passaram a deter maior autonomia, com poder para legislar sobre as terras e recursos florestais (BARBALHO, 1903). As medidas legais tomadas durante o período da Primeira República (1889 a 1930) foram compiladas por SOUZA (1935), dos quais serão apresentados os atos relacionados com o regime (manejo) florestal de alguns estados selecionados com fatos históricos relevantes ocorridos nesse período.

O estado da Bahia foi o primeiro a criar lei abrangente envolvendo as questões florestais. A Lei nº 198 sobre Terras do Estado, de 21/8/1897, determina que: *“Ficam reservadas as terras devolutas necessárias ao cultivo e desenvolvimento de árvores florestais,*

conservação de matas úteis para o suprimento de madeiras com aplicação a construções navais e aos serviços do Estado, para alimentação de mananciais ou para regularidade das condições climáticas”; e, para esta última finalidade, previa: *“em cada comarca onde existirem matas, serão medidas, demarcadas e reservadas áreas de mil a dez mil hectares, sendo vedada à alienação destas terras, bem como a extração de madeira e outros vegetais nelas existentes”*.

A Lei nº 28 sobre terras públicas do estado do Rio Grande do Sul, de 5/10/1899, determina que *“as terras devolutas cobertas de mata, que formam o domínio florestal do Estado, poderão ser alienados somente em casos de interesse estadual e mediante expressa estipulação relativa à sua conservação e exploração”*.

Em São Paulo, para instalar Horto Botânico com Campo de Experiência e Serviço Florestal, foi desapropriado pelo Decreto nº 335, de 10/2/1896, um terreno situado na Serra da Cantareira. A Lei nº 678, de 13/9/1899, que organizou o Serviço Agrônômico, estabelecia que o Serviço Florestal compreende a conservação, melhor aproveitamento e repovoamento das matas e o serviço de repovoamento dos rios e aproveitamento das espécies indígenas de peixe.

A Lei nº 900, de 5/11/1903, do estado do Pará, autorizava o governador do estado a regulamentar o corte da madeiras florestais e mandar demarcar as zonas protetoras dos mananciais consideradas de utilidade pública. A Lei nº 1.179, de 17/5/1911, concedia favores e isenção de impostos, excetuados os de exportação, por tempo que não exceda a quinze anos, aos que fundarem na capital usina de refinação de borracha ou de purificação e preservação da goma elástica. A Lei nº 1.197, de 3/11/1911, autorizava o governador a ceder ao Governo Federal terras devolutas para o estabelecimento de reservas florestais, e ainda o Estado a estabelecer reservas de cauchos e castanhas. A extração da madeira foi regulamentada pela Lei nº 1.567, de 31/10/1916, que reza no Artigo 1º do regulamento: *“A extração de madeiras no Estado, quer em terras particulares, quer em terras públicas, será feita de modo que não ponha em perigo, atual ou remoto, a existência de matas, nem prejudique a colheita ou extração de produtos vegetais utilizáveis nas indústrias”*.

A Lei nº 1970, de 21/11/1920, autoriza o governador do estado do Pará a contratar Antonio Marques do Reis Junior para a exploração racional e científica das florestas dos rios Moju, Cairary e Pacajá, concedendo-lhe até cem mil hectares de terras devolutas, a título gratuito. A concessão foi dada também a Henry Ford, em 1927 (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001), envolvendo aproximadamente um milhão de hectares de terra localizada entre os municípios de Itaituba e Aveiros, na margem do Rio Tapajós, a 160km (12 horas de barco) de Santarém.

O Código Florestal do Paraná, expedido pela Lei nº 706, de 1/4/1907, contemplava o seguinte: exploração de florestas para fins comerciais com replantio de cortes e clareiras produzidas, devendo a produção anual ser proporcional ao seu crescimento médio, e proibida a antecipação de corte. Em 1920, foi instituído o Selo de Garantia Oficial, facultativo e aplicável tanto aos produtos naturais como aos fabris, destinados à exportação, especificando a sua respectiva natureza, sob as armas oficiais do Estado encimadas pelos dizeres “Indústria do Paraná”, sendo os estudos dos produtos realizados nos Gabinetes de Resistência de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Paraná.

O extrativismo de borracha na Região Amazônica desencadeou vários fatos históricos durante a Primeira República, sendo o mais importante a compra do atual estado do Acre, invadido pelos seringueiros brasileiros, da Bolívia (Tratado de Petrópolis, de 17/11/1903), mediante pagamento de 2 milhões de libras e com promessa de construir uma estrada de ferro ligando Porto Velho a Guajará-Mirim, que serviria para escoar a produção de borracha e outras mercadorias da Bolívia para o exterior, via estrada de ferro, navegação dos rios Madeira e Amazonas para alcançar o Oceano Atlântico. Nesta ocasião, a Bolívia havia perdido a saída para o Oceano Pacífico devido à guerra com Peru. (HOMMA, 1993).

Na esfera federal, foi criado o Serviço Florestal do Brasil pelo Decreto nº 4.421, de 28/12/1921, regulamentado pelo Decreto nº 17.042, de 16/9/1925, e em funcionamento desde maio de 1926. O Serviço Florestal tinha como objetivos a conservação, o beneficiamento, a reconstrução, a formação e o aproveitamento das florestas, sendo incumbido dos seguintes: expedição de regulamento para conservação, melhoramento, formação e guarda das florestas protetoras do Domínio da União; iniciar a criação de hortos florestais em que sejam praticamente estudadas as espécies indígenas ou não, mais aptas ao plantio e à formação de matas; criação de floresta-modelo em que irão exercitar-se os trabalhos das escolas práticas de silvicultura (SOUZA, 1973).

Com a Revolução de 1930 que depôs o presidente Washington Luís, tomou o poder uma junta militar que o repassa ao Getúlio Vargas. O governo revolucionário de Getúlio Vargas restringiu a autonomia dos estados, passando estes a serem governados pelos interventores. Pelo Decreto nº 23.793, de 21/3/1935, foi instituído o **Código Florestal**, com 110 artigos, que passou a impor sobre as florestas restrições de uso por serem bens de interesse comum (direito difuso), reconhecendo a sua utilidade para a proteção das terras:

“Art. 1º As florestas existentes no território nacional, consideradas em conjunto, constituem bem de interesse comum a todos os habitantes, do país, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que as leis em geral, e especialmente este código, estabelecem.

Art. 2º Aplicam-se os dispositivos deste código assim às florestas como às demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem.”

Desse Código Florestal, destacam-se os seguintes: as florestas são isentas de qualquer imposto (Art. 17); não abater mais que três quartas partes da vegetação de mata existente em cada propriedade (Art. 22); determinava que as empresas siderúrgicas e as de transporte manter em cultivos floresta necessários para a produção de lenha e carvão vegetal (Art. 26); exploração industrial de florestas de rendimento de domínio público, mediante concorrência pública (Art. 36); instituiu o Fundo Florestal (Art. 98); criou o Conselho Florestal Estadual e Municipal (Art. 56) e o Conselho Florestal Federal (Art. 101).

Em 1938, foi criado o **Instituto Nacional do Mate** - INM para coordenar e superintender a produção e o comércio e a sua propaganda. O **Instituto Nacional do Pinho** - INP foi criado em 1941, visando estabelecer bases para a normalização e defesa da produção madeireira, fomentar o comércio, criar um sistema de circulação da produção, distribuição e consumo, e aperfeiçoar métodos de produção. Para esta finalidade, foram criados dez Parques Florestais (atuais Florestas Nacionais) no Sul do país, que serviram como campo experimental e demonstrativo de silvicultura e manejo florestal, visando, principalmente, sustentar a produção do pinheiro-do-paraná (PEREIRA, 1950).

O **Regime Militar** reformulou a política florestal do país, instituindo o novo **Código Florestal** através da Lei nº 4.771, de 15/09/65, e, em relação ao de 1934, apresentou as seguintes alterações e/ou inovações: a exploração da Floresta Amazônica ficou condicionada à apresentação de plano técnico de condução e manejo (Art. 15); instituiu a reserva legal para a propriedade rural, sendo de 50% na Amazônia Legal e 20% para as demais regiões, e destinou integralmente a mata de pinheiro-do-paraná da Região Sul para a produção florestal. Determinou que a área de reserva legal fosse averbada em cartório de imóveis e que a exploração dessa área fosse condicionada à apresentação de plano de manejo (Art. 16).

Através da Lei nº 5.227, de 18/01/1967, foi criada a Superintendência da Borracha - SUDHEVEA, autarquia vinculado ao Ministério da Indústria e do Comércio (HOMMA, 1983, SILVA, 2003).

Para conduzir a política florestal, foi criado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (**IBDF**) pelo Decreto-Lei nº 289, de 28/2/1967, que incorporou o Instituto Nacional do Mate, o Instituto Nacional do Pinho e o Departamento de Recursos Naturais Renováveis. Em 1971, o IBDF, em convênio com a FAO (PNUD/FAO/BRA-45), criou o Projeto de Desenvolvimento e Pesquisas Florestais – PRODEPEF, destacando-se as pesquisas sobre a

Floresta Amazônica, o Cerrado e reflorestamento. Em relação ao reflorestamento, foram consolidadas as bases genéticas de eucalipto e pinus mediante programa de introdução de espécies e procedências em consonância com o zoneamento ecológico efetuado. A pesquisa do setor florestal foi reforçada com a criação, em 1973, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **EMBRAPA**, com unidades destinadas às pesquisas florestais em várias regiões do país (KITAMURA, 1994).

Visando fortalecer o setor florestal, foi aprovada a concessão de **incentivo fiscal** para reflorestamento (Lei 5.106, de 02/09/66 e alterada pela Lei 1.134 de 1971) que perdurou por um período de vinte anos. O reflorestamento utilizando espécies exóticas de rápido crescimento (*Pinus* spp., *Eucalyptus* spp., etc.) visava, entre outros, atingirem o auto-abastecimento de papel e celulose, aumentar a oferta de madeira para outros segmentos industriais, substituir a lenha de mata nativa da matriz energética e também servir de base à conservação do solo e dos regimes das águas (IBDF, 1975). Com o incentivo fiscal, foram reflorestados aproximadamente 6 milhões de hectares no período compreendido entre 1967 a 1987.

A Região Amazônica passou a ser foco de atenção do Governo Federal e foi então criada a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – **SUDAM** (1966), visando “*promover o desenvolvimento auto-sustentado da economia e o bem-estar social da região Amazônica de forma harmônica e integrada à economia nacional*”. Criaram-se também o Programa de Integração Nacional – PIN (1970), o Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste - PROTERRA (1971) e o Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia - POLOAMAZÔNIA (1974). Foi formuladas uma série de ações, como a construção da rodovia Transamazônica (Cuiabá-Santarém, Santarém-Humaitá, Marabá-Santarém, Manaus-Porto Velho), projetos de colonização e incentivos fiscais, que foram os pilares que nortearam o modelo político e econômico implantado pelos militares para o povoamento e desenvolvimento da Amazônia (PANDOLFO, 1974; HOMMA, 1993).

Destaca-se como maior projeto executado no país, relacionado com os recursos naturais, o **Projeto Radambrasil**, do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, que operou entre 1970 a 1985 e foi criado com objetivo principal de realizar o levantamento aerofotogramétrico de áreas do território brasileiro (em especial a Amazônia), como também o mapeamento integrado dos recursos naturais com base nas imagens de radar e outros sensores, resultando em um levantamento abrangente dos recursos naturais (34 volumes), incluindo a geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra (OLIVEIRA, 1999). Entre os empreendimentos instalados na Região Amazônica, destaca-se o Projeto Jarí, iniciado em 1967, abrangendo uma área de 1.734.606ha, onde o milionário norte-americano Daniel Keith Ludwig instalou um complexo agro-industrial (fábrica de celulose, extração de caulim, cultivo de arroz na várzea e criação de búfalo). O reflorestamento teve início em 1968, e em 1980 a Jarí havia reflorestado 106.142ha (71.678 com gmelina, 31.796 com pinus e 2.668 com eucalipto). A fábrica começou a produzir 750 toneladas de celulose por dia em abril de 1979, porém, devidos às dificuldades econômicas e de relacionamentos com o governo militar, Daniel Ludwig desistiu desse projeto, transferindo-o para o Grupo Antunes em 1982, que por sua vez, mergulhado numa dívida de 415 milhões de dólares, em 2000, foi assumido pelo Grupo Orsa (LINS, 2008).

A questão ambiental passa a ser tema relevante no mundo, sendo criado no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA (Decreto nº 73.030, de 30/10/1973). Pela Lei nº 6.938, de 31/08/1981, foi instituído o Sistema Nacional do Meio Ambiente – **SISNAMA** e criado o Conselho Nacional de Meio Ambiente – **CONAMA**, e o Decreto nº 88.351, de 1/6/1983 estabeleceu a **Política Nacional do Meio Ambiente**.

A questão ambiental ganha status ministerial em 1985, quando foi criado o Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, incorporando o Ministério de Desenvolvimento Urbano e CONAMA (Lei nº 6.938, de 31/08/1985) (IBAMA, 2008).

Com a passagem de governo militar para o governo civil, o Brasil sofreu várias mudanças, começando com a promulgação da nova Constituição e a inclusão de novos conceitos e temas atuais como o desenvolvimento sustentável, inclusão social, biodiversidade e mudanças climáticas.

A partir de 1986, passou a ser exigida a elaboração de **Plano de Manejo** da floresta nativa em área própria, onde se exige manejar a área explorada para sustentar a produção da madeira (Lei nº 7.511, de 07/07/86; Portaria nº 486/86-P - IBDF; Portaria nº 501/86 - IBDF) (IBAMA, 2008a).

Com a promulgação, em 1988, da atual **Constituição Federal**, resultaram substanciais alterações, tanto no que refere-se à legislação como nas diretrizes tomadas em relação às questões florestais e ambientais, atribuindo poderes aos Estados, Distrito Federal e Municípios proteger e legislar concorrentemente sobre essas questões e incumbindo o Ministério Público a promover o inquérito civil e a ação civil pública, para a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos. Destaca-se o Capítulo VI que trata do **meio ambiente**, onde reza o Art. 225: *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”* e *“A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônios nacionais, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais”* (SENADO FEDERAL, 1996).

Como consequência, foi criado o IBAMA, vinculado ao Ministério do Interior (Lei 7.735 de 22/02/89), com a fusão de quatro órgãos extintos (IBDF, SUDHEVEA, SEMA, SUDEPE), encarregando-o de formular, coordenar e executar a política nacional do meio ambiente (IBAMA, 2008a). Entre as medidas tomadas em decorrência dessa reformulação, destacam-se: início da realização de Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico da Amazônia; suspensão de incentivos fiscais para as atividades pecuárias que impliquem na formação de pastagens na Amazônia (Decreto 97.637, de 10/04/89); criação de Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA (Lei 7.797, de 10/07/89); e criação da Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República – SEMAM/PR, passando o IBAMA a fazer parte dessa secretaria (Lei nº 8.028, de 12 /04/1990).

Em 1992, a SEMAM/PR é transformada em Ministério do Meio Ambiente – MMA (Lei nº 8.490, de 19/11/1992), passando a ser Ministério de Estado Extraordinário para a Articulação de Ações na Amazônia Legal (Decreto nº 901, de 25/08/1993), Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal (Lei nº 8.746), Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Medida Provisória nº 813, de 1º /01/1995) e, finalmente, Ministério do Meio Ambiente (Medida Provisória nº. 1.795, de 1º/01/1999) (IBAMA, 2008a).

Com a redução de cobertura da Mata Atlântica, foi baixado o Decreto nº 750, de 10/02/1993, instituindo: *“Art. 1º - Ficam proibidos o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançados e médios de regeneração da Mata Atlântica”*.

Pelo Decreto nº1.282, de 19/10/1994, foi regulamentado o artigo 15 do Código Florestal, estabelecendo que a exploração madeireira da Floresta Amazônica deva ser realizada sob a forma de manejo florestal sustentável, e o desmatamento será permitido somente em áreas selecionadas pelo Zoneamento Ecológico-Econômico para o uso alternativo

do solo (uso agropecuário e infra-estruturas), mantendo-se sempre a reserva legal de, no mínimo, 50% da área de cada propriedade (BRASIL, 1994).

A Lei nº 9.985, de 18/07/2000, regulamentou o Art. 225 da Constituição Federal, instituindo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – **SNUC**. Foram criados dois grupos de unidades de conservação com respectivas categorias como seguem: Unidades de Proteção Integral (estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural, refúgio de vida silvestre) e Unidades de Uso Sustentável (área de proteção ambiental, área de relevante interesse ecológica, floresta nacional, **reserva extrativista**, reserva de fauna, reserva de desenvolvimento sustentável, reserva particular de patrimônio natural) (MMA, 2002).

Especificamente sobre a **reserva extrativista** estatuem os seguintes: A reserva extrativista é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, além de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade; a reserva extrativista é de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais; a reserva extrativista será gerida por um Conselho Deliberativo, presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e das populações tradicionais residentes na área, conforme se dispuser em regulamento e no ato de criação da unidade; o Plano de Manejo da unidade será aprovado pelo seu Conselho Deliberativo; a **exploração comercial de recursos madeireiros** só será admitida em **bases sustentáveis** e em situações especiais e complementares às demais atividades desenvolvidas na reserva extrativista, conforme o disposto em regulamento e no **Plano de Manejo** da unidade (IBAMA, 2004).

A Medida Provisória nº 2.166, de 2001, alterou substancialmente o Código Florestal de 1965, sendo as principais as seguintes: reserva legal da Amazônia aumentou de 50 para 80%, foi incluído o cerrado com 35% e campos limpos com 20% para todo o país e suprimiu a mata de pinheiro-do-paraná do Art. 16; o Art. 22 que estabelecia competência exclusiva à União para fiscalizar as atividades florestais foi alterado, delegando poderes tanto para os estados como para municípios fiscalizarem mediante convênios (IBAMA, 2008a).

O DSN de 13/07/2006 – D.O.U. de 14/07/2006 altera a denominação, competência e composição da Comissão Nacional de Desenvolvimento Sustentável das Comunidades Tradicionais; o Decreto 5.795/2006 de 05/06/2006 dispõe sobre a composição e o funcionamento da Comissão de Gestão de Florestas Públicas; a Lei 11.284/2006 de 02/03/2006 dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o **Serviço Florestal Brasileiro – SFB** e cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF (IBAMA, 2008a).

A Lei 11.516, de 28/08/2007, dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - **Instituto Chico Mendes**; o Decreto 6.063/2007, de 20/03/2007, regulamenta, no âmbito federal, dispositivos da Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a Gestão de Florestas Públicas para a produção sustentável (IBAMA, 2008a).

3. 2 Manejo de Floresta Tropical no Mundo e no Brasil

Segundo HOMMA (1993), a floresta natural é manejada de acordo com a oferta e demanda de produtos florestais. Sem a pressão de demanda, pratica-se o extrativismo puro, normalmente de baixa produtividade e sem alterar o equilíbrio de ecossistema florestal. Com o desenvolvimento sócio-econômico, uma parte da cobertura florestal é desmatada e destinada

para uso agropecuário, continuando a extração de produtos madeireiros e não-madeireiros da floresta remanescente. Com o aumento contínuo de pressão de demanda e diminuição de oferta de recursos florestais, o manejo de floresta nativa passa para a fase de extrativismo seletivo, seguido de manejo extensivo e finalmente passa para a fase de manejo intensivo. Não conseguindo atender a demanda de produtos florestais com o manejo intensivo das florestas nativas, algumas espécies nativas passam pelo processo de domesticação (seleção e melhoramento genético) e são cultivadas em escala industrial. Assim, a demanda por produtos florestais passa a ser atendido gradativamente, através de reflorestamento, baseado em uso de espécies de rápido crescimento e de alta produtividade, com o uso intensivo de insumos modernos. No Brasil, a Mata Atlântica passou por um processo de exploração seletiva por vários séculos, começando com a exploração de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* L.), seguindo-se a exploração de madeiras de lei e terminando com a exploração da mata de araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.). Esgotados os recursos dessa floresta nativa, uma parte da demanda passou a ser atendida pelo reflorestamento e outra pela floresta nativa Região Amazônica (BACHA, 2004).

O extrativismo ainda é praticado na Região Amazônica, e, visando assistir este segmento, foram criadas as reservas extrativistas (resex) que pertencem ao grupo de uso direto de recursos naturais do Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC. É uma unidade criada pelo Poder Público e dada em concessão de uso aos moradores, objetivando promover o desenvolvimento sustentável de populações tradicionais a partir dos recursos naturais (MMA, 2002; SILVA, 2003). Hoje, as reservas extrativistas correspondem a mais de 11 milhões de hectares na Amazônia, das quais 1,2 milhões de hectares estão localizados no estado de Rondônia (PLANAFLORO, 2005; ISA, 2008).

Apesar do plano de desenvolvimento ter sido um instrumento proposto em 1993 pelo Centro Nacional para o Desenvolvimento Sustentável das Populações Tradicionais – CNPT/IBAMA, o primeiro plano de manejo de uma reserva extrativista no Brasil foi elaborado, em 1996, para a Reserva Estadual Extrativista de Aquariquara (PLANAFLORO, 2005), doravante denominado Resex Aquariquara. Este plano foi elaborado com as participações da Ação Ecológica Vale do Guaporé - ECOPORE, do Centro dos Trabalhadores da Amazônia - CTA, da Organização dos Seringueiros de Rondônia - OSR e da Associação dos Seringueiros de Machadinho D'Oeste - ASM, com o apoio financeiro do Fundo Mundial para a Natureza - WWF e do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas - PNUD. De acordo com o plano de manejo, além do extrativismo tradicional, foi incluída a exploração da madeira. Com o plano, visou implantar um modelo de sustentabilidade ecológica, econômica e social (ECOPORE, 1996).

Segundo HOMMA (1993), no caso de seringueira, o extrativismo convive com a produção de borracha de seringais plantados no país e no exterior e de borracha sintética. Assim, os seringueiros que tradicionalmente viviam da extração de borracha da mata nativa atualmente dedicam-se também aos outros afazeres, como a agricultura, a exploração madeireira e de produtos não-madeireiros, visando complementar a renda familiar (SILVA, 2003; MAY, 2008). Baseando-se nas análises de comunidade extrativista da Floresta Estadual de Antimari - Acre, CAVALCANTI (1992) elaborou um plano de manejo de uso múltiplo, incluindo a exploração madeireira aplicando o método de seleção de espécies listadas. Análise envolvendo o extrativismo de castanha-do-pará na Bolívia foi realizada por BOJANIC HELBINGEN (2001).

O manejo de floresta tropical visando à produção de madeira para fins industriais vem sendo praticado e estudado há séculos. Vários sistemas silviculturais são aplicados às florestas tropicais do mundo, destacando-se, entre outros, os do Sudeste Asiático, da Costa Leste Africana e da América Central e Sul (HIGUCHI, 1987; SILVA, 1989; SCOLFORO, 1994 e 1998). Entre as literaturas existentes, destaca-se a obra pioneira de DAWKINS (1958), que

trata de manejo de floresta tropical da Uganda, os trabalhos de FAO (1985) e ARMITAGE (1998), que apresentam um panorama mundial de manejo de floresta tropical, o de GRAAF (1986) e JONKERS (1987), que descreve as experiências conduzidas em Suriname, e o de WADSWORTH (2000), da América Tropical. HIGUCHI (1987), SILVA (1989) e AZEVEDO (2006) apresentaram teses sobre o manejo da Floresta Amazônica, enquanto SOUZA (1989) e ARAUJO (1993), sobre a Mata Atlântica. Obras como a de LAMPRECHT (1990) e SOUZA & JARDIM (1993) descrevem os principais sistemas silviculturais adotados no manejo de floresta tropical do mundo.

A Floresta Amazônica apresenta diferentes fitofisionomias, sendo que as mais utilizadas para a produção de madeira são as Florestas Ombrófilas Densas e as Florestas Ombrófilas Abertas, localizadas nas baixas altitudes e de terra firme (OLIVEIRA FILHO & FERREIRA, 1997). As indústrias madeireiras da Região Amazônica apresentaram ao IBAMA, até o ano 2.000, um total de 3.716 Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, dos quais 1.881 localizados no Mato Grosso, 1.124 no Pará, 339 em Rondônia e 372 nos demais estados (IBAMA, 2001a). Tais planos são vistoriados anualmente (IBAMA, 2001), e segundo IBAMA (2001a), no ano de 2000 foram vistoriados 822 PMFS, abrangendo um total de 403.297ha contendo um estoque de 8.315.822 metros cúbicos de madeira de valor comercial, resultando uma média de 491ha com 10.117m³/plano e intensidade de exploração de 20,62m³.ha⁻¹.

3.3 Desenvolvimento Sustentável

A discussão sobre a questão do desenvolvimento e o meio ambiente foi intensificada ao nível mundial, notadamente a partir da conferência realizada pelas Nações Unidas em Estocolmo em 1972. O conceito tradicional de desenvolvimento passou a ser revisado, surgindo novos conceitos como “*crescimento sustentável*” e “*ecodesenvolvimento*” até chegar ao conceito atual de “*desenvolvimento sustentável*”, apresentado de maneira consistente e abrangente no Relatório Brundtland, preparado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) para servir como documento de referência na Conferência de Rio-92 (KITAMURA, 1994).

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu a partir do reconhecimento sobre a insustentabilidade de muitos padrões de desenvolvimento em curso, apontando conjunções de vários fatores desfavoráveis no mundo, devido, entre outros, ao excessivo consumo de energia nos países industrializados, e, nos países em desenvolvimento, à depredação de recursos naturais e à perda de biodiversidade. Também foi apontada a falta de cooperação entre as partes, envolvendo a transferência de tecnologia, comércio internacional de semi-elaborados, recompensa justa para os detentores e preservadores de biodiversidade, e a conduta inadequada de determinados países ou regiões, em detrimento dos prejuízos econômicos, ambientais, culturais e morais causados aos demais países ou regiões (CONFERÊNCIA das Nações Unidas ..., 1996).

Adicionalmente, foi também considerado que persistindo a pobreza, a sociedade é impelida a satisfazer as suas necessidades básicas e imediatas depredando os recursos naturais, limitando a possibilidade de desenvolvimento de longo prazo e afetando o bem-estar das gerações futuras. O conceito de desenvolvimento sustentável tenta conter, remover, ou reverter os obstáculos desfavoráveis antes mencionados, através de programas e metas, envolvendo a participação e cooperação de todas as nações, visando “satisfazer as necessidades básicas, elevar o nível de vida de todos, manter ecossistemas melhor protegidos e gerenciados e construir um futuro mais próspero”, conforme consta no documento “Agenda 21” (CONFERÊNCIA das Nações Unidas ..., 1996). O conceito de

desenvolvimento florestal sustentável, acatado pela Conferência de Rio-92, foi definido como “*o processo capaz de satisfazer as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas*”.

Nas últimas décadas, vem sendo detectadas, principalmente nos países tropicais, constante redução e deterioração de base de recursos florestais. Estas e outras questões foram amplamente debatidas na Conferência de Rio-92, chegando a um consenso global que culminou com a Declaração de princípios sobre manejo, conservação e desenvolvimento sustentável das florestas. Nessa declaração, ressalta-se que as questões e oportunidades florestais devem ser examinadas de forma equilibrada e integrada, dentro do contexto geral de meio ambiente e desenvolvimento, levando em consideração as funções e os usos múltiplos das florestas para as gerações presentes e futuras. Em relação à produção florestal, reconhece-se a importância da provisão de madeira para energia e indústrias e os seus benefícios econômicos, e para a consecução desses objetivos recomenda-se, sobretudo nos países tropicais, implementar e consolidar uma política baseada em manejo sustentável das florestas nativas e reflorestamento (CONFERÊNCIA das Nações Unidas ..., 1996).

O termo **rendimento sustentado**, também denominado rendimento permanente ou rendimento perpétuo da terminologia florestal, segundo SOUZA (1973), define-se como sendo:

- “a)- Aplicado a uma política florestal, é o método ou plano de manejo florestal que implica na produção contínua ou rendimento permanente, com o fim de alcançar, tão depressa quanto seja praticamente possível, um equilíbrio aproximado entre o crescimento líquido e a colheita beneficiada, quer por períodos anuais, quer por períodos mais longos;*
- b)- Aplicado ao manejo florestal, implica em medidas que mantenham a capacidade produtiva da terra;*
- c)- Aplicado a uma floresta, refere-se à que seja submetida ao manejo na base da produção contínua ou rendimento permanente;*
- d)- Aplicado a uma região florestal, implica em um equilíbrio aproximado, para em seu conjunto, entre o crescimento e os cortes ou remoções;*
- e)- Em finança florestal, refere-se a uma propriedade florestal cuja renda atual é igual aos juros de seu valor capitalizado; se conseguir-se igualdade sobre uma base anual, a propriedade caracteriza-se como uma propriedade de produção anual permanente ou produção contínua; se forem períodos maiores, será uma propriedade de produção permanente periódica;*
- f)- Pode ser obtido sob qualquer sistema silvicultural ou combinação de sistemas, desde que as classes de idade que compõem a floresta sejam bem distribuídas.”*

O conceito de rendimento sustentado constitui o principal fundamento de manejo florestal em todo o mundo (DAWKINS, 1958; CLUTTER *et al.*, 1983; FAO, 1998, WADSWORTH, 2000), além disso, pode o mesmo ser maximizado e/ou otimizado aplicando-se técnicas avançadas de manejo florestal (HOF, 1993).

No Brasil, conforme Decreto nº 1282, de 19/10/94, que regulamentou a exploração das florestas primitivas da Bacia Amazônica (BRASIL. SENADO FEDERAL, 1996), o manejo florestal sustentável foi definido como “*a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo*”. Estabelece ainda que o plano de manejo sustentável seja elaborado segundo os seguintes princípios gerais e fundamentos técnicos:

I- princípios gerais:

- a) conservação dos recursos naturais;*
- b) manutenção da diversidade biológica;*
- c) conservação da estrutura da floresta e suas funções;*
- d) desenvolvimento sócio-econômico da região;*

II- fundamentos técnicos:

- a) levantamento criterioso dos recursos disponíveis, a fim de assegurar a confiabilidade das informações pertinentes;*
- b) caracterização da estrutura e do sítio florestal;*
- c) Identificação, análise e controle dos impactos ambientais, atendendo a legislação pertinente;*

- d) *viabilidade técnico-econômica e análise das conseqüências sociais;*
- e) *procedimentos de exploração que minimizem os danos sobre o ecossistema;*
- f) *existência de estoque remanescente do recurso que garanta a produção sustentada da floresta;*
- g) *adoção do sistema silvicultural adequado;*
- h) *uso de técnicas de plantio, sempre que necessário.”*

Segundo Helms (1988), citado por NIEMANN & INNES (2000), a sustentabilidade é definida como “*capacidade de florestas, desde talhão até eco-regiões, para manter ao longo prazo seu estado sanitário, produtividade, diversidade e integridade de conjunto no contexto da atividade e o uso humano*”. Também incluem os produtos florestais não-madeireiros, definido como “*bens de origem biológica distinto da madeira, procedentes de florestas, de outros terrenos arborizados e de árvores situados fora de florestas.*”.

Segundo SERÔA DA MOTTA (1995), a depreciação de capital natural de recursos exauríveis (ativos não-produzidos) poderá ser substituída por ativo produzido (capital material) e define este processo como fraca sustentabilidade. Sob esta ótica, a depreciação de um capital natural pode ser compensada, sempre que for economicamente desejável, por investimentos economicamente equivalentes. Assim, mesmo frente ao aniquilamento de base de florestas nativas devido à exploração da madeira e desmatamento, pode garantir fluxos de rendimentos perpétuos, desde que parte da receita dessa exploração seja reinvestida em reflorestamento.

Para ser sustentável, segundo SEPÚLVEDA (2005), “*deve ser concebido como um processo multidimensional e intertemporal na qual a trilogia equidade, sustentabilidade e competitividade se sustentam em princípios éticos, culturais, socioeconômicos, ecológicos, institucionais e políticos e tecnológico-produtivos*”.

3. 4 Evolução Histórica de Manejo Florestal Brasileiro

Antes de descobrimento do Brasil, Portugal promoveu um desenvolvimento do setor florestal sob o reino de D. Diniz (1279-1325), que passou a reflorestar com pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) o **Pinhal de Leiria** visando produzir madeira e fixar as dunas. Mais tarde, a madeira produzida desse pinhal abasteceu a construção naval, tornando Portugal um dos maiores detentores de frotas mercantes e de guerra do mundo (**CIDADE de Leiria**, 2008; **HISTÓRIA**, 2008). Passando à história brasileira, o primeiro ciclo econômico do país foi baseado na exploração do **pau-brasil** (*Caesalpinia echinata* L.), devido ao elevado preço do corante natural extraída dessa madeira. O desfecho do comércio de pau-brasil deu-se, por um lado, devido à exaustão dessa madeira da Mata Atlântica, e por outro, à descoberta de anilina sintética que veio a substituir os corantes naturais, e então o pau-brasil deixou oficialmente de ser gênero estancado em 1834 (SOUZA, 1935; PEREIRA, 1950).

No século XIX, a borracha passou a ser utilizada em vários países, tornando-se um produto comercial de grande importância, principalmente para a fabricação de capas de chuvas, botas e pneus (bicicletas e depois para automóveis). O Brasil, então, começou o extrativismo de borracha, sendo um marco importante do Ciclo de Borracha a maciça migração de nordestinos para a Amazônia, principalmente durante a seca ocorrida em 1870. Os seringueiros iniciaram a ocupação do Acre, pertencente à Bolívia, em 1852, atingindo grandes proporções em 1877 (HOMMA, 1993; IBGE, 1990; SILVA, 2003).

O ano de 1876 também é um marco histórico, pois neste ano Henry Wickham colheu 70.000 sementes de seringueira na Amazônia (Rio Tapajós) e levou para o Jardim Botânico Kew (Londres), dos quais 2.700 germinaram. Também, no mesmo ano, Robert Cross coletou 1.000 mudas de seringueira no Baixo Amazonas e as enviou para Londres. Dessas mudas germinadas e coletadas, 1.900 foram envidas para a Malásia, 18 para Indonésia e 50 para Singapura e, posteriormente, chegaram a ser cultivadas também na Índia e Sri Lanka (IRRDB,

2008). As produções de borracha das colônias inglesas começaram a entrar no mercado mundial em 1910 e estas, em poucos anos, tornaram-se as maiores produtoras mundiais, além de reduzirem drasticamente o seu preço.

A exportação dessa região suplantou à brasileira em 1913, e em 1919 o Brasil exportou 34.000t das 423.000t do total mundial. Segundo IBGE (1990), a exportação da borracha brasileira em 1827 foi de 31t, atingindo 1.395t em 1851, 17.062t em 1888, e mantendo-se acima de 30.000t entre 1903 a 1917 (pico de 42.286t em 1912). Passou a decair para situar-se abaixo de 20.000t em 1828, de 10.000t em 1948 e de 1.000t em 1977. O preço da borracha exportada por tonelada oscilou entre 100 a 200 libras (libras-ouro) no final do século passado, subindo para 300 libras em 1903, atingindo o máximo de 639 libras em 1910, e decaindo para situar por baixo de 300 libras em 1913, de 200 libras em 1918, 100 libras em 1921 e menos de 50 libras a partir de 1931.

Com a economia de borracha, prosperaram as cidades de Belém, Santarém e Manaus, sendo, nesta última, ordenada a construção de um teatro para ópera que foi iniciada em 1884 e inaugurada em 1896, com capacidade para 701 pessoas. O Teatro Manaus constitui um marco histórico da pujança da época áurea da borracha (IBGE, 1990). Adicionalmente, devido à produção de borracha, foi construída a Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (362km), que foi licitada pelo governo brasileiro em 1905, sendo a construção iniciada em 1907 e inaugurada em 1912. Esta ferrovia, orçada em 40 mil contos de réis, foi construída por Percival Farquhar, o qual, ao término da obra, apresentou uma fatura de 102 mil contos (equivalente a 50t de ouro na época). O governo brasileiro considerou escandaloso o pleito, porém, concordou em pagar um total de 62 mil contos de réis. Na construção dessa ferrovia, denominada “Ferrovia do Diabo”, consta que, de um total de 21.817 homens contratados, morreram 1.522 pessoas (SILVA, 2006).

Conforme antes citado, o preço da tonelada de borracha que atingira um máximo de 639 libras esterlinas em 1910 começou a decair rapidamente devido à entrada de borracha das colônias inglesas no mercado. Em 1913, a borracha cultivada no Oriente (48.000t) superava a produção amazônica (39.560t). Era o fim do monopólio brasileiro da borracha. Com a borracha valendo menos de 300 libras em 1913, 200 libras em 1918, e menos de 50 libras a partir de 1931, a operação da ferrovia Madeira-Mamoré só deu lucro nos primeiros dois anos e foi à falência em 1919 (SILVA, 2006).

O Ciclo da Borracha causou um grande impacto social sobre a Amazônia, cuja população, que era de 332.847 habitantes recenseadas em 1872, passou a 476.370 em 1890, 652.112 em 1900, e 1.438.052 em 1920, ou seja, duplicou-se a população neste último período intercensitário de vinte anos e no igual período subsequente registrou-se uma estagnação, sendo recenseados 1.462.420 habitantes em 1940 (IBGE, 1990).

Baseando-se no sucesso de plantio de seringueira no Sudeste Asiático pelos ingleses, o maior fabricante de automóvel do mundo, Henry Ford, iniciou o plantio de seringueira na Amazônia em 1927, envolvendo aproximadamente um milhão de hectares de terra localizada entre os municípios de Itaituba e Aveiros, na margem do Rio Tapajós, a 160km (12 horas de barco) de Santarém. Ford pretendia produzir 300 mil toneladas anuais de borracha natural para abastecer a sua própria indústria automobilística e, assim, livrar-se do monopólio da borracha das colônias britânicas. Para viabilizar o plano, o empresário despachou de Detroit dois navios que aportaram às margens do rio Tapajós carregando os materiais para erguer não só a indústria, mas também uma cidade inteira com escolas, hospital, campo de tênis e cinema, dotada de serviços de água e esgoto e eletricidade, além de uma serraria de grande porte. Assim foi erguida em plena selva amazônica a Fordlândia, uma vila ao estilo americano (CARNEIRO, 2005).

Na Fordlândia foram plantados 1,5 milhões de seringueiras, empregando 3.000 funcionários. Essa plantação foi severamente infestada com mal-das-folhas, doença causada

pelo fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn) V. Arx., conforme diagnosticado pelo botânico e fitopatólogo James R. Weir em 1932. Weir aconselhou Ford a abandonar a área e escolher outro local em terra firme, com mais vento e menos umidade, o que evitaria o ataque desse fungo. Assim, o plantio de seringueira de Fordlândia foi suspenso em 1933, sem ter produzido a borracha (CARNEIRO, 2005; OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Os técnicos contratados para procurar novas áreas para Ford encontraram terras com características consideradas ideais para o plantio de seringueira a 40km de Santarém. Ford permutou, em 4 de maio de 1934, 281.500ha de terra de Fordlândia por terras dessa área, onde foi fundada uma nova vila denominada Belterra, ao estilo adotado na primeira vila. Ali desmatou uma área de 8 mil hectares e foram plantados cerca de 3,2 milhões de seringueiras. Estas plantações chegaram a produzir borracha, tornando Henry Ford o maior produtor individual de borracha do mundo. No entanto, o mal-das-folhas também atacou este plantio e, com o surgimento de borracha sintética no mercado, Ford finalmente decidiu, em 1945, encerrar esses projetos, amargando um prejuízo superior a 100 milhões de dólares, em valores atualizados (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001; PETROFLEX, 2008).

Por outro lado, na Região Sul do país, a Mata Atlântica, que originalmente apresentava uma cobertura florestal de 130.000.000ha, foi desmatada nos últimos 500 anos, restando atualmente 9.759.600ha, ou seja, apenas 7,26% da cobertura original (SPATA, 2008). Dentro do bioma Mata Atlântica surgiu a base de indústria florestal brasileira, destacando-se o **ciclo de exploração da mata de araucária** ou do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze), que cobria cerca de 18,5 milhões de hectares (CARVALHO *et al.*, 2003).

Segundo PEREIRA (1950), a exploração dos pinhais do Sul foi intensificada devido à dificuldade de importação de madeira advindo da Primeira Guerra Mundial (1914-1918). A importação de madeira do Brasil, que foi de 148.000t de pinho em 1913, caiu para 3.646t em 1918, e, ao contrário, a exportação de pinho brasileiro aumentou de 71.126t em 1916 para 152.041t em 1918 e chegou a atingir 307.793t em 1939.

Um fato histórico relevante do setor florestal envolvendo os estados do Paraná e Santa Catarina ocorreu durante esse período. Em 1908, a Brazil Railway Company, de Percival Farquhar, adquiriu o controle da Companhia de Estrada de Ferro São Paulo – Rio Grande e construiu um trecho de 372km de ferrovia (1908-1910) ligando Porto União a Taquaral Liso e um ramal de Porto União a Três Barras, empregando 8 mil trabalhadores. Essa ferrovia entrou em concordata em 1917 (RUBIM, 2008).

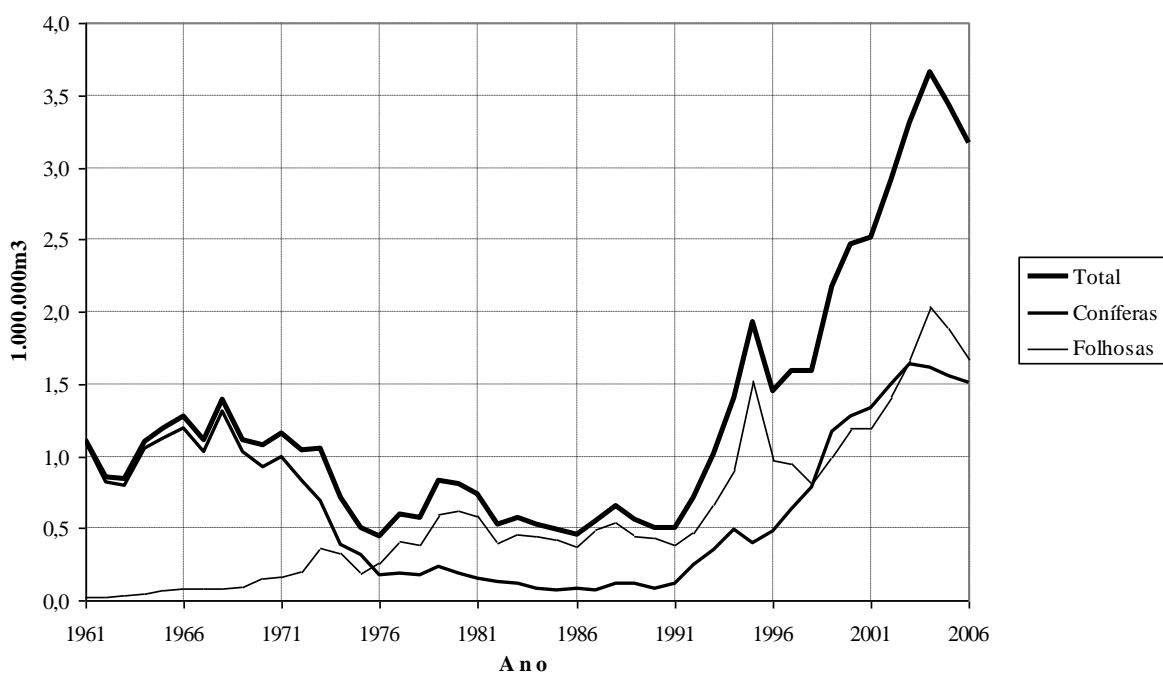
Com a construção da ferrovia, Farquhar obteve do governo uma área de 933.471 alqueires (2.258.000ha) de terra (15km de cada lado da ferrovia), considerada terra devoluta, a qual deveria ser destinada à colonização. Farquhar fundou a Southern Brazil Lumber & Colonization Company e instalou, em 1913, em Três Barras - SC, uma serraria, que foi a maior da América Latina, com capital inicial de 100 mil dólares, logo ampliado para 12 milhões de dólares. Somente a indústria ocupava 60ha, dotada de 214 casas para operários superiores, energia elétrica, sistema de aquecimento a vapor, cinema, empregava 800 operários e serrava 300 metros cúbicos de madeira por dia. Instalou também a segunda serraria em Calmon, esta queimada na Guerra do Contestado em 1914. A Lumber explorou 2 milhões de árvores de araucária de 180.000ha, sendo a produção exportada para os Estados Unidos. Essa madeira desviou 2 milhões de libras, pediu concordata, deixando 1.800 desempregados, e foi estatizada por Getúlio Vargas em 1938 (RUBIM, 2008).

Durante esse período, foi registrado um fato histórico diretamente relacionado com o setor florestal nas fronteiras entre Paraná e Santa Catarina. Os camponeses que ocupavam as terras doadas para Farquhar contestaram a legalidade dessa transação, pois passaram a ser expulsos e também proibidos de extrair a erva-mate. A este grupo aderiram os operários desempregados da construção de ferrovia e organizaram revoltas sob o comando do monge fanático José Maria de Santo Agostinho, fundando alguns povoados e proclamando governo

independente. Assim, surgiu a Guerra do Contestado, que durou de 1912 a 1916, envolvendo 7.000 soldados do exército contra 10.000 insurgentes que sofreu uma baixa entre 5 a 8 mil insurgentes, entre mortos, desaparecidos e feridos (GUERRA do Contestado, 2008; RUBIM, 2008).

A mata de araucária foi intensamente explorada e a madeira serrada exportada desde a década de 1920 até a década de 1970, quando encerrou-se o seu ciclo econômico devido ao esgotamento do estoque de madeira concomitantemente com a redução da sua cobertura florestal (PEREIRA, 1950; PEREZ & BACHA, 2006; FAO, 2008). A exportação de madeira serrada de conífera, que oscilava em torno de 1 milhão de metros cúbicos anuais até o final da década de 1960 (máximo de 1,3 milhões de metros cúbicos em 1968), sofreu uma redução acentuada, chegando a 177 mil metros cúbicos em 1976 e ao mínimo de 67 mil metros cúbicos em 1987 (Figura 2).

Com o esgotamento do estoque de madeira da mata de araucária, várias serrarias e laminadoras dessa região migraram para a Região Amazônica. A exportação de madeira serrada passou a aumentar a partir da década de 1990 devido à entrada de madeira serrada de pinus, reflorestado durante o período de 1966 a 1986 com o incentivo fiscal, atingindo um máximo de 1,6 milhões de metros cúbicos exportados em 2003 (PEREZ & BACHA, 2006; FAO, 2008;). Por outro lado, a exportação de madeira serrada de folhosa, que foi insignificante até a década de 1960, passou a aumentar continuamente até atingir 2 milhões de metros cúbicos em 2004 devido à intensificação da exploração madeireira da Região Amazônica.



Legenda: Coníferas = pinus e araucária; Folhosas = eucalipto e nativas.
 Fonte: Dados primários FAO (2008), elaborada pelo autor.

Figura 2. Evolução da exportação brasileira de madeira serrada de 1961 a 2006, segundo grupo de espécies.

A produção madeireira da Mata Atlântica tornou-se insustentável devido aos seguintes fatores: redução da cobertura florestal devido ao desmatamento; falta de manejo para sustentar a produção e produtividade da floresta explorada; migração das indústrias

madeiras para a Região Amazônica; e surgimento de reflorestamento mais produtivo e competitivo em relação à madeira produzida de floresta nativa.

3.5 Produção Madeireira de Reflorestamento

As indústrias de celulose e papel sediadas na Região Sul que utilizavam a madeira de pinheiro-do-paraná foram as pioneiras em substituir gradativamente a madeira da mata nativa pela madeira de reflorestamento, plantando, entre outras, *Araucaria angustifolia*, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*.

O **reflorestamento com incentivo fiscal** foi um marco do desenvolvimento florestal do período de regime militar. Através de incentivo fiscal, foram reflorestados aproximadamente 6 milhões de hectares entre 1967 a 1987, visando fortalecer as indústrias de base florestal (SUCHEK, 2002).

Como conseqüências, as balanças comerciais de papel e celulose que eram negativas na década de 1960 tornaram-se positivas, além de gerar excedentes de chapas de madeira produzidas com a madeira de reflorestamento (Tabela 1). Cabe ressaltar que tanto a madeira compensada (inclui madeira laminada) como a madeira serrada é produzida utilizando madeira de reflorestamento e madeira de floresta nativa (maior parte da Amazônia). Do saldo total de U\$ 4,52 bilhões, segundo Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2008), U\$ 3,96 bilhões foram gerados pelo setor de florestas plantadas. Além disso, o reflorestamento fez aumentar a participação da madeira de reflorestamento (lenha e carvão vegetal) na matriz energética.

Tabela 1. Evolução da balança comercial do setor florestal brasileiro de 1961 a 2006, segundo grupo de produtos (média anual do período, em milhões de dólares correntes)

Período	Celulose	Serrado	Compensado	Papel	Chapas	Outros	Total
1961-65	-6	46	1	-18	1	4	28
1966-70	-7	71	12	-36	3	6	49
1971-75	-22	100	31	-111	12	2	12
1976-80	96	127	46	-86	34	-3	215
1981-85	313	146	75	70	45	-5	644
1986-90	487	147	122	287	66	-1	1.107
1991-95	712	269	272	324	99	40	1.716
1996-00	1.003	341	339	-202	53	69	1.603
2001-05	1.352	614	602	276	69	114	3.027
2006	2.280	776	712	517	111	119	4.515

Fonte: FAO (2008), adaptados pelo autor.

Segundo a ABRAF (2008), a área total reflorestada entre 2005 e 2007 apresentou um incremento de 347.663ha para o eucalipto (de 3.404.204 para 3.751.867) e um decréscimo de 31.234ha para o pinus (de 1.834.570 para 1.803.336ha), resultando um saldo positivo de 318.428ha para o total, que passou de 5.241.775 para 5.560.203ha. Além disso, as florestas nativas destinadas exclusivamente para a conservação ambiental das empresas de base florestal somaram, em 2007, um total de 1.423.338ha.

As áreas reflorestadas com outras espécies, em 2007, totalizaram 425.194ha, dos quais 189.690 com acácia-negra, 85.768 com seringueira, 79.159 com paricá, 48.576 com teca e

17.500ha com araucária. Quanto ao fomento florestal, acumularam até 2007 um total de 20.781 beneficiários com 402.000ha reflorestados, e para 2007 estavam programados para serem reflorestados 66.700ha em 4.093 propriedades rurais. Para os agricultores familiares, foram destinados financiamentos de R\$ 12,8 milhões de reais do PRONAF Florestal e R\$ 52,1 milhões do PROPIFLORA, além de R\$ 569,1 milhões envolvendo 6.290 contratos da carteira de crédito florestal do Banco do Brasil (ABRAF, 2008).

Os reflorestamentos de eucalipto e pinus produziram, em 2006, um total de 151,9 milhões de metros cúbicos de madeira em tora (67% de eucalipto e 33% de pinus), e apresentavam uma capacidade de sustentar um consumo anual de 191,4 milhões de metros cúbicos de madeira. A produtividade média de pinus e eucaliptos explorados em 2006 foram, respectivamente, de 27 e 38m³.ha⁻¹.ano⁻¹, e, para os em implantação, de 38,3 e 40,5m³.ha⁻¹.ano⁻¹. O aumento da produção industrial utilizando somente a madeira de reflorestamento entre 1998 a 2006 foi de 62% para a celulose e papel, 123% para painéis reconstituídas, 193% para compensado e de 1.408% para a madeira serrada (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo brasileiro de madeira em tora de reflorestamento, segundo espécie e segmento industrial em 2006 e variação da produção industrial entre 1998 e 2006

Segmento	Pinus (m ³)	Eucalipto (m ³)	Total (m ³)	Produção 1998	Produção 2006
Celulose e papel	7.185.000	39.576.000	46.761.000	13.276.000t	19.905.000t
Painéis reconstituídos	5.803.000	1.546.000	7.349.000	1.986.000m ³	4.426.000m ³
Compensado	6.531.000	144.000	6.675.000	800.000m ³	2.375.000m ³
Madeira serrada	25.418.000	2.992.000	28.410.000	602.000m ³	9.078.000m ³
Carvão vegetal	-	34.537.000	34.537.000	17.800.000mdc	17.936.000mdc
Outros	5.189.000	22.987.000	28.176.000		
Total	50.126.000	101.782.000	151.908.000		
Produção sustentada (*)	48.825.000	142.571.000	191.396.000		

(*) Capacidade estimada a partir do incremento médio anual por classe de idade das florestas plantadas.

Fonte: ABRAF (2008).

Sob o ponto de vista socioeconômico, cabe ressaltar a geração de emprego direto do setor de floresta plantada estimada para 2007 de 239 mil na silvicultura e 416 mil nos segmentos industriais, e um total de 1,8 milhões de empregos indiretos e 2,1 milhões de efeito renda, envolvendo um total de 4,6 milhões de trabalhadores (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativa do número de empregos diretos, indiretos e de efeito renda do setor de florestas plantadas do Brasil em 2007

Segmento	Diretos	Indiretos	Efeito Renda	Total
Silvicultura	239.165	937.592	613.959	1.790.716
Fabricação de produtos de madeira	148.421	110.936	148.928	408.285
Móveis de madeira	126.524	94.569	126.955	348.048
Fabricação de celulose e papel	120.253	315.919	552.349	988.521
Siderurgia a carvão vegetal	21.179	357.397	685.673	1.064.249
Total	655.542	1.816.413	2.127.864	4.599.819

Fonte: ABRAF (2008).

Baseado nos expostos, o reflorestamento mostrou ser economicamente viável e capaz de sustentar a produção madeireira no Brasil (GARLIPP, 2007; ABRAF, 2008).

3. 6 Expansão da Fronteira Agrícola e Desmatamento

Encerrado praticamente o ciclo de exploração madeireira e ocupação da Mata Atlântica, a Floresta Amazônica passou a ser foco de colonização e de exploração madeireira, além de manter o extrativismo tradicional. Como a expansão da fronteira agrícola diminuiu não só a cobertura florestal como também o estoque de madeira da mata remanescente devido à intensificação da exploração madeireira, colocando em risco a produção sustentada de madeira (CHRISTOFFOLI, 2006).

Segundo os dados de Censo Agropecuário de 1970 e 2006 (IBGE, 2008), no lapso de 36 anos, o número de estabelecimentos agropecuários e áreas ocupadas no Brasil passaram de 4,92 para 5,20 milhões de unidades (aumento de 5,7%) e de 294 para 355 milhões de hectares (aumento de 20,6%), conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Evolução de superfície total e taxa de ocupação dos estabelecimentos agropecuários do Brasil, das Regiões Geográficas e de Estados com potencial madeireiro da Amazônia Legal, segundo Censos de 1970, 1975, 1980, 1996 e 2006

Região e Estado	Superfície dos estabelecimentos agropecuários (1.000ha)						Taxa de ocupação (%)	
	1970	1975	1980	1985	1996	2006	1970	2006
Brasil	294.145	323.896	364.854	374.925	353.611	354.866	34,4	41,5
Sul	45.458	46.172	47.912	47.940	44.360	46.482	78,8	80,5
Sudeste	69.501	72.464	73.503	73.241	64.086	60.322	75,0	65,1
Centro-Oeste	81.706	93.954	113.436	99.122	108.510	100.072	50,7	62,1
Nordeste	74.299	78.690	88.444	92.054	78.296	80.529	47,6	51,6
Norte	23.182	32.616	41.559	62.567	58.359	67.461	6,0	17,4
Mato Grosso	17.275	21.949	34.555	37.836	49.840	48.356	19,1	53,3
Rondônia	1.632	3.082	5.224	6.033	8.890	8.778	6,8	36,8
Pará	10.755	16.167	20.448	24.728	22.520	27.228	8,6	21,7
Acre	4.122	4.292	5.680	5.235	3.183	3.780	26,9	24,7
Amapá	603	742	735	1.208	700	1.375	4,2	9,6
Amazonas	4.476	6.497	7.010	5.860	3.323	7.584	2,8	4,8
Roraima	1.594	1.836	2.463	2.150	2.977	1.890	7,1	8,4

Obs.: Taxa de ocupação = superfície ocupada pelos estabelecimentos agropecuário / superfície territorial total * 100.

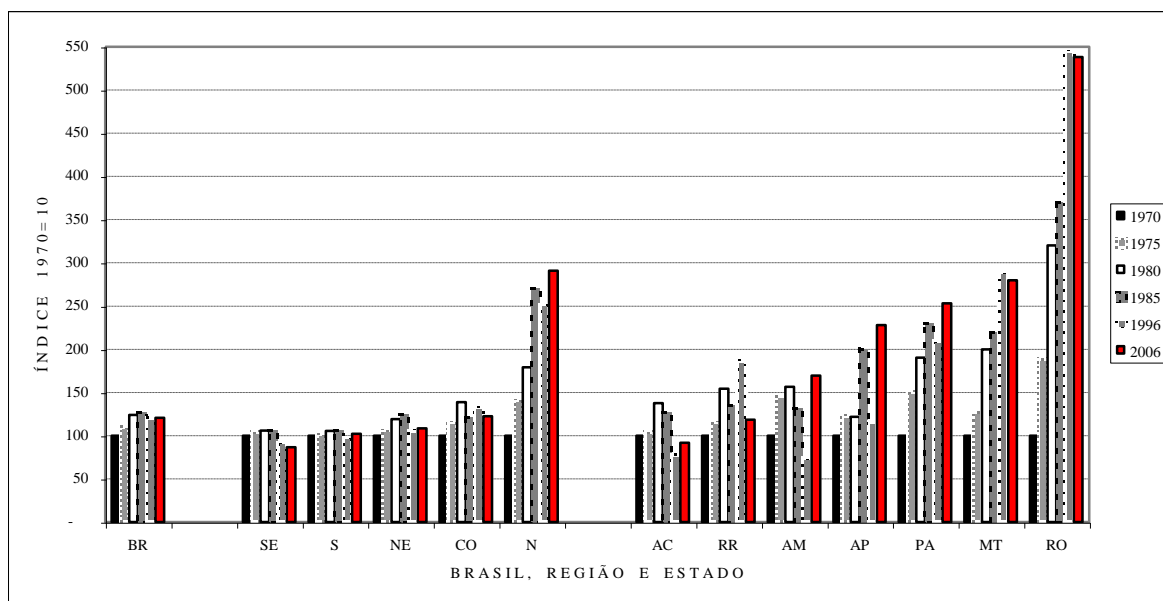
Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

As alterações relativas de número de estabelecimentos e áreas ocupadas por região foram: Sul -20,7% e 2,3%; Sudeste -0,4% e -13,2%; Nordeste 11,9% e 8,4%; Centro-Oeste 26,4% e 22,5% e de **83,5% e 191,0%** para a **Região Norte**. Nas tabelas subsequentes, além dos dados dos Censos, apresentam-se adicionalmente os valores prognosticados para o ano de 2016, obtido multiplicando-se os valores de 1996 pela taxa de variação verificada no período intercensitário de 1996 a 2006, ou seja, baseado nos pressupostos de que as tendências observadas nos últimos dez anos (1996-2006) repetirão, sem alterações, nos próximos dez anos (2006-2016).

Do aumento superfície total de estabelecimentos agropecuários do Brasil entre 1970 a 2006 que foi de 61 milhões de hectares, 44 milhões de hectares estão localizados na Região Norte e 18 milhões de hectares na Região Centro-Oeste, destacando a ocupação de Mato

Grosso, Pará, Rondônia e Amazonas que aumentaram suas áreas ocupadas em 31, 16, 7 e 3 milhões de hectares, respectivamente (Tabela 4).

Conforme ilustrada na Figura 3, a expansão da fronteira agropecuária do Brasil, entre 1970 a 2006, foi de 21%, sendo menos acentuada nas Regiões Sudeste, Nordeste e Sul (13%, 8% e 2%), que constituem pólos de emigrações, e mais acentuada nas Regiões Norte e Centro-Oeste (191% e 23%), que constituem pólos de imigrações. Dessas últimas duas, destacaram-se os estados de Rondônia, Mato Grosso, Pará e Amapá, que aumentaram nos últimos 35 anos suas áreas em 438%, 180%, 153% e 130%, respectivamente.



Legenda: BR = Brasil, SE = Sudeste, S = Sul, NE = Nordeste, CO = Centro-Oeste, N = Norte, AC = Acre, RR = Roraima, AM = Amazonas, AP = Amapá, PA = Pará, MT = Mato Grosso, RO = Rondônia. Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Figura 3. Índice de variação de superfície total dos estabelecimentos agropecuários do Brasil, das Regiões Geográficas e de Estados com potencial madeireiro da Amazônia Legal, segundo Censos de 1970 (Base=100), 1975, 1980, 1996 e 2006.

Do total de 5,2 milhões de estabelecimentos agropecuários do Brasil censados em 2006, 3,1 milhões (59%) não apresentavam nenhuma cobertura florestal (Tabela 5). Mesmo na Região Norte, onde existe o maior maciço florestal brasileiro, foi expressiva a quantidade de propriedade totalmente desmatada (197.971 estabelecimentos ou 41% do total). O aumento absoluto e relativo de estabelecimentos agropecuários desprovidos de florestas mostra o descaso em relação ao Código Florestal, que determina que cada propriedade deva manter uma cobertura florestal denominada reserva legal (na Amazônia Legal de 80% e de 35% caso vegetação seja de cerrado, e fora desta região de 20%).

A taxa média de área desmatada até o ano de 2006 dos estabelecimentos agropecuários do Brasil foi de 70%, e das regiões foi de 80% no Sudeste, 78% no Sul, 70% no Centro-Oeste, 68% no Nordeste e 59% no Norte (Tabela 5). O aumento das áreas com lavouras e pastagens dos estados do período de 1996 a 2006 alcançou um máximo de 291% no Amazonas, 71% no Amapá, 61% no Pará e de 53% e 52%, respectivamente no Acre e em Rondônia, e indica que o estoque de madeira para fins industriais tende a desaparecer na mesma velocidade dessas propriedades.

Tabela 5. Número total e de estabelecimentos agropecuários sem a cobertura florestal, segundo Censos de 1996 e 2006, segundo regiões brasileiras

Região e Estado	Número total de estabelecimentos		NE sem cobertura florestal		% NE s/ cob. florestal	
	1.996	2.006	1.996	2.006	1.996	2.006
Brasil	4.859.864	5.204.130	2.759.396	3.086.692	57	59
Nordeste	2.326.413	2.469.070	1.757.984	1.857.157	76	75
Sudeste	841.661	925.613	441.931	514.046	53	56
Norte	446.175	479.158	131.313	197.971	29	41
Sul	1.003.179	1.010.335	335.449	394.749	33	39
Centro-Oeste	242.436	319.954	92.719	122.769	38	38
Amazonas	83.289	67.955	28.845	39.720	35	58
Pará	206.404	223.370	55.324	93.945	27	42
Amapá	3.349	3.560	930	1.425	28	40
Rondônia	76.956	87.397	24.891	35.320	32	40
Acre	23.788	29.488	3.594	7.580	15	26
Roraima	7.476	10.492	1.321	2.630	18	25
Mato Grosso	78.763	114.148	27.173	38.180	34	33

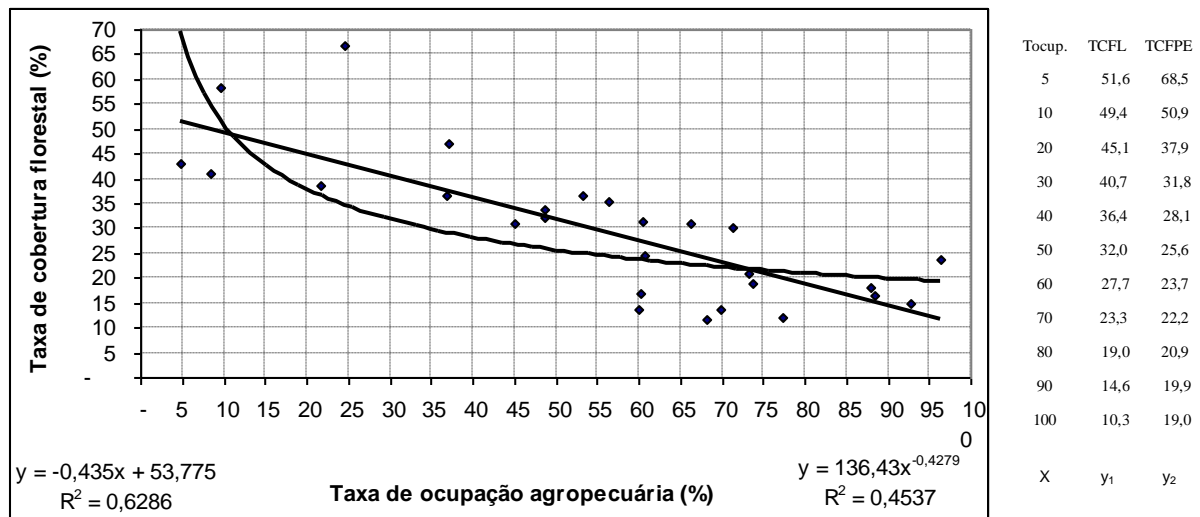
Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Tabela 6. Superfície total e superfícies ocupadas com lavouras e pastagens dos estabelecimentos agropecuários (superfície desmatada), segundo Censos de 1996 e 2006, segundo regiões brasileiras

Brasil, Região e Estado	Superfície total de estabelecimentos (1.000ha)		Superfície com lavouras e pastagens (1.000ha)		Superfície desmatada (%)	
	1.996	2.006	1.996	2.006	1.996	2.006
Brasil	353.611	354.866	244.165	249.030	69	70
Sudeste	64.086	60.322	50.741	47.968	79	80
Centro-Oeste	108.510	100.072	72.623	69.703	67	70
Sul	44.360	46.482	34.808	36.459	78	78
Nordeste	78.296	80.529	55.137	54.863	70	68
Norte	58.359	67.461	30.857	40.037	53	59
Rondônia	8.890	8.778	3.660	5.578	41	64
Mato Grosso	49.850	48.356	26.344	29.675	53	61
Pará	22.520	27.228	10.198	16.382	45	60
Roraima	2.977	1.890	1.819	1.035	61	55
Amazonas	3.323	7.584	1.079	4.214	32	56
Amapá	700	1.375	302	516	43	38
Acre	3.183	3.780	790	1.210	25	32

Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Baseando-se nos dados de Censo de 2006, foi observado que a taxa de cobertura florestal média (y) das propriedades agropecuárias apresenta uma relação inversamente proporcional à taxa de ocupação territorial (x) dessas mesmas atividades. Os resultados obtidos para explicar as relações entre essas variáveis para o modelo linear foi $y = 53,775 - 0,435 x$ com $R^2 = 0,6286$ e para o modelo exponencial $y = 136,43 x^{-0,4279}$ com $R^2 = 0,4537$ (Figura 4).



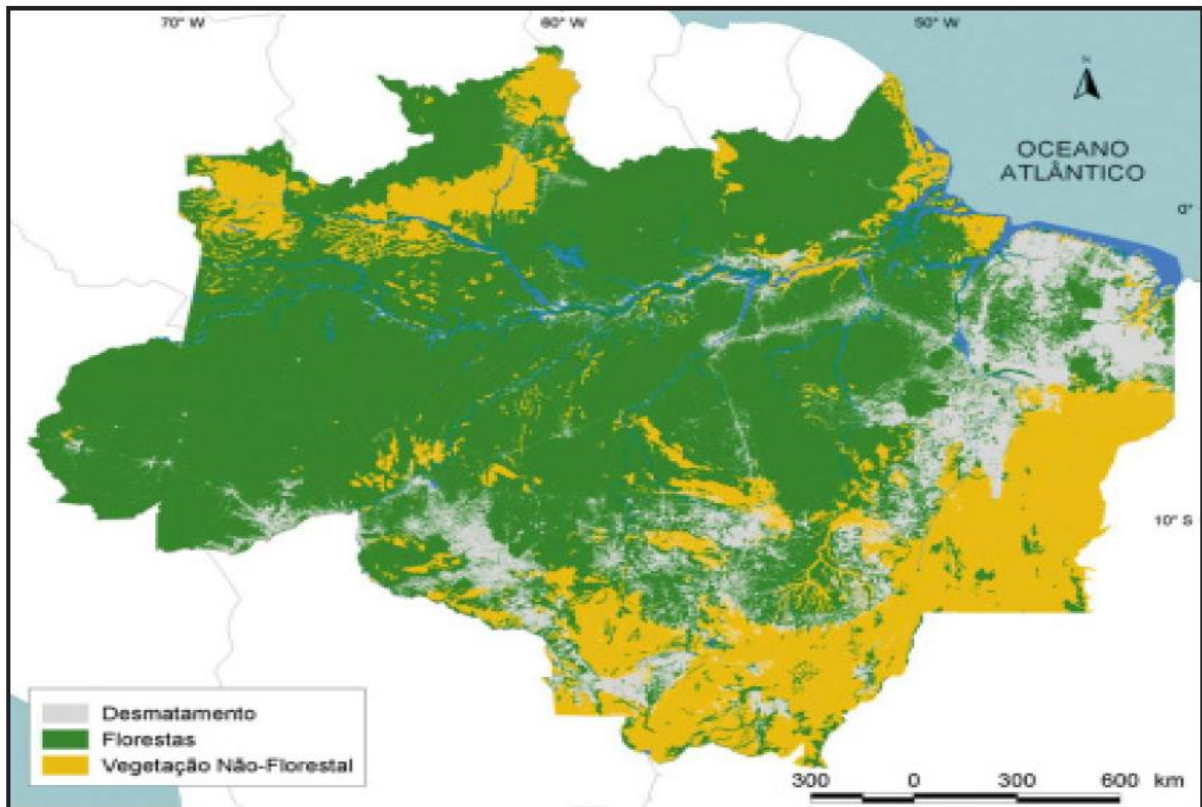
Obs.: (Eixo X) Taxa de ocupação agropecuária (%) = Σ superfície ocupada pelos estabelecimentos agropecuários / superfície territorial do Estado x 100; (Eixo Y) Taxa de cobertura florestal (%) = Σ superfície com cobertura florestal / Σ superfície total x 100, referentes aos estabelecimentos agropecuários de cada Estado; y_1 = valor estimado pelo modelo linear; y_2 = valor ajustado pelo modelo exponencial. Fonte: Dados de 26 Estados + Distrito Federal do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2008), elaborada pelo autor.

Figura 4. Relação entre a taxa de cobertura florestal em função da taxa de ocupação agropecuária de 27 unidades da federação, segundo Censo Agropecuário de 2006.

Na Região Amazônica, a taxa de desmatamento logo no início de colonização é elevada, entre outros, pelos seguintes motivos: quando o tamanho do lote é pequeno, é totalmente desmatado em poucos anos devido à rotação de terra; necessidade de demonstrar junto ao órgão que promove a reforma agrária ou colonização que a terra está sendo efetivamente utilizada (desmatada e cultivada); pela necessidade de pousio (5 a 15 anos para recuperar a fertilidade) após duas ou três colheitas; pela falta de ingresso anual de uma floresta explorada comercialmente; pela transformação da área agrícola, após poucos anos de uso, em pasto. Ao contrário, a taxa de desmatamento pode ser baixa mesmo com a taxa de ocupação elevada, como no estado do Acre, onde a maior parte da população rural vive de extrativismo (seringueira e castanheira) e necessita de pequenas áreas desmatadas para a agricultura de subsistência (IBGE, 2008).

Por outro lado, nas regiões onde a taxa de ocupação é elevada, a cobertura florestal nem sempre desaparece totalmente, podendo citar, entre outros, os seguintes motivos: legislação mais rígida para impedir o desmatamento; maior demanda de função ambiental e social da floresta (bacias hidrográficas, biodiversidade, paisagens, ecoturismo, etc.); surgimento de oportunidade de reflorestamento para complementar a demanda de madeira industrial; e recobrimento de mata secundária de terras abandonadas devido ao esgotamento de capacidade produtivo ou dificuldade de mecanização (encostas). Por último, o estoque de madeira para fins industriais esgota-se da mata nativa remanescente caso não seja aplicado um manejo adequado.

O desmatamento da Amazônia Legal atinge maiores proporções no Maranhão e no oeste do Pará, estende-se ao oeste de Mato Grosso até a parte central, em Rondônia todo o centro ao longo do BR364 e em escala menor ao redor de Rio Branco, no Acre. Também pode ser notado o desmatamento ao longo das estradas de penetração, que estende-se desde Marabá, passando por Altamira e chegando a Trairão, e deste último estende-se ao sul até Sinop e ao norte até Santarém. Ao contrário, o Alto Amazonas e o vertente norte do Rio Amazonas são pouco desmatados (Figura 5).



Fonte: LENTINI *et al.* (2005).

Figura 5. Desmatamento e cobertura vegetal da Amazônia Legal em 2004.

O desmatamento da Amazônia Legal vem sendo monitorado através de sensoriamento remoto desde 1988. Segundo INPE (2008), nos últimos 20 anos (1988 a 2007) foram desmatados 35,7 milhões de hectares na Amazônia Legal. A média anual do período de 1988 a 1997, que foi de 1.676.000ha, subiu para 1.890.000ha no último decênio (1998 a 2007). O desmatamento concentra-se nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia, que desmataram, respectivamente, 573, 519 e 232 mil hectares por ano no período 1988/1997, aumentando para 716, 625 e 268 mil hectares no período de 1998/2007 (Tabela 7).

CRHISTOFFOLI (2006) aponta como principais causas do desmatamento da Amazônia a expansão da pecuária de corte e de cultivo de soja, tornando essa região principal pólo exportador de carne e de soja do Brasil.

Baseando-se nas cifras referentes à expansão da fronteira agrícola e à taxa de desmatamento da Região Amazônica, e mantendo-se as tendências das últimas décadas, pode-se inferir que uma boa parte do estoque de madeira comercialmente aproveitável para fins industriais sofrerá uma diminuição acelerada nas próximas décadas.

Para conter o desmatamento cometido pelo setor agropecuário, vêm sendo tomadas várias providências, entre as quais destacam-se o zoneamento ecológico-ecomômico da Região Amazônica, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para aumentar a produtividade agropecuária, conservar a capacidade produtiva da terra e adoção de políticas públicas visando um desenvolvimento sustentável. No entanto, há divergências quanto ao modelo de ocupação dessa região e à possibilidade de alcançar tais objetivos (PANDOLFO, 1974; KITAMURA, 1994; VAN LEEWEN *et al.*, 1999; CHRISTOFFOLI, 2006).

O uso da terra de média a baixa fertilidade natural pela agricultura familiar sem uma tecnologia adequada é apontado como um sistema não-sustentável, sendo proposto o sistema

agroflorestal como um modelo mais adequado para promover o desenvolvimento sustentável na Amazônia (DRUMMOND, 1998; VAN LEEWEN *et al.*, 1999).

Tabela 7. Estimativa de desmatamento anual do período de 1988 até 2007 da Amazônia Legal, segundo unidade da federação (1.000ha)

Ano	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	Amaz. Legal
1988	62	151	6	245	514	699	234	29	165	2.105
1989	54	118	13	142	596	575	143	63	73	1.777
1990	55	52	25	110	402	489	167	15	58	1.373
1991	38	98	41	67	284	378	111	42	44	1.103
1992	40	80	4	114	467	379	227	28	41	1.379
1993	48	37	-	37	622	428	260	24	33	1.490
1994	48	37	-	37	622	428	260	24	33	1.490
1995	121	211	1	175	1.039	785	473	22	80	2.906
1996	43	102	-	106	654	614	243	21	32	1.816
1997	36	59	2	41	527	414	199	18	27	1.323
1998	54	67	3	101	647	583	204	22	58	1.738
1999	44	72	-	123	696	511	236	22	22	1.726
2000	55	61	-	107	637	667	247	25	24	1.823
2001	42	63	1	96	770	524	267	35	19	1.817
2002	76	88	-	101	789	732	307	8	21	2.124
2003	106	159	3	99	1.041	700	362	44	16	2.528
2004	73	121	5	76	1.181	852	383	31	16	2.738
2005	54	75	3	92	715	573	323	13	27	1.876
2006	32	78	3	65	433	551	206	23	12	1.404
2007	14	58	-	63	248	557	147	31	6	1.122
Soma 88/07	1.095	1.788	108	1.997	12.885	11.438	4.997	541	807	35.656
Média 88/97	55	95	13	107	573	519	232	29	59	1.676
Média 98/07	55	84	3	92	716	625	268	25	22	1.890

Fonte: INPE (2008), elaborada pelo autor.

Como no Brasil a pastagem ocupa a maior porcentagem da terra, o aumento da produtividade da pecuária é fundamental para evitar o excesso de desmatamento. Na Tabela 8 são apresentados os dados referentes aos anos de 1975 e 1996 desse setor, no qual pode-se notar um aumento de 362% de área de pastagem da Região Norte (5,3 para 24,4 milhões de hectares), em contraste com o aumento de apenas 7% da média nacional (165,7 para 177,7 milhões de hectares). Já o aumento de número de rebanho bovino do mesmo período foi de 54% ao nível nacional, 751% na Região Norte, 115% no Centro-Oeste, 31% no Nordeste e 22% no Sul. Como consequência, a produtividade da pecuária, tomando como parâmetro a carga animal por unidade de superfície (cabeças por hectare), aumentou em 44% (de 0,62 para 0,89 cab.ha⁻¹), localizando-se na Região Sul a pastagem com maior suporte de carga animal (1,28 cab.ha⁻¹), seguindo-se o Sudeste com 0,97, o Centro-Oeste com 0,85, e Norte e Nordeste ambos com 0,74 cab.ha⁻¹.

Visando aumentar ainda mais a produtividade da pecuária brasileira, é fundamental fortalecer as pesquisas e as políticas públicas visando o melhoramento das raças (carne e leite), cuidando da saúde animal eliminando as doenças (aftosa, brucelose, etc.) e pragas (carrapato, bernês, saúvas, etc.) e manejo adequado das pastagens (recuperação das pastagens degradadas, rotação de pastoreio, etc.), incluindo adicionalmente a suplementação alimentar através de ensilagem e confinamentos.

Tabela 8. Variação de área de pastagem, do rebanho bovino e de carga animal por unidade de superfície entre 1975 a 1996, do Brasil e das regiões geográficas

Brasil e Região	Pastagem (1.000ha)		Rebanho bovino (1.000cab.)		Carga animal (cabeça.ha ⁻¹)		Variação 1975-1995 (%)		
	1.975	1.996	1.975	1.996	1.975	1.996	ΔPast.	ΔReb.	ΔCarga
Brasil	165.652	177.700	102.532	158.289	0,62	0,89	7,3	54,4	43,9
N	5.281	24.387	2.113	17.983	0,40	0,74	361,7	750,9	84,3
CO	61.310	62.764	24.866	53.398	0,41	0,85	2,4	114,7	109,8
NE	30.624	32.076	18.297	23.882	0,60	0,74	4,7	30,5	24,6
S	21.160	20.697	21.669	26.421	1,02	1,28	-2,2	21,9	24,7
SE	47.277	37.777	35.586	36.605	0,75	0,97	-20,1	2,9	28,7

Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Para avaliar a produtividade do setor agrícola, foi tomada como referência a produtividade de soja em grão do período de 1990 a 2007 por ser a espécie mais cultivada em todo o país e com maior taxa de crescimento nas últimas décadas (Tabela 9 e Figura 6). Observando-se a Figura 6 é possível notar que a produtividade de soja vem aumentando constantemente desde 1990, apesar de sofrer flutuações devido às variações das condições climáticas mais acentuadas nas Regiões Nordeste e Sul (IBGE, 2008).

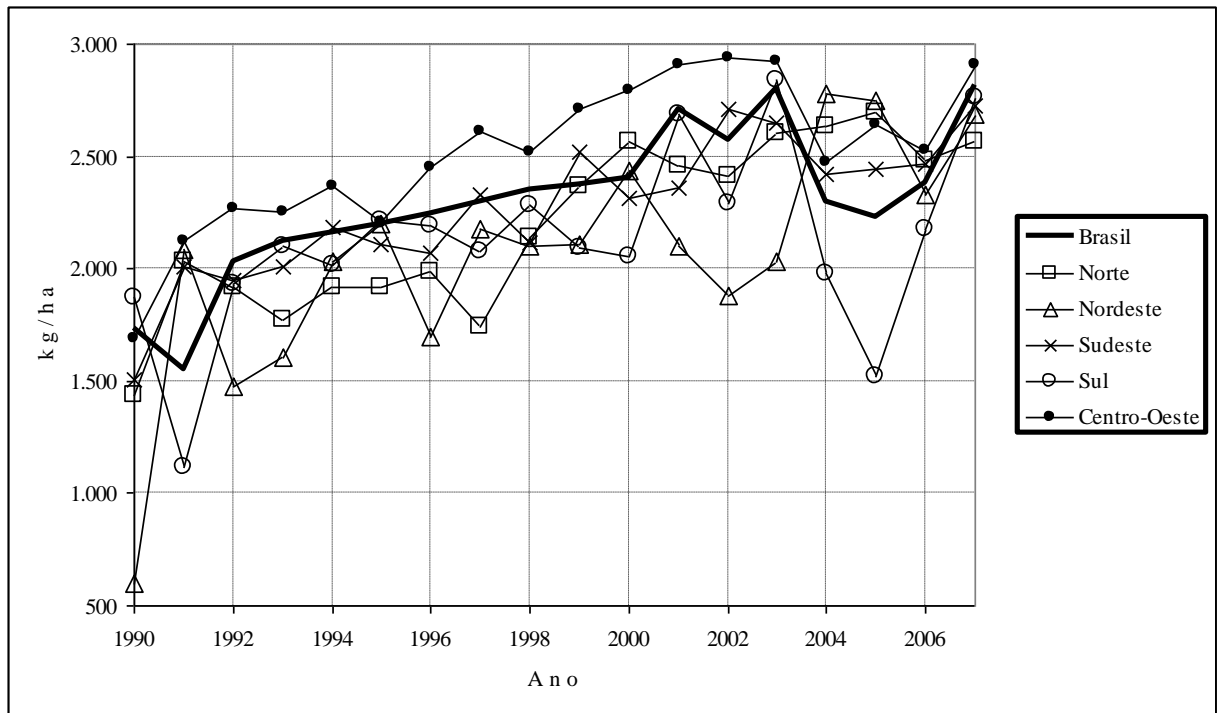
Visando facilitar as interpretações, os valores anuais foram agrupados em três períodos consecutivos de 6 anos cada (A de 1990-1995, B de 1996-2001 e C de 2002-2007). No período A, a produtividade média do país foi de 1.968kg.ha⁻¹ e variou entre 1.832 a 2.152kg.ha⁻¹ nas 5 Regiões Geográficas, e, no período C, a média nacional subiu para 2.517kg.ha⁻¹, atingindo um máximo de 2.735 no Centro Oeste, seguido de 2.569 de Sudeste, 2.565 do Norte, 2.410 do Nordeste e 2.263kg.ha⁻¹ da Região Sul, resultando um aumento de produtividade em relação à produtividade do período A de 28%, 27%, 31%, 40%, 45% e 21%, respectivamente.

Baseando-se nas cifras apresentadas, pode-se concluir que a soja vem aumentando a produtividade nos últimos 18 anos, sendo a Região Centro-Oeste a mais produtiva, e com certo risco de oscilações da produtividade nas Regiões com coeficiente de variação mais elevada, como ocorreu no Nordeste (36% no período A) e 21% e 22%, respectivamente, nos períodos A e C, ambos no Sul.

Tabela 9. Produtividade média de soja dos períodos 1990-1995 (A), 1996-2001 (B) e 2002-2007 (C), variação entre os períodos e coeficiente de variação dentro dos períodos, do Brasil e das Regiões Geográficas

Região	Produtividade (kg.ha ⁻¹)			Variação da produtividade (%)			Coeficiente de variação (%)		
	A	B	C	ΔAB	ΔBC	Δ AC	A	B	C
BR	1.968	2.397	2.517	21,8	5,0	27,9	13,4	6,8	10,1
N	1.832	2.209	2.565	20,6	16,1	40,1	11,5	14,2	4,0
NE	1.665	2.103	2.410	26,3	14,6	44,7	35,8	11,3	16,1
SE	1.961	2.285	2.569	16,6	12,4	31,0	12,1	7,3	5,5
S	1.875	2.233	2.263	19,1	1,3	20,7	20,7	10,7	21,9
CO	2.152	2.666	2.735	23,9	2,6	27,1	11,1	6,5	7,8

Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.



Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Figura 6. Variação da produtividade de soja de 1990 a 2007 do Brasil e das Regiões Geográficas.

3.7 Unidades de Conservação e Áreas Protegidas

A conservação de recursos naturais é um tema atual de grande relevância para o Brasil, onde paradoxalmente coexistem a Mata Atlântica, reduzida a 6% de remanescente, com a Floresta Amazônica, que constitui o maior maciço de floresta tropical do mundo, e contar com a Caatinga, Cerrado, Pantanal e Campo Limpo, que ocupam posições intermediárias quanto à degradação ou redução das coberturas originais. Visando conservar esses recursos, foram criadas 874 **unidades de conservação** com superfície total de 11,6 milhões de hectares (13,01% do território nacional), sendo 478 de proteção integral e 436 de uso sustentável, respectivamente com superfície de 37 e 75 milhões de hectares (RYLANDS & BRANDON, 2008).

Na categoria de uso sustentável, conta-se com 36 reservas extrativistas federais com área total de 8,0 milhões de hectares e 28 estaduais com 2,9 milhões, totalizando 64 unidades com 10,9 milhões de hectares. Adicionalmente somam-se 58 florestas nacionais com 14,5 milhões de hectares e 58 estaduais com 2,5 milhões, perfazendo 116 unidades com 17,0 milhões de hectares. Na mesma categoria de uso sustentável, existem 256 unidades abrangendo diversas outras modalidades de conservação que somam 46,6 milhões de hectares (Tabela 10).

Tabela 10. Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação estaduais e federais existentes no Brasil até fevereiro de 2005

Categoria de Unidade de Conservação	Número / Jurisdição			Área (há) / Jurisdição		
	Federal	Estadual	Total	Federal	Estadual	Total
PROTEÇÃO INTEGRAL						
Parque (Nacional/Estadual)	54	180	234	17.493.070	7.697.662	25.190.732
Reserva biológica	26	46	72	3.453.528	217.453	3.670.981
Estação ecológica	30	136	166	7.170.601	724.127	7.894.728
Refúgio de vida silvestre	1	3	4	128.521	102.543	231.064
Monumento natural	-	2	2	-	32.192	32.192
Subtotal	111	367	478	28.245.720	8.773.977	37.019.697
USO SUSTENTÁVEL						
Floresta (Nacional/Estadual)	58	58	116	14.471.924	2.515.950	16.987.874
RDS	-	9	9	-	8.277.032	8.277.032
Reserva extrativista	36	28	64	8.012.977	2.880.921	10.893.898
APA	29	181	210	7.666.689	30.711.192	38.377.881
ARIE	18	19	37	43.394	12.612	56.006
Subtotal	141	295	436	30.194.984	44.397.707	74.592.691
TOTAL	252	622	874	58.440.704	53.171.684	111.612.388

Legenda: RDS = Reserva de Desenvolvimento Sustentável; APA = Área de Proteção Ambiental; ARIE = Área de Relevante Interesse Ecológico.

Fonte: RYLANDS & BRANDON (2008).

Uma área equivalente às das unidades de conservação antes mencionadas encontra-se destinada aos índios, totalizando 488 **terras indígenas** com área total de 105,7 milhões de hectares, ou seja, cobrindo 12,36% do território nacional. Desse total, 398 (92,2 milhões de hectares) estão regularizadas, 27 (3,6 milhões de hectares) homologadas, 30 (8,1 milhão de hectares) declaradas e 33 (1,8 milhão de hectares) delimitadas. Encontra-se em estudo mais 123 áreas que poderão ser regularizadas no futuro (FUNAI, 2008). A maior parte das terras indígenas encontra-se coberta de floresta, no entanto, o Código Florestal enquadra essas terras na categoria de área de preservação permanente, sendo incerta a possibilidade de no futuro tornar-se também uma área de uso sustentável envolvendo o turismo, produtos florestais não-madeireiros e inclusive a exploração madeireira e mineral.

A pressão para conservar a Floresta Amazônica tornou-se maior a partir da década de 1960 devido à ocupação dessa área com as aberturas das estradas transamazônicas, implantação de grandes projetos agropecuários e intensa colonização iniciada pelo governo militar (GRAINGER, 1993). Adicionalmente, foram incluídas as questões de efeito estufa resultante das queimadas de extensas áreas desmatadas, perda de biodiversidade e as pressões sofridas pelas populações tradicionais (ribeirinhos e extrativistas) e indígenas. Soma-se ainda a questão atual envolvendo a expansão de cultivo de soja, que passou a ser plantada em Mato Grosso, Rondônia, Pará e Maranhão, e a possibilidade também de implantar projetos sucroalcooleiras em função da elevação do preço de petróleo e do incentivo ao uso de biocombustíveis na década corrente (CHRISTOFFOLI, 2006).

Em função das pressões internacionais, das ONGs, das populações tradicionais e indígenas e da opinião pública, foram criados vários programas e projetos, visando, entre outros, implantar um modelo de desenvolvimento sustentável na Região Amazônica, resultando em uma extensa área de terras arrecadas para tais finalidades (VERÍSSIMO *et al.*, 2000; RYLANDS & BRANDON, 2005; RUEDA, 2008). Como consequência, foram destinados 36 milhões de hectares de terras para a proteção integral desse ecossistema, 47 milhões de hectares para o uso sustentável e 108 milhões de hectares de terras indígenas, totalizando 191 milhões de hectares e ocupando 38% da superfície da Amazônia Legal (Tabela 11).

Tabela 11. Áreas protegidas na Amazônia Legal por estado (situação em 29/06/2007)

Estado e Amazônia Legal	Proteção integral		Uso sustentável		Terra indígena		Total	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Acre	1.596.277	9,68	3.526.721	21,39	2.428.291	14,73	7.551.289	45,81
Amapá	4.726.658	33,72	4.188.585	29,88	1.185.953	8,46	10.101.196	72,06
Amazonas	8.813.198	5,63	17.255.001	11,02	42.871.861	27,38	68.940.060	44,03
Maranhão	1.313.432	4,99	72.765	0,28	1.921.991	7,30	3.308.188	12,56
Mato Grosso	2.775.311	3,06	60.699	0,07	13.512.927	14,90	16.348.937	18,03
Pará	12.656.723	10,24	18.217.434	14,75	28.439.714	23,02	59.313.871	48,01
Rondônia	1.912.863	8,02	3.735.090	15,66	4.965.945	20,82	10.613.898	44,50
Roraima	1.065.143	4,73	381.512	1,69	10.384.250	46,13	11.830.905	52,55
Tocantins	1.057.970	3,86	9.217	0,03	2.391.416	8,73	3.458.603	12,62
Amaz. Legal	35.917.576	7,16	47.447.025	9,46	108.102.349	21,56	191.466.950	38,18

Nota: % em relação à superfície da Amazônia Legal.

Fonte: ISA (2008).

Na Amazônia Legal existem 286 Unidades de Conservação com superfície total de 100 milhões de hectares que cobrem 20% da superfície terrestre, sendo desse total, 103 de proteção integral com 35 milhões de hectares cobrindo 7% e 183 de uso sustentável com 65 milhões de hectares cobrindo 13%. Na categoria de uso sustentável, existem 31 florestas nacionais (12 milhões de hectares) e 15 estaduais (12 milhões de hectares), totalizando 24 milhões de hectares e cobrindo 4,9% da Amazônia Legal. Quanto às reservas extrativistas, as 40 federais (9,7 milhões de hectares) e 25 estaduais (1,7 milhão de hectares) somam um total de 65 unidades com 11,4 milhões de hectares cobrindo 2,3% da Amazônia Legal (Tabela 12).

Tabela 12. Número e superfície efetiva de unidade de conservação Federal e Estadual existente na Amazônia Legal, segundo categoria (situação em 29/06/2007)

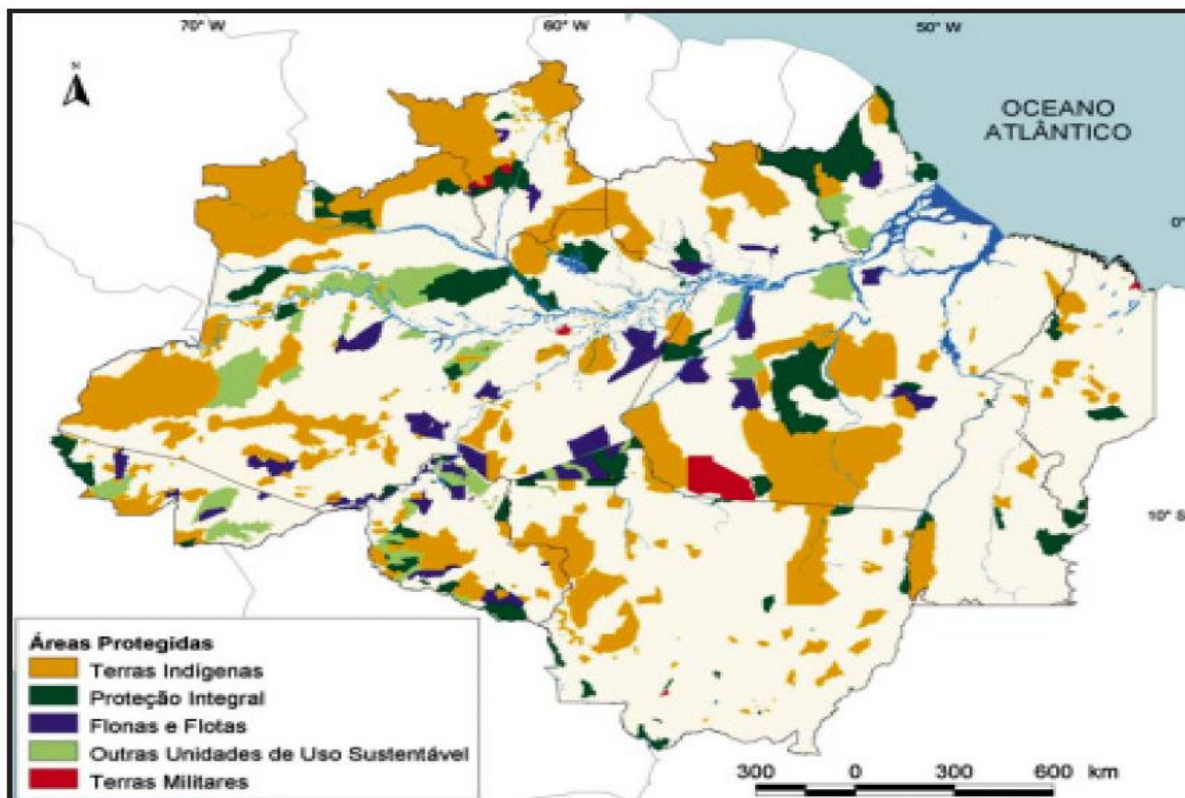
Unidade de Conservação / Categoria	Fed.	Est.	Total	Fed.	Est.	Total	Total	Total
	(n)	(n)	(n)	(ha)	(ha)	(ha)	(%)	(%)*
TOTAL	125	161	286	49.523.310	50.455.394	99.978.704	100,00	19,97
PROTEÇÃO INTEGRAL	46	57	103	25.335.587	9.521.190	34.856.777	34,86	6,96
Estação Ecológica	15	9	24	6.296.906	3.559.013	9.855.919	9,86	1,97
Parque Nacional	21	37	58	15.753.419	4.605.699	20.359.118	20,36	4,07
Reserva Biológica	9	6	15	3.285.153	1.220.426	4.505.579	4,51	0,90
Reserva Ecológica	1	2	3	109	3.900	4.009	0,00	0,00
Refúgio de Vida Silvestre	0	2	2	-	100.000	100.000	0,10	0,02
Monumento Natural	0	1	1	-	32.152	32.152	0,03	0,01
USO SUSTENTÁVEL	79	104	183	24.187.723	40.934.204	65.121.927	65,14	13,01
Floresta (Nacional/Estadual)	31	15	46	12.049.001	12.328.390	24.377.391	24,38	4,87
Reserva Extrativista	40	25	65	9.650.656	1.701.463	11.352.119	11,35	2,27
Floresta Extrativista	0	2	2	-	778.023	778.023	0,78	0,16
Floresta de Rend. Sustentável	0	18	18	-	1.450.151	1.450.151	1,45	0,29
Reserva de Desenv. Sustentável	1	15	16	64.735	10.043.767	10.108.502	10,11	2,02
Área de Proteção Ambiental	4	29	33	2.402.467	14.632.410	17.034.877	17,04	3,40
Área de Relevante Inter. Ecol.	3	-	3	20.864	-	20.864	0,02	0,00

Nota: Superfície efetiva, descontando da área total do decreto de criação as situadas no mar, fora da Amazônia Legal e sobreposições de UCs; (%)* em relação à superfície total da Amazônia Legal de 501.496.000ha.

Fonte: ISA (2008), elaborada pelo autor.

A distribuição de áreas protegidas da Amazônia Legal pode ser visualizada na Figura 7, onde se nota a existência de terras indígenas com grandes extensões na parte central, oeste e norte dessa região, ocupando geralmente terras menos acessíveis. Ao contrário, as florestas

nacionais e as reservas extrativistas são de tamanho médio e ocupam áreas entre a fronteira agrícola e floresta maciça dessa região, tornando-se cada vez mais acessíveis para a exploração comercial.



Fonte: LENTINI *et al.* (2005).

Figura 7. Áreas protegidas da Amazônia Legal em 2005.

A sobreposição do mapa de localização da unidade de conservação (Figura 7) com o mapa de desmatamento (Figura 5) permite visualizar as unidades com maior ou menor influência antrópica. Assim, várias dessas unidades poderão perder suas conectividades (corredor ecológico) com as unidades vizinhas devido ao desmatamento.

3. 8 O Extrativismo e Sustentabilidade das Reservas Extrativistas

O IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística vem mantendo estatística sobre o extrativismo vegetal contendo 36 produtos. As médias anuais do valor da produção e da quantidade produzida desses produtos foram analisadas, agrupando os dados em dois períodos, o primeiro compreendido entre 1995 a 2000 (**período A**) e o segundo entre 2001 a 2006 (**período B**). O valor da produção de cada ano foi atualizado para o ano de 2006, aplicando a inflação acumulada medida pelo IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo do IBGE. Os resultados são apresentados na Tabela 13 listando todos os produtos que alcançaram uma participação igual ou superior a 0,10% do valor total.

Entre os períodos A e B, o valor total do extrativismo brasileiro diminuiu de 4,03 para 3,47 bilhões de reais (-13,8%), sofrendo também reduções a madeira em tora (-31%), a ervamate (-25%), a piaçava (-15%) e a lenha (-12%), e ao contrário, aumentaram os valores da catanha-do-pará (101%), do carvão vegetal (92%), da carnaúba (45%) e do babaçu (31%).

No período B, quanto à participação relativa de produto sobre o total nacional (3,47 bilhões de reais), destacaram-se a madeira em tora com 1,73 bilhões de reais (49,96%), o carvão vegetal com 655 milhões de reais (18,87%), a lenha com 492 milhões de reais (14,16%), a piaçava com 130 milhões de reais (3,75%) e a erva-mate com 128 milhões de reais (3,70%), que somaram 95,66% do valor total da produção (3,32 bilhões de reais), seguidos de babaçu, açaí, carnaúba, castanha-do-pará, palmito, látex, castanha de caju, umbu, pinhão, pequi e licuri, com valores menos expressivos.

A lenha é o produto explorado em maior quantidade da floresta, atingindo, nos períodos A (1995-2000) e B (2001-2006), respectivamente 63 e 47 milhões de metros cúbicos anuais, seguido de madeira em tora com 34 e 19 milhões de metros cúbicos, carvão vegetal com 1,48 e 2,26 milhões de toneladas, e em milhares de toneladas os seguintes produtos: erva-mate (183 e 225), açaí (113 e 118), babaçu (118 e 116) e piaçava (94 e 92). A quantidade produzida de carnaúba, carvão vegetal e erva-mate entre os dois períodos aumentaram, respectivamente, 58%, 52% e 23% e, ao contrário, diminuiu 48%, 45%, 42% e 25% a produção de palmito, látex, madeira em tora e lenha.

Tabela 13. Valor da produção e quantidade produzida de produtos extrativistas do Brasil, segundo médias anuais dos períodos 1995 a 2000 e 2001 a 2005

Produtos	Valor da produção (R\$1.000.000) (**)					Quantidade produzida		
	A (1995-2000)		B (2001-2005)		B/A	A (95-00)	B (01-05)	B/A
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(%)	(t)	(t)	(%)
Madeira em tora (*)	2.521	62,6	1.734	50,0	-31,2	33.854,4	19.428,0	-42,6
Carvão vegetal	342	8,5	655	18,9	91,5	1.485,3	2.262,7	52,3
Lenha (*)	561	13,9	492	14,2	-12,4	63.008,4	47.247,7	-25,0
Piaçava	153	3,8	130	3,7	-15,1	93,6	91,6	-2,2
Erva-mate	171	4,2	128	3,7	-24,8	182,9	225,2	23,1
Babaçu	69	1,7	91	2,6	30,7	118,0	116,1	-1,5
Açaí (fruto)	84	2,1	90	2,6	7,0	112,9	117,8	4,3
Carnaúba	38	1,0	56	1,6	44,9	12,6	19,9	57,7
Castanha-do-pará	19	0,5	39	1,1	100,8	28,0	27,9	-0,2
Palmito	18	0,4	12	0,4	-31,6	22,5	11,7	-48,0
Hevea (látex)	13	0,3	8	0,2	-37,7	7,7	4,3	-44,7
Castanha de caju	5	0,1	6	0,2	30,1	5,6	5,6	0,9
Umbu (fruto)	5	0,1	5	0,1	-0,3	10,8	9,3	-13,4
Pinhão	5	0,1	5	0,1	-0,6	5,1	4,6	-9,3
Pequi (amêndoa)	3	0,1	4	0,1	32,7	5,8	5,1	-12,5
Licuri (coquilho)	3	0,1	4	0,1	47,2	3,3	4,5	37,1
Outros	14	0,3	10	0,3	-23,5	-	-	-
TOTAL	4.026	100,0	3.471	100,0	-13,8	-	-	-

Notas: (*) quantidade produzida, em metro cúbico; (**) em valor constante de janeiro de 2006.

Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Algumas atividades extrativistas estão concentradas na Região Amazônica, sendo exclusivamente produzida na Amazônia Legal a castanha-do-pará, o látex, o açaí, o palmito, o babaçu, além de produzir 82% do volume de madeira em tora extraído da mata nativa do país. Também a produção de carvão vegetal passou a representar 38% do total nacional em função do desenvolvimento de pólo siderúrgico de Carajás (Tabela 14).

Na Amazônia Legal, no período B (2001 a 2006), destacou-se, em valor da produção, a madeira em tora em Rondônia (97%), Roraima (88%), Mato Grosso (85%), Pará (76%) e Amapá (67%). O carvão vegetal teve participação expressiva no Maranhão (44%), Tocantins

(29%) e Pará (10%) e a lenha, em Tocantins (45%), Acre (14%), Amazonas (14%) e Mato Grosso (10%).

Dos produtos não-madeireiros, destacaram-se a castanha-do-pará, que representou 26% do valor total de produção do Acre e 25% do Amazonas, seguindo o babaçu concentrado no Maranhão (33%) e Tocantins (8%), a piaçava no Amazonas (19%), o açaí em Amapá (12%) e Pará (7%) e o látex no Acre (12%).

O valor total da produção extrativa da Amazônia Legal atingiu uma média anual (período 2001 a 2005) de aproximadamente 2 bilhões de reais assim distribuídos: Pará 1,26 bilhões de reais (63,29%), Maranhão 256 milhões de reais (12,89%), Mato Grosso 185 milhões de reais (9,31%), Rondônia 134 milhões de reais (6,78%), Amazonas 87 milhões de reais (4,39%) e os 66 milhões de reais (3,35%) restantes entre Acre, Roraima, Tocantins e Amapá.

Tabela 14. Valor da produção e quantidade produzida de produtos extrativistas da Amazônia Legal, segundo médias anuais dos períodos 1995 a 2000 e 2001 a 2005

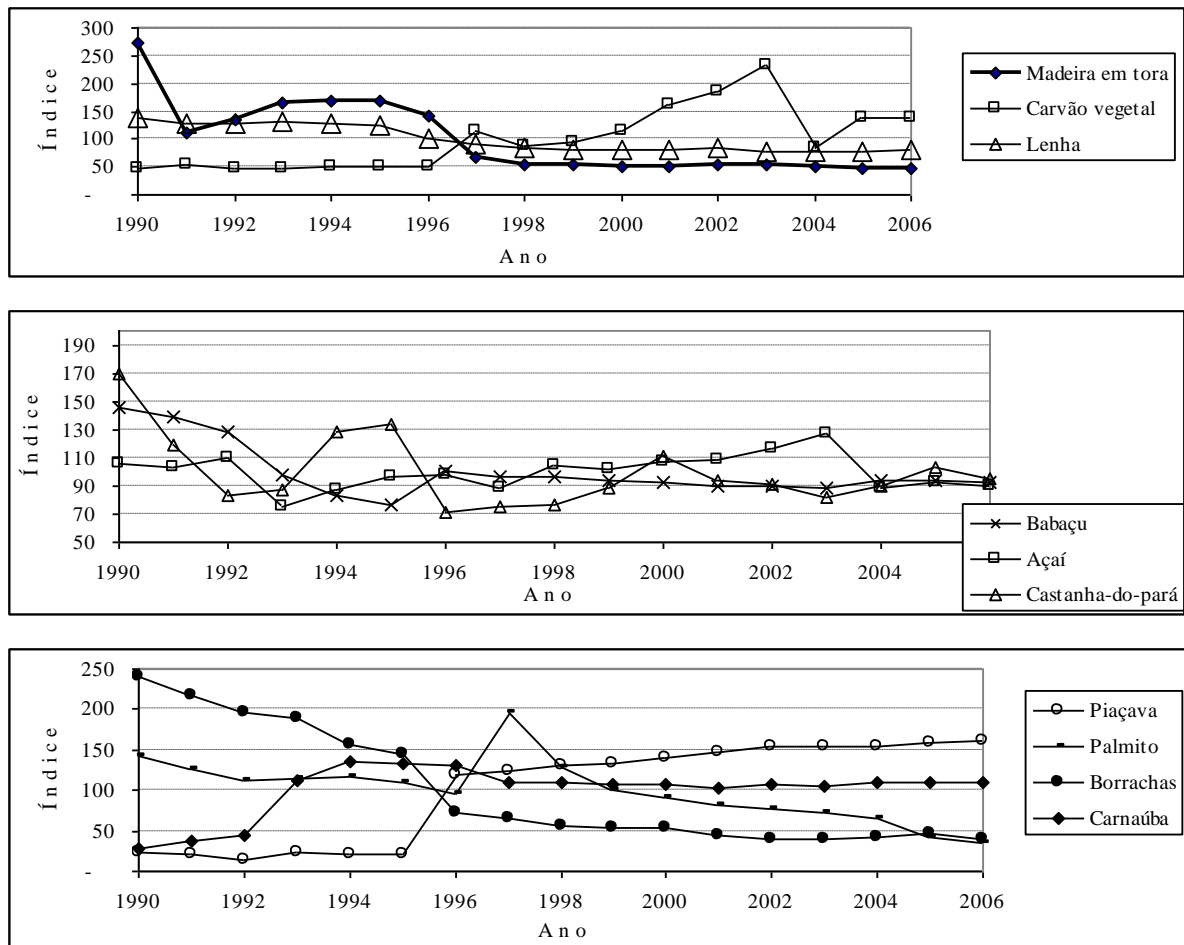
Produtos	Valor da produção (R\$1.000.000) (**)					Quantidade produzida		
	A (1995-2000)		B (2001-2005)		B/A	A (95-00)	B (01-05)	B/A
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(%)	(t)	(t)	(%)
Madeira em tora (*)	876,9	49,9	1.031,9	49,9	17,7	27.630.048	15.838.171	-42,7
Carvão vegetal	441,5	25,1	519,8	25,1	17,7	475.182	870.306	83,2
Lenha (*)	220,9	12,6	260,5	12,6	17,9	15.498.653	13.297.132	-14,2
Babaçu (amêndoa)	65,1	3,7	84,9	4,1	30,4	110.784	109.669	-1,0
Açaí (fruto)	84,4	4,8	90,3	4,4	7,0	112.884	117.812	4,4
Castanha-do-pará	19,4	1,1	38,9	1,9	100,5	27.978	27.932	-0,2
Piaçava	13,9	0,8	16,1	0,8	15,8	6.293	8.614	36,9
Palmito	17,2	1,0	10,6	0,5	-38,4	22.120	12.097	-45,3
Hevea (látex)	12,6	0,7	8	0,4	-36,5	7.363	4.186	-43,1
Carnaúba (cera+pó)	2	0,1	2,9	0,1	45,0	571	528	-7,5
Outros	5	0,3	6	0,3	20,0			
TOTAL	1.758,9	100,0	2.069,9	100,0	17,7			

Notas: (*) quantidade produzida, em metro cúbico; (**) em valor constante de janeiro de 2006.

Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Na Amazônia Legal, os produtos madeireiros apresentam, em média, baixos valores comerciais (lenha R\$20.m⁻³, madeira em tora R\$65.m⁻³ e carvão vegetal R\$597.t⁻¹), assim como o açaí (R\$763.t⁻¹), o babaçu (R\$774.t⁻¹) e o palmito (R\$878.t⁻¹), constituindo os produtos mais valorizados a castanha-do-pará (R\$1.392.t⁻¹), a piaçava (R\$1.866.t⁻¹), o látex (R\$1.904.t⁻¹) e atingindo um valor unitário máximo a carnaúba com R\$5.478.t⁻¹.

A produção de madeira em tora tem diminuído nos últimos anos, porém não indica que o estoque de madeira da floresta nativa esteja esgotando-se. Esta redução possivelmente reflete o maior controle de desmatamento por parte do IBAMA e a fiscalização de extração não-autorizada de madeira de floresta nativa (sem o plano de manejo florestal sustentável). Já o aumento da produção de carvão vegetal deve-se em grande parte à demanda desse produto no Pólo Siderúrgico de Carajás. A diminuição do consumo de lenha, consumido na sua maioria pela população rural com baixa renda, pode ser explicado pela substituição dessa energia por gás liquefeito de petróleo (Figura 8).



Nota: Índice base: média da quantidade produzida entre 1990 a 2006 = 100. Fonte: IBGE (2008), elaborada pelo autor.

Figura 8. Índice de produção de extrativismo vegetal da Amazônia Legal de 1990 a 2006.

Dos produtos não-madeireiros ilustrados na Figura 8, pode-se notar o aumento de produção de piaçava e diminuição de borracha e açai, permanecendo os restantes com nível de produção relativamente estáveis. A média de produção anual do período de 1990 a 2006 foram os seguintes: madeira em tora 30.825.940m³, carvão vegetal 556.450t, lenha 16.427.833m³, babaçu 119.465t, fruto de açai 113.543t, castanha-do-pará 30.187t, piaçava 5.643t, palmito 18.431t, borracha 9.938t e carnaúba 492t.

Analisar as questões relacionadas com o extrativismo é bastante polêmico tanto na academia como na sociedade. HOMMA (1993) e BOJANIC HELBINGEN (2001) afirmam que o extrativismo coexiste numa sociedade primitiva e funciona em harmonia quando as demandas de bens e serviços são baixas e não existem pressões sobre o uso da terra (baixa densidade populacional). Porém, com o desenvolvimento, o homem passa de simples coletor de produtos para “manejador” empírico dos recursos, passando em seguida para o processo de domesticação (subsistência) e finalmente chega a cultivar em escala comercial aplicando tecnologia moderna (uso de insumo e capital intensivo) capaz de produzir excedentes para competir no mercado. Essa trajetória histórica foi também apontada por BACHA (2004), CHRISTOFFOLI (2006) e RUEDA (2008).

Outro aspecto novo que vem sendo discutido é o enfoque econômico sobre o extrativismo, sendo incluído novos conceitos, tais como: externalidades positivas e negativas, passivo ambiental, valor econômico total, valor de uso direto, valor de uso indireto, valor da manutenção da paisagem e da biodiversidade, valor da produção da água e conservação de

bacias hidrográficas, mecanismo de desenvolvimento limpo e imobilização de carbono, etnobotânica e fârmacos, valor da preservação da língua e da cultura tradicional, fixação do homem no campo e custo de acolhimento desse emigrante nos centros urbanos, e demais fatores que são passíveis de serem incluídos e valorados numa avaliação mais abrangente e inovadora (SERÔA DA MOTTA, 1995; PEARCE *et al.*, 1999; BOJANIC HELBINGEN, 2001; PEARCE & PEARCE, 2001; REYDON & MACIEL, 2002; BACHA, 2004; COSTA, 2004).

REYDON & MACIEL (2002) estudando as condições das Ilhas de Alta Produtividade – IAP’s da Resex “Chico Mendes” observou e concluiu os seguintes:

“... os valores reais de uso direto indicam a preocupante atual situação do extrativismo vegetal praticado na Resex “Chico Mendes”. Pois, o rendimento auferido anualmente é menor que o salário mínimo mensal vigente no país. Por outro lado, o autoconsumo das famílias minimiza os baixos rendimentos monetários, constituindo-se no principal suporte para sua manutenção. ... não é de estranhar a constatação de um aumento de áreas desflorestadas dentro da própria RESEX... quando deparam com os resultados econômicos oriundas da pecuária bovina com níveis de lucratividade, do ponto de vista estritamente econômico, extremamente elevada, é natural que haja interesse dos extrativistas em converter a floresta em pastagem na luta pela sobrevivência, ... Há necessidade urgente no oferecimento às populações extrativistas alternativas de explorações sustentáveis da floresta em detrimento das atividades claramente insustentáveis do ponto de vista ambiental, como a pecuária bovina extensiva praticada na região.”

Trabalhos desenvolvidos nas Resex Antimari (Acre) e Aquariquara (Rondônia) encontraram uma população extrativista em condições precárias (saúde, educação e renda), e as extrações tanto da borracha como da castanha-do-pará e de outros produtos não-madeireiros não proporcionam ingressos adequados, sendo a exploração madeireira incluída como uma atividade adicional para elevar a renda (CAVALCANTI, 1992; ECOPORÉ, 1996).

3.9 Área de Ocorrência e Extensão da Floresta Tropical

Segundo LAMPRECHT (1990), existem várias definições e delimitações dos trópicos e das florestas tropicais, e cita, entre outros, a do astronômico, que compreende a área situada entre os trópicos de Câncer (23°27'N) e Capricórnio (23°27'S), a de Köppen, delimitados por isoterma de 18°C no mês mais frio do ano, a de Holdridge, baseada nas combinações entre a temperatura, precipitação e altitude, a de Raunkiaer, baseada na aparência física da vegetação e adaptada por Ellemberg e Mueller-Dumbois, a proposta de Yagambi para a zona tropical africana, a de Beard especificamente para a vegetação de América do Sul, e a de Aubreville para a vegetação do Brasil. Baseando-se na periodicidade climática, LAMPRECHT (1990) considera como regiões tropicais quando as mesmas enquadram-se dentro dos seguintes parâmetros: oscilações térmicas diurnas maiores que as anuais, periodicidade luminosa diária mínima e máxima compreendida entre 10,5 e 13,5 horas.

A floresta tropical ocorre em mais de oitenta países do mundo e, em 1.990, cobria uma área total de 2.236,3 milhões de hectares, ou seja, 37% dessas terras, e representava aproximadamente a terça parte da cobertura florestal mundial. A floresta tropical úmida é a tipologia predominante com 718,3 milhões de hectares (454,3 nas Américas, 177,4 na Ásia e 86,8 na África) seguida de 587,2 milhões de hectares de florestas decíduas (294,3 nas Américas, 251,1 na África e 41,8 na Ásia). Na década de 1.980, a floresta tropical apresentou uma taxa anual média de 0,8% de desmatamento, perdendo mais de 120 milhões de hectares de cobertura florestal (FAO, 1998).

Segundo HOMMA (1993), na Amazônia Legal brasileira (514 milhões de hectares), a unidade macroecológica mais expressiva é aquela onde o clima é *Ami*, a floresta é densa e com solos distróficos, que estende-se do nordeste paraense até as cabeceiras do Rio Purus,

ocupando 23% da área total. Segue-se a área de clima *Awi*, terra firme e com solos distróficos, cobrindo 16% da área com floresta aberta, esta localizada no sul da Amazônia, e 13% com cerrado que se estende desde o sul do Maranhão até o sul de Mato Grosso. Além dessas, conta-se com 12% da área localizada principalmente ao noroeste do estado do Amazonas, onde ocorre a floresta densa, em terra firme com solos distróficos, constituída de clima *Afi*. Os solos eutróficos ocorrem apenas em 11% da Amazônia Legal, ocupando predominantemente as terras inundáveis (várzeas) e terra firme do estado do Acre. A expansão da fronteira agrícola da Amazônia Legal vem sendo monitorada através de sensoriamento remoto (INPE, 2007) e, no período compreendido entre 1977 até 2006 (30 anos), foram desmatados 57.688.450ha, reduzindo em 11,22% a área de cobertura florestal dessa região, resultando em uma média anual de 1.922.948ha que corresponde a uma taxa de redução 0,37%.

3. 10 Tipologia da Floresta Tropical

Sobre a floresta tropical foram publicados vários estudos, e entre estes destaca-se a obra pioneira “The tropical rain forest: an ecological study” de RICHARDS (1952), que trata de ecologia de florestas tropicais úmidas das América, África e Ásia. No Brasil, segundo BRAZÃO & SANTOS (1997), utiliza-se para denominar a floresta pluvial tropical da Região Amazônica o termo Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta, adotado no Levantamento de Recursos Naturais do Projeto - RADAMBRASIL. Este projeto, iniciado no início da década de 1970 e originalmente vinculado ao DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), foi incorporado em 1985 ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A Floresta Ombrófila Densa é caracterizada por fanerófitos juntamente pelas subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância. Esta formação ocorre em área com temperatura que oscila em torno de 25°C, com alta precipitação e sem período biologicamente seco. São gêneros típicos dessa formação *Hevea*, *Bertholetia* e *Dinizia* (BRAZÃO & SANTOS, 1997).

A Floresta Ombrófila Aberta é composta de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso e caracterizada ora pelas fanerófitas rosuladas, ora pelas lianas lenhosas, com um período com mais de dois e menos de quatro meses secos. Este tipo de vegetação poderá estar associado com palmeiras (*Orbignya*, *Maximiliana*), com bambu (*Bambusa*, *Chusquea*), com sororoca (*Phenakospermum*) e também com cipós (BRAZÃO & SANTOS, 1997).

A floresta tropical é uma comunidade complexa composta de árvores e de plantas herbáceas de vários tamanhos ocupando distintos estratos. RICHARDS (1952) reconheceu 5 estratos, sendo o A ocupado pelas árvores emergentes, B pelas dominantes, C pelas codominantes, D pelos arbustos e E, ao nível do chão, pelas plantas herbáceas e plântulas. Baur (1964), citado por SILVA (1989), considerou que uma floresta compõe-se de um estrato emergente com grandes árvores, estrato intermediário composta de árvores de porte médio e estrato inferior composta de plantas jovens e herbáceas.

LAMPRECHT (1990) descreve, para cada tipologia florestal, as seguintes fisionomias: FHP - Florestas Higrófilas Perenifólias: com 3 ou mais estratos, grande variedade de espécies arbóreas; FHP_{BA} - Florestas Higrófilas Perenifólia de baixas altitudes: multiestratificadas (3 a 4 estratos verticalmente pouco diferenciados), cauliflora, raízes tabulares; FHP_M - Florestas Higrófilas Perenifólia montanas: geralmente de 3 estratos e poucas raízes tabulares; FHP_S - Florestas Higrófilas Perenifólia serranas (florestas nubladas): de 3 estratos, muito rica em epífitas, samambaias arborescente; FHC - Florestas Higrófilas Caducifólias: espécies mais ou menos numerosas de caducifólias, de 2 a 3 estratos, ricas em

espécies arbóreas; FHP_{BA} - Florestas Higrófilas Perenifólia de baixas altitudes: no período chuvoso com aspecto mais ou menos igual ao das Florestas Higrófilas Perenifólias; FHP_M - Florestas Higrófilas Perenifólia montanas: no período seco, ao menos o estrato superior constitui-se em parte de caducifólias, poucas raízes tabulares, menor ocorrência de epífitas. Para uma classificação simplificada, considera-se o estrato superior as árvores que apresentam altura > 2/3 da altura dominante, estrato médio (<2/3 a > 1/3) e estrato inferior (< 1/3 da altura dominante).

3. 11 Composição Florística da Floresta Tropical

GENTRY (1990) reuniu vários artigos de pesquisas sobre a composição florística e dinâmica de quatro florestas pluviais neotropicais estudadas com maiores detalhes: 1- Estação Biológica La Selva de Costa Rica; 2- Ilha Barro Colorado de Panamá; 3- Estação Biológica de Cocha Cachu de Peru; 4- área do Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, localizada ao norte da Reserva Ducke, do Brasil. Nessas florestas foram observadas grandes diversidades de espécies de plantas vasculares, sendo identificadas 1.668 espécies em Costa Rica, 1.320 em Panamá, 1.370 no Peru e 825 no Brasil. As espécies de porte arbórea com $DAP \geq 10\text{cm}$, em uma parcela de 1 hectare, variaram entre 88 a 118 espécies em La Selva, 76 a 116 em Ilha Barro Colorado e 179 ao redor de Manaus.

Segundo LAMPRECHT (1990), nas florestas higrófilas perenifólias de baixas altitudes, ao nível mundial, os indivíduos com $DAP \geq 10\text{cm}$ oscilam em torno de 600 árvores por hectare, com 80 a 200 espécies e com área basal entre 23 a $37\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Especificamente para a floresta de Venezuela, foram encontradas 85 espécies em uma parcela de 1 hectare na floresta higrófila de baixa altitude, na de alta altitude, 42 espécies e na floresta higrófila caducifólia, 55 espécies.

O número de árvores por hectare, na Região Amazônica, da Floresta Ombrófila Densa, segundo tipologia, variou entre 248 (montano) e 696 árvores (dossel emergente) e da Floresta Ombrófila Aberta, entre 471 (terras baixas) e 652 árvores (submontana). As famílias botânicas dominantes (e gêneros predominantes) foram: Leguminosae (*Pithecellobium*, *Inga*, *Swartzia*, *Eperua*, *Parkia*, *Ormosia*), Sapotaceae (*Pouteria*, *Micopholis*, *Chrysophyllum*), Moraceae (*Brosimum*, *Cecropia*, *Pourouma*), Lauraceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae, Lecythidaceae, Chrysobalanaceae, Bombacaceae, Annonaceae e Vochysiaceae (OLIVEIRA FILHO & FERREIRA, 1996).

3. 12 Distribuição de Árvores por Classe Diamétrica nas Florestas Tropicais

As distribuições de árvores em classes diamétricas normalmente tende a diminuir constantemente com o aumento da classe e toma a forma de “J” invertido (curva exponencial decrescente conforme a lei de Lioucourt), de acordo com vários estudos realizados em florestas naturais, tanto de regiões tropicais como de temperadas (ASSMANN, 1970; BARROS, 1980; GRAAF, 1986; JANKAUSKIS, 1987; SARAIVA, 1988; LAMPRECHT, 1990; AZEVEDO, 1993; OLIVEIRA FILHO & FERREIRA, 1996; WADSWORTH, 2000).

JANKAUSKIS (1987), analisando a estrutura diamétrica de 17.894 árvores, composta de 181 espécies, inventariadas em 1.000ha de Floresta Nacional de Tapajós, constatou uma distribuição decrescente em forma de “J” invertido para o total de número de árvores. As espécies mais abundantes com enumeração total de árvores com $DAP \geq 55\text{cm}$ encontradas em 1.000ha de florestas foram as seguintes: abiurana (*Pouteria* sp) com 1.816 árvores, maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke) com 1.059, mata-matá (*Escheweirela odorata*

(Poepp.) Miers.) com 978, tauari (*Couratari pulchra* Sandw.) com 785, tachi-preto (*Tachigalia paniculata* Aubl.) com 602, breu (*Protium* sp) com 578 e aquariquara (*Minquartia macrophylla* Ducke) com 570 árvores. De um total de 170 espécies (100%), apenas 2 espécies (1%) apresentaram abundância superior a 1 árvore por hectare, seguido de 5 espécies (3%) entre 0,50 a 0,99, 32 espécies (19%) entre 0,10 a 0,49, 82 espécies (48%) entre 0,001 a 0,099 e 49 espécies (29%) com menos de 0,099 árvores por hectare. Este fato evidenciou que, realizando um levantamento de todas as árvores com $DAP \geq 55$ cm em 10ha de floresta, seria encontrado apenas 23% do total de espécies, e 77% de espécies menos abundantes seriam excluídas. Além disso, foram observadas várias diferenças ao nível de espécies, como a matá-matá que é muito freqüente (978 árvores) e segue a mesma distribuição decrescente, a embaubarana (*Pourouma aspera* Trec.) com 94 árvores com distribuição decrescente, porém, com ausência de indivíduos com $DAP \geq 85$ cm, a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bompl.), que apresenta uma distribuição irregular e com árvores de grandes dimensões maiores que as de menores dimensões. Para as espécies pouco abundantes, este autor não obteve qualquer tipo de conclusão quanto à real distribuição dessas em classes diamétricas. Por último, o mesmo recomenda que, como regra geral, quanto maior for a intensidade de amostragem e maior a freqüência da espécie, menor pode ser o intervalo de classe de *DAP* e *vice-versa*.

Em várias espécies, a quantidade de regeneração natural pode ser menor que o número de árvores das classes de diâmetros superiores. Este comportamento foi constatado, entre outras, em *Parashorea malaanonan* em Filipinas (RICHARDS, 1952), *Bombacopsis quinata*, *Cedrella odorata*, *Tabebuia rosea*, *Pithecolobium saman* e *Swietenia macrophylla* na Venezuela (LAMPRECHT, 1990), e em abiorana-seca e cupiúba no Brasil (OLIVEIRA FILHO & FERREIRA, 1996).

3. 13 Recrutamento, Crescimento, Mortalidade e Longevidade das Árvores da Floresta Tropical

Existem diferentes métodos para a medição do crescimento de árvores e da dinâmica de população, sendo as mais utilizadas as medições contínuas das árvores em parcelas permanentes (BORMANN & BERLYN, 1981; VANCLAY, 1994; SOARES *et al.*, 1995; FERREIRA, 1997; ALDER & SILVA, 2000; WADSWORTH, 2000; BINKLEY *et al.*, 2002; BACKER & WILSON, 2003; SCHAAF *et al.*, 2006). Existem também técnicas que permitem estimar o crescimento da árvore através da análise de tronco, medindo-se os anéis de crescimento ou ainda aplicando-se técnicas alternativas, tais como raio X, marcação periódica do câmbio, densitômetro e análise química das camadas sucessivas da madeira no sentido radial (LAMPRECHT, 1990; WADSWORTH, 2000; CHAGAS, 2002).

Segundo Zeide (1993), citado por STATHELF & NUTTO (2000), o crescimento da árvore segue um padrão comparável e estável ao longo do tempo apesar de alterar os fatores ambientais. A curva de crescimento aumenta no início numa forma côncava e mais tarde torna-se convexa. Sob a ótica de fundamentos fisiológicos de crescimento, envolve duas forças opostas: a) uma positiva, chamada componente de expansão ou de “anabolismo construtivo”, tendo uma tendência inerente de multiplicação; b) a segunda, que representa o componente de “catabolismo destrutivo” ou os fatores limitantes como fatores ambientais, recursos/nutrientes, entre outros. Segundo ASSMANN (1970), considerando a idade da árvore, o incremento corrente anual (*ICA*) culmina primeiro que o incremento médio anual (*IMA*) e, para as variáveis dendrométricas, as culminações dos incrementos ocorrem primeiro para a variável altura (*H*), seguido de diâmetro (*D*), área basal (*G*, superfície da seção do fuste a 1,30 metros de altura) e finalmente ocorrem as do volume do fuste (*V*).

A floresta tropical pode apresentar dinâmica de crescimento que pode variar em função da escala temporal e espacial, conforme teorias de “sucessão vegetal” apresentadas por Budowski (1961) e “mosaico em clímax” de Aubreville (1938), ambos citados por LAMPRECHT (1990).

A sucessão vegetal, na escala temporal, inicia-se quando uma floresta natural é totalmente eliminada (desmatada) ou parcialmente eliminada (incêndios, vendavais, ataque intenso de pragas e doenças). Logo depois dessas perturbações, estabelece-se de imediato uma abundante regeneração de espécies pioneiras, compostas de espécies heliófilas de rápido crescimento (*Cecropia* sp, *Trema* sp, *Jacaranda* sp) que ocupam esta área por poucas décadas. A regeneração dessas espécies tem como origem o banco de sementes, de viabilidade longa, que encontra-se na camada superficial do solo. Ao decorrer dos tempos, sob sombras e pequenas clareiras das pioneiras, ocorrem colonizações, na seqüência, de espécies secundárias iniciais, secundárias tardias e finalmente de espécies climáticas. A floresta entra em equilíbrio quando ocorre um balanceamento, após algumas décadas ou séculos, desses três grupos de espécies sucessionais (WADSWORTH, 2000).

A “teoria de mosaico em clímax” considera que uma floresta é formada de mosaico de distintas idades (fases sucessionais), surgidas a partir das clareiras abertas com a morte de árvores dominantes e codominantes com copas de grandes dimensões, as quais são ocupadas temporariamente pelas espécies pioneiras, secundárias e climáticas, estas últimas por maior período de tempo (WADSWORTH, 2000; LAMPRECHT, 1990).

A “hipótese de desenvolvimento específico”, de LAMPRECHT (1990), baseia-se no princípio de que poucos indivíduos que se regeneram sobrevivem até atingir o dossel superior, e, quando atingem esse porte, ocupam essa área por décadas e até séculos, até a morte por envelhecimento. Nesse período, mesmo que produzindo um número reduzido de descendentes, a permanência dessas espécies, na maioria das vezes pouco abundante, é garantida. Estas espécies com distribuição irregular de indivíduos nas classes diamétricas coexistem com as espécies que regeneram-se continuamente ao longo do tempo e que apresentam estruturas diamétricas regulares. Estudo realizado por Finol (1975) e citado por LAMPRECHT (1990) corrobora a hipótese anterior, uma vez que foi constatada a ausência de regeneração (árvores com $DAP < 10\text{cm}$) de 17 espécies arbóreas de um total de 45 existentes numa floresta caducifólia e de 37 de um total de 62 espécies de floresta perenifólia na Venezuela.

A regeneração natural da floresta tropical da Venezuela, considerando as plântulas e arbustos com $DAP < 10\text{cm}$, segundo LAMPRECHT (1990), variou entre 20.000 a 129.000 indivíduos. ha^{-1} , com média de 72.000 indivíduos. ha^{-1} encontrado por Bockor (1979) e de 71.740 indivíduos. ha^{-1} encontrados por Hoheisel (1976). Em média, o número de indivíduos com altura inferior a 1 metro participou com 76% do total de indivíduos, de 1 a 3 metros com 14% e o de 3 metros em altura e com $DAP < 10\text{cm}$ com apenas 10%.

As árvores com $DAP \geq 10\text{cm}$ da floresta tropical não-perturbada de La Selva (Costa Rica) foram monitoradas por um período de 13 anos, entre 1969-1982, sendo obtidos os seguintes resultados: densidade inicial de 453,4 árvores. ha^{-1} com 111,8 mortas e 104,3 ingressos durante o período (taxa de mortalidade anual de 2,03%), e com 446,0 árvores no final do período. Área basal inicial de 30,08 m^2 com 6,40 mortas, 2,83 de crescimento, 1,49 de recrutamento, incremento de 4,32 durante o período e com 27,82 m^2 no final do período. Biomassa de 268,9t início do período com 58,8 mortas, 25,3 de crescimento, 13,3 de recrutamento e 38,6 de incremento durante o período, resultando 248,7t. ha^{-1} no final do período (LIEBERMANN *et al.*, 1990). De um total de 5.623 árvores e cipós inventariado em 1969, 23,2% havia morrido em 1982, e dessas 31% estava caída, 27% em pé, 7% caída e coberta de serapilheira e 37% completamente decomposta. Baseando-se na taxa de mortalidade, este autor concluiu que o tempo de meia-vida dessa floresta (expectativa que

50% do total de árvore chegue a morrer) variou entre 31 a 39 anos (média de 34 anos) e, analisando a dinâmica de clareira, chegou a conclusão que a perda de 50 % da superfície da copa das árvores das parcelas ocorre num período compreendido entre 53 a 92 anos.

SILVA *et al.* (1995), monitorando a massa remanescente de Floresta Nacional de Tapajós, onde foram explorados aproximadamente 75m³ e 16 árvores comerciais por hectare em 1979, obtiveram os seguintes resultados médios por hectare para 1981 e 1992: área basal de 20,30 e 25,32m², volume de 160,8 e 218,8m³, número de árvores com $DAP \geq 5$ cm no início do período de 931,6, com 364,9 ingressos e 224,9 mortas no período e com 1.050,1 árvores no final de período, resultando uma taxa média anual de recrutamento de 3,1% e de mortalidade de 2,2%. O incremento periódico anual em DAP das árvores emergentes com insolação plena foi de 0,6cm, as com sombreamento parcial de 0,4cm e as em plena sombra ou com luz difusa de 0,3cm. Além disso, foi constatada uma diminuição desses incrementos ao longo do tempo em função do aumento de área basal, enquanto que na área sem exploração o incremento médio de todas as árvores manteve-se constante com crescimento médio de 0,2cm.ano⁻¹.

Os dados de remedições das árvores da floresta de La Selva foram utilizados para estimar a longevidade das árvores (LIEBERMANN *et al.*, 1990), baseando-se nos grupos de espécies que ocupam distintas posições da copa no dossel, velocidade de crescimento em DAP (mm.ano⁻¹) e porte máximo da árvore em diâmetro (cm). A longevidade estimada variou entre 50 a 180 anos para as árvores (Grupo I), que atingem um porte máximo entre 15 a 30cm, compostas de árvores de crescimento lento (1 a 3mm) e tolerante à sombra e que ocupam o dossel inferior. Para as árvores que também crescem lentamente, porém as que ocupam o dossel intermediário e atingem um porte máximo entre de 30 a 50cm (Grupo II), foi estimada uma longevidade variando entre 145 a 350 anos. As árvores do Grupo III são as mais longevas (250 a 450 anos), caracterizadas pelo seu rápido crescimento (3 a 11 mm), composto de árvores de médio a grande porte (50 a 240cm), copas dominantes e codominantes e tolerantes à sombra. As árvores do Grupo IV são semelhantes às do grupo anterior quanto ao crescimento (7 a 14 mm) e posição da copa, porém intolerantes à sombra, atingem porte máximo entre 50 a 100cm e vivem entre 65 a 160 anos.

LAMPRECHT (1990), citando Nicholson (1965b) e Whitmore (1975), apresenta a idade mínima e máxima estimada para o DAP máximo de várias espécies da Malásia que ocupam diferentes posições do dossel. As idades estimadas foram de 400 e 570 anos para *Dipterocarpus acutangulus* com 153cm e 130 e 190 anos para *Shorea argentifolia* de 76cm, ambas pertencente ao estrato predominante; 120 e 260 anos para *Shorea multiflora* de 57cm e 60 e 110 anos para *Hopea beccariana* de 38cm, ambas de dossel superior; 270 e 720 anos para *Gluta* sp de 38cm e 110 e 250 anos para *Symplocos* sp de 29cm, ambas ocupando dossel inferior. Esse mesmo autor apresenta as idades médias estimadas por Luna (1981), de *Podocarpus rospigliosii*, da Venezuela, a partir de dados de medições periódicas de um total de 300 árvores distribuídas nas seguintes classes de DAP : 86 na classe de 0 a 20cm, 45 na classe de 20 a 40cm, 42 na classe de 40 a 60cm, 58 na classe de 68 a 80cm, 58 na classe de 60 a 80cm, 42 na classe de 80 a 100cm e 27 árvores na classe de 100 a 120cm. A idade média estimada da árvore ao atingir o limite superior das respectivas classes foi de 69, 111, 154, 218, 301 e 395 anos, resultando em um incremento periódico médio de 0,29, 0,48, 0,46, 0,31, 0,24 e 0,21cm.ano⁻¹ em DAP . O incremento periódico anual, entre árvores da cada classe, apresentou amplitude de variação elevada, oscilando entre 0,00 a 1,54, 0,06 a 1,00, 0,08 a 1,06, 0,02 a 0,62, 0,04 a 0,52, e, 0,00 a 0,45cm.ano⁻¹ nas respectivas classes.

O método mais utilizado para estimar a idade de uma árvore consiste em realizar medições das árvores identificadas e numeradas de uma parcela permanente em várias ocasiões, calcular o incremento periódico anual de cada árvore viva e obter a sua média ($IPA_{média}$) para cada classe diamétrica, ou seja, $IPA_{média} = \Sigma ((D_{T2}-D_{T1}) / (T_2-T_1)) / n$ onde: D_{T1} e D_{T2} = diâmetro medido na primeira e segunda ocasião; T_1 e T_2 = data da primeira e segunda

medição (a diferença expressa em ano). Em seguida é calculado o tempo de passagem (*TP*) de cada classe diamétrica, dividindo a amplitude dessa classe por $IPA_{\text{médio}}$ da mesma, ou seja, $TP = (LS_{\text{classe}} - LI_{\text{classe}}) / IPA_{\text{médio}}$ sendo *LS* o limite superior e *LI* o limite inferior da classe. A soma acumulada de *TP* das classes (o *LI* da primeira classe deve ser igual a zero) resulta a idade estimada da árvore, segundo Nicholson (1965b), Whitmore (1975), Luna, (1981), todos citados por LAMPRECHT, 1990; e ARAUJO, 1993; SCHREUDER *et al.*, 1993; VANCLAY, 1994; SOARES *et al.*, 1995; VANCLAY *et al.*, 1997; ALDER & SILVA, 2000; CHAGAS, 2002; MEZA *et al.*, 2003; VALLE & VAN GARDINGEN, 2003).

A taxa de crescimento em diâmetro das árvores da Floresta Nacional de Tapajós, segundo VALLE & VAN GARDINGEN (2003), variou em função da posição da copa no dossel inferior (*D_I*), dossel médio (*D_M*) e dossel superior (*D_S*), e taxa de crescimento devagar (*C_D*), crescimento médio (*C_M*), crescimento rápido (*C_R*) e crescimento muito rápido (*C_{MR}*) em diâmetro. Os grupos de espécies resultantes de combinações desses fatores apresentaram as seguintes taxa de crescimento em *DAP*: *D_I-C_D* (*Protium apiculatum*, *Rinorea guianensis*, *Neea* spp) 0,18cm.ano⁻¹; *D_M-C_D* (Sapotaceae, Lauraceae, *Guatteria poeppigiana*) 0,21cm.ano⁻¹; *D_S-C_D* (*Couratari oblongifolia*, *Minuartia guianensis*) 0,26cm.ano⁻¹; *D_M-C_M* (*Geissosperma sericeum*, *Carapa guianensis*, *Pouteria* spp) 0,29cm.ano⁻¹; *D_S-C_R* (*Sclerolobium chrysophyllum*, *Trattinickia rhoifolia*, *Didymopanax morototoni*) 0,54cm.ano⁻¹; *D_S-C_{MR}* (*Tachigalia myrmecophylla*, *Sclerologium tinctorium*) 0,94cm.ano⁻¹; Pioneiras-*C_R* (*Ingá* spp, *Sloanea froesii*, *Bixa arborea*, *Jacaranda copaia*) 0,54cm.ano⁻¹; Pioneiras-*C_{MR}* (*Cecropia sciadophylla*, *Jaracatia leucoma*, *Jaracatia spinosa*) 1,26cm.ano⁻¹ e Emergentes climáticas (*Manilkara huberi*, *Goupia glabra*, *Hymenaea courbaril*, *Dipteryx odorata*) crescendo com uma taxa média de 0,37cm.ano⁻¹ em diâmetro. No Acre, segundo OLIVEIRA & BRAZ (2006), as árvores em pleno sol, em meia-sombra e na sombra cresceram, respectivamente, 0,57, 0,49 e 0,28cm.ano⁻¹ durante quatro anos após a exploração.

ARAUJO (1993) estimou a idade relativa das árvores da Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce (Linhares – ES), submetidas as diferentes intensidades de exploração, baseando-se na relação entre incremento periódico anual em diâmetro por classe diamétrica, ajustado aplicando-se a regressão linear, sendo que, para a floresta não-perturbada (testemunha) resultou-se o seguinte modelo:

$$IPA_i = 1,74785 + 0,0613592 D_i - 0,0001788722 D_i^2$$

(R² = 0,813, Sy.x = ± 0,320mm.ano⁻¹ e CV = ± 10,73%)

em que:

IPA_i = estimador do incremento periódico anual em diâmetro (mm.ano⁻¹) da *i*-ésima classe de diâmetro;

D_i = centro da *i*-ésima classe de diâmetro;

i = 1, 2, 3, ..., *n* classes de diâmetro (10-20, 20-30, ..., 140-150).

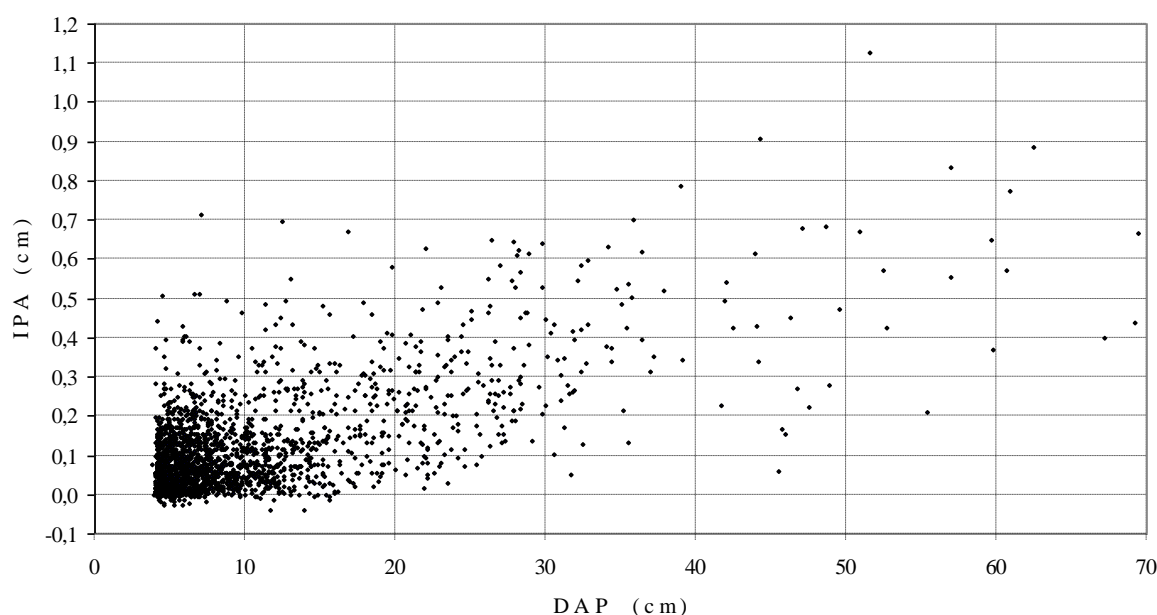
Obs.: modelo ponderado por frequência de árvores de cada classe

A partir dessa relação, este autor estimou o *IPA*, a idade relativa e tempo de passagem (*TP*), como mostra um extrato desses resultados a seguir:

- <i>DAP</i> (cm)	10,00	25,05	50,19	74,93	100,11	124,94	150,06	175,20
- <i>IPA</i> (cm)	0,235	0,317	0,437	0,534	0,609	0,662	0,693	0,701
-Idade (ano)	43	98	165	216	260	299	336	372
- <i>TP</i> (ano)	43	55	67	51	44	39	37	36

Na Figura 9, podem ser observadas as variações de *IPA* de uma floresta secundária do Japão, onde percebe-se uma correlação positiva entre o diâmetro e a taxa de crescimento, corroborando com os dados encontrados pelos autores antes citados.

INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL



Fonte: Banco de dados do Prof. Dr. Carlos Roberto SANQUETTA da UFPR cedido para o autor.

Figura 9. Incremento periódico anual em diâmetro de 2.220 árvores, medidas em 1984 e 1993, de uma parcela permanente de uma floresta secundária do Japão.

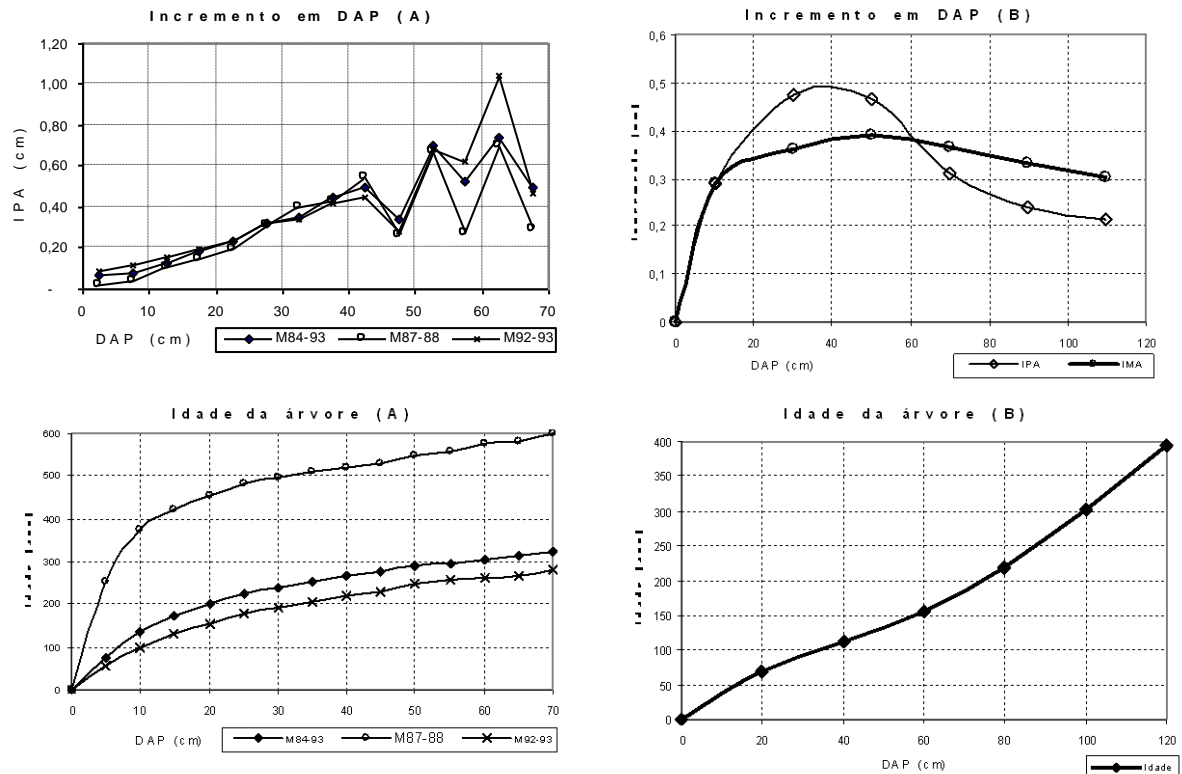
O crescimento das 2.220 árvores antes apresentadas variou no tempo em função das influências de vários fatores, indicando que uma árvore de 5cm de *DAP* poderá ter idade estimada entre 56 a 255 anos, e ao atingir 70cm uma idade entre 280 a 598 anos (Tabela 15).

Tabela 15. Variação da idade estimada de árvores a partir do incremento periódico anual em diâmetro e tempo de passagem, considerando o crescimento médio de todo o período (1984-1993) e dos períodos com crescimento mínimo (1987-1988) e máximo (1992-1993) de 2.220 árvores de uma floresta secundária do Japão

Classe <i>DAP</i> (cm)	<i>IPA</i> (cm)			Tempo de Passagem (ano)			Idade da árvore (ano)		
	<i>Méd84-93</i>	<i>Mín87-88</i>	<i>Máx92-93</i>	<i>Méd84-93</i>	<i>Mín87-88</i>	<i>Máx92-93</i>	<i>Méd84-93</i>	<i>Mín87-88</i>	<i>Máx92-93</i>
0 a 5	0,067	0,020	0,090	74,8	255,1	55,8	74,8	255,1	55,8
5 a 10	0,082	0,042	0,117	61,0	118,4	42,7	135,8	373,5	98,5
10 a 15	0,125	0,104	0,154	40,0	48,2	32,5	175,8	421,7	131,0
15 a 20	0,184	0,150	0,194	27,1	33,3	25,8	202,9	454,9	156,8
20 a 25	0,232	0,195	0,235	21,5	25,6	21,3	224,4	480,5	178,1
25 a 30	0,326	0,314	0,323	15,3	15,9	15,5	239,7	496,5	193,6
30 a 35	0,353	0,397	0,346	14,2	12,6	14,5	253,9	509,0	208,0
35 a 40	0,452	0,430	0,423	11,1	11,6	11,8	265,0	520,7	219,8
40 a 45	0,498	0,545	0,450	10,0	9,2	11,1	275,0	529,8	231,0
45 a 50	0,344	0,264	0,280	14,5	18,9	17,8	289,6	548,8	248,8
50 a 55	0,699	0,676	0,684	7,2	7,4	7,3	296,7	556,2	256,1
55 a 60	0,523	0,274	0,624	9,6	18,3	8,0	306,3	574,4	264,1
60 a 65	0,744	0,700	1,040	6,7	7,1	4,8	313,0	581,6	268,9
65 a 70	0,501	0,297	0,467	10,0	16,8	10,7	323,0	598,4	279,6

Fonte: Banco de dados do Prof. Dr. Carlos Roberto SANQUETTA da UFPR cedido para o autor. Elaborada pelo autor.

Na Figura 10A, são ilustradas as idades estimadas conforme dados apresentados na Tabela 15 de árvores da floresta secundária do Japão e, na Figura 10B, a idade de *Podocarpus rospigliosii* na Venezuela, obtido por Luna (1981) remedindo 416 árvores e citado por LAMPRECHT (1990).



Legenda: IPA = incremento periódico anual; IMA = incremento médio anual; M84-93, M87-88, M92-93= data de medição e remedição, sendo 1984-1993 média de 9 anos, e 1987-1988 (menor incremento) e 1992-1993 (máximo incremento); (A) = dados 2.220 árvores de parcela permanente de uma floresta secundária do Japão; (B) = dados 416 árvores de *Podocarpus rospigliosii* da Venezuela.

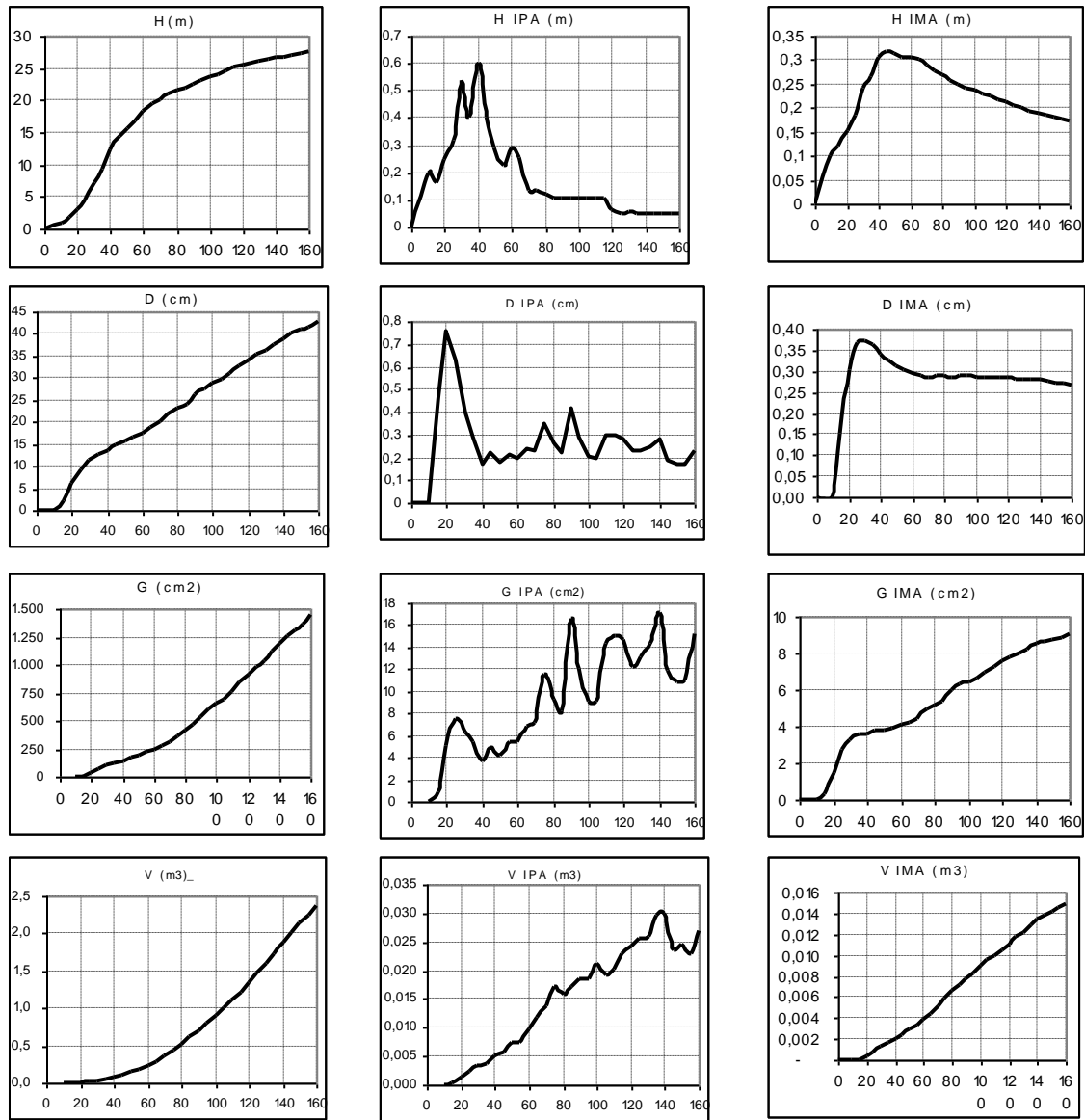
Fonte: (A) SANQUETTA (banco de dados cedido para o autor); (B) Luna (1981), citado por LAMPRECHT (1990); elaborada pelo autor.

Figura 10. Idade de árvore estimada em função de tempo de passagem de classe calculado a partir do incremento periódico anual de cada classe diamétrica.

Baseando-se nos dados apresentados, pode-se deduzir que a idade estimada em função do crescimento em diâmetro pode apresentar desvios significativos em função das condições climáticas registradas entre duas remedições e também por utilizar amostra com quantidade insuficiente de amostras, como no caso de poucas árvores com $DAP > 45\text{cm}$ presente na amostra. Por outro lado, SILVA *et al.* (1995) e SILVA (1996) constataram que, logo após a exploração comercial de madeira, a taxa de crescimento das árvores remanescentes da Floresta Nacional de Tapajós em Santarém – PA aumentou proporcionalmente à intensidade de exploração, porém, ao recompor a área basal extraída as árvores, voltaram a apresentar, num período compreendido entre 10 a 15 anos, um ritmo de crescimento semelhante ao da floresta inexplorada. MEZA *et al.* (2003) obtiveram um IPA de 0,65cm e 1,18cm, respectivamente, para floresta inexplorada e explorada da Costa Rica.

As árvores que crescem em regiões temperadas e frias, e principalmente onde apresentam estações do ano diferenciadas, apresentam anéis de crescimento facilmente

identificáveis, tornando possível calcular o crescimento em volume através de análise de tronco conforme ilustradas na Figura 11.



Legenda: H = altura, D = diâmetro à altura do peito; G = área basal; V = volume do fuste; IPA = incremento periódico anual (período de 5 anos consecutivos); IMA = incremento médio anual. Nota: Análise de tronco de pinheiro-do-paraná de Campos do Jordão – SP. Fonte: CHYO, AOKI & HARA (1982), elaborada pelo autor.

Figura 11. Curva de crescimento de *Araucaria angustifolia* em altura, diâmetro, área basal e volume com respectivos incrementos periódico anual e médio anual.

Observando as ilustrações da Figura 11, pode-se perceber que a culminação de ICA em altura ocorreu em torno de 40 anos de idade e continuam não muito bem definidos para as demais variáveis devido às oscilações nas curvas de incrementos.

Os dados referentes ao crescimento em altura da árvore de floresta tropical, por serem difíceis de serem medidos e também pouco acurados, não são citados nas literaturas com tanta frequência como as medições referentes ao diâmetro. ASSMANN (1970), citando a lei de crescimento de Backman (1943), diferenciam-se quatro fases de crescimento em altura: fase de crescimento juvenil, que estende-se desde a fase de muda até atingir o ponto de inflexão convexa em relação a eixo-X (culminação de incremento corrente anual) e que ocorre ao

atingir 15,9% da altura máxima da espécie; fase de pleno vigor, que prolonga-se desde a fase anterior até atingir ponto de inflexão côncava em relação ao eixo-X (culminação de incremento médio anual) e que ocorre ao atingir 50% da altura máxima; fase de início de senilidade ou de declinação, na qual o incremento decresce paulatinamente e ocorre ao atingir 92,1% da altura máxima; e a última a fase, que resulta na morte da árvore senescente que ocorre ao atingir 95,3% da altura máxima. Além disso, o autor ressalva que o crescimento em altura poderá variar em função dos seguintes fatores: intensidade de luminosidade em diferente fase de crescimento, competição das árvores circundantes, espécie tolerante ou intolerante à sombra e qualidade de sítio.

LAMPRECHT (1990) cita o ensaio realizado por Nicholson (1960), onde as mudas plantadas em ambiente controlado com 100, 87,5, 75 e 50% de luminosidade em relação à luz de campo aberto, após 17 meses de observações, mostraram que, das 5 espécies ensaiadas, 3 cresceram mais em ambiente com 50% de luz (*Shorea leptoclados*, *Shorea leprosur*, *Dryobalanopsis lanceolata*) e duas com 75% (*Parashorea malaanonan*, *Dipterocarpus stellatus*).

O crescimento em volume geralmente é obtido indiretamente aplicando-se equação de volume sobre os dados de medições contínuas de diâmetro e altura de uma parcela permanente. A cubagem de árvore em pé não é realizada devido à dificuldade e aos elevados custos.

3.14 Modelagem de Crescimento e da Evolução de Floresta

SANQUETTA (1996) define modelo como “uma representação física ou abstrata da forma ou função de entidades ou objetos reais”. Por outro lado, a simulação difere-se do termo modelagem por ser uma técnica para se testar as características teóricas e práticas de modelos através da avaliação de condicionantes, ou seja, as conseqüências de alterações nas situações originais em que um modelo foi concebido. Comenta, adicionalmente, que qualquer modelo é uma representação imperfeita, porém este pode ser melhorado pouco a pouco e tornar-se útil em manejo de recursos florestais.

Por exemplo, o modelo mais simples amplamente utilizado no inventário florestal é a equação de volume, desenvolvida a partir de volume de várias árvores cubadas (normalmente em torno de 200 árvores), e este ajustado em função do diâmetro (D) e da altura (H). Existem várias equações para estimar o volume de árvore da Região Amazônica, tais como, $V=a+D^b$, $V=a+bD^2H$, $V=a+bD^2+cD^2H$ e $V=a+D^b+H^c$, sendo escolhido o melhor modelo em função da qualidade dos ajustes (JANKAUSKIS, 1987; CAVALCANTI, 1992).

O modelo de equação desenvolvida para o estado de Rondônia por AMORIM (2001) foi o seguinte:

$$V_{sc} = a * D^b * H^c$$

$$V_{sc} = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H^{0,768253} * 1,00718$$

onde:

V_{sc} = volume sem casca, em metro cúbico;

D = diâmetro da árvore;

H = altura comercial do fuste;

a, b, c = coeficientes do modelo.

$1,00718$ = correção para a população finita.

O modelo mais simples para estimar o volume do fuste de árvores da floresta tropical consiste em calcular o volume do fuste considerando um cilindro perfeito e aplicar o fator de forma (FF), ou seja, $V = \pi D^2/4 * H * FF$. Tomando como exemplo uma árvore com $D=100$ cm e $H=14,53$ m, o volume estimado utilizando $FF_{cc}=0,70$ para V_{cc} e $FF_{sc}=0,63$ para V_{sc} (10% de

volume de casca) resultam $V_{cc} = 7,988\text{m}^3$ e $V_{sc}=7,189\text{m}^3$. Aplicando a equação de AMORIM (2001) sobre os dados da mesma árvore resulta $V_{sc}=7,167\text{m}^3$, sendo a diferença do volume anterior em relação a este volume de 0,32%.

CLUTTER *et al.* (1983) apresentam as seguintes equações de volume comumente usadas para estimar o volume de árvore e pesos:

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. fator de forma constante | $Y = b_1 D^2 H$ |
| 2. variável combinada | $Y = b_0 + b_1 D^2 H$ |
| 3. variável combinada generalizada | $Y = b_0 + b_1 D^2 + b_2 H + b_3 D^2 H$ |
| 4. logarítmica | $Y = b_1 D^{b_2} H^{b_3}$ |
| 5. logarítmica generalizada | $Y = b_0 + b_1 D^{b_2} H^{b_3}$ |

onde:

Y = volume do fuste;

D = diâmetro à altura do peito;

H = altura do fuste

b_0, b_1, b_2, b_3 = constantes

GOMES & VARRIALE (2001) afirmam: “*Um problema extremamente significativo em termos brasileiros é a questão da descrição de florestas, tendo como exemplos de estudo a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica, as Florestas Inundadas, assim como sistemas do tipo Cerrado e Caatinga, etc.*” Para os autores, o procedimento geral de modelagem de um conjunto de ecossistemas deve ser discutido em termos muito amplos, de forma a deixar claros sejam os procedimentos, quanto às hipóteses envolvidas, sejam as maneiras de testá-los.

VANCLAY (1994) afirma que os modelos florestais servem, principalmente, para prognosticar a produção futura de madeira de um talhão ou de um povoamento florestal e, ao mesmo tempo, prescrever tratamentos silviculturais adequados para alcançar as melhores opções de manejo florestal e, adicionalmente, para estabelecer uma política florestal. Além disso, afirma que é relativamente simples elaborar um modelo de crescimento para as plantações florestais (monoespecífico e equiânneo), porém, no caso de florestas mistas, e especialmente as tropicais, apresentam vários problemas por ser este sistema formado por centenas de espécies de diferentes portes, idades indefinidas e cada uma com um padrão de crescimento distinto.

No Brasil, utiliza-se o software Sispinus, desenvolvido pela EMBRAPA, para simular a produção florestal de plantações de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* (OLIVEIRA & AHRENS, 2005). Este modelo permite simular produção para duas espécies antes citadas em função das seguintes variáveis: índice de sítio, densidade inicial de plantio, mortalidade inicial e regime de desbaste. Permite ainda alterar a equação de volume, configurar a saída de dados contendo as variáveis dendrométricas, o número de árvores por classe de diâmetro e a produção (volume) ajustada segundo bitolas e usos (laminação, serraria, processo e ponta).

Segundo GADOW *et al.* (2001), o desenvolvimento de modelos florestais baseia-se em dois princípios fundamentais: o conhecimento exaustivo do sistema que se pretende modelar e o estabelecimento *a priori* e com maior exatidão possível dos objetivos concretos que se pretende alcançar. No sentido amplo, no âmbito florestal, o sistema é uma massa florestal ou uma árvore individual e o objetivo será determinar a evolução no tempo de uma ou várias das principais variáveis dendrométricas que definem esse sistema. Uma precisão elevada do modelo, como regra geral, é desenvolvida para um propósito específico, e quando elabora-se modelo para grandes variações de situações (generalidades) diminui-se o grau de exatidão das previsões.

Segundo SANQUETTA (1996), existem vários tipos de modelos, desde os mais fundamentais e simples até os mais complexos e sofisticados, podendo-se destacar dois tipos. O primeiro é o *modelo conceitual*, também conhecido como internamente representado, é o

que existe na mente do modelador (processo normal de pensar, ver, sentir, etc.) e permite entender o sistema e modelá-lo de modo formal. O segundo é o *modelo formal*, também conhecido como externamente representado, é expresso por palavras, figuras, equações, etc. Entre estes, destacam-se os seguintes: a) os *fluxogramas*, que representam modelos dinâmicos, geralmente com sub-modelos (interações entre componentes de um sistema, transferência de materiais dentro do sistema, seqüências de eventos no processo); b) os *gráficos* que combinam palavras, figuras, equações ou expressões matemáticas, que podem dar informações dinâmicas do sistema; c) os *matemáticos*, que usam notação matemática para dar informações estáticas ou dinâmicas do sistema, onde alguns se enfocam a sofisticação matemática, enquanto outros, a acuracidade da descrição do processo biológico, suas interpelações e componentes; d) os *simuladores por computador*, que são modelos matemáticos traduzidos para uma linguagem de computação e implementados em máquinas.

Os modelos florestais são desenvolvidos a partir de observações das florestas e de demais fatores físicos e ambientais, no espaço e no tempo (SOARES *et al.*, 1994; VANCLAY, 1994; VANCLAY *et al.*, 1994; SILVA *et al.*, 1995; SANQUETTA, 1996; GADOW *et al.*, 2001; NEEF & SANTOS, 2005; SCHAAF *et al.*, 2006). Segundo os autores antes relacionados, as observações obtidas através de inventários florestais estáticas permitem, entre outros, quantificarem as ocorrências de espécies e determinar as ocupações das árvores no espaço (fitossociologia e autoecologia), obterem dados dendrométricos (porte das árvores, distribuições em classes diamétricas, relações hipsométricas, formas e afilamento de fuste, equações de volume, etc.) e quantificar níveis de estoque (área basal, volume, potencial econômico da exploração comercial da madeira). Por outro lado, inventários dinâmicos fornecem dados sobre o crescimento das árvores e da massa florestal (curvas de crescimento e incremento, produtividade) e alterações das florestas (sucessão vegetal, recrutamento e mortalidade), dados estes obtidos de remedições de parcelas permanentes, de análise de anéis de crescimento e de sensoriamento remoto.

A floresta tropical é um ecossistema complexo e composto de número de espécies muito superior aos encontrados nas florestas temperadas e boreais (RICHARDS, 1952; GENTRY & TERBORG, 1990; HAMMEL, 1990; LAMPRECHT, 1990; PRANCE, 1990). Na modelagem, o conhecimento e aplicação de fundamentos ecológicos de um ecossistema podem determinar o sucesso ou insucesso de um modelo (SPATHELF & NUTTO, 2000; GADOW *et al.*, 2001; GOMES & VARRIALE, 2001; VANCLAY & SKOVSGAARD, 1997).

Por exemplo, o tamanho final da árvore difere de uma espécie a outra, cada uma ocupando um extrato vertical da floresta, e nem sempre as espécies apresentam uma distribuição diamétrica regular em forma de “J” invertido (JANKAUSKIS, 1987; SARAIVA, 1988; LAMPRECHT, 1990; CONDIT *et al.*, 1998). Vários fatores físicos e ambientais são também incluídos nos modelos, e, entre estes, destaca-se a altitude do terreno, solo, temperatura e precipitação pluviométrica. No modelo deve ser considerada, além do ingresso da árvore (recrutamento), a longevidade da árvore para calcular o tempo de permanência da mesma no sistema (LAMPRECHT, 1990; TECK & HILT, 1990; LIEBERMANN *et al.*, 1990; RANKIN-DE-MERONA *et al.*, 1990; ARAUJO, 1993; BEGON *et al.*, 1996; NEEFF & SANTOS, 2005; ROSE JR. *et al.*, 2005).

VANCLAY (1994) cita vários exemplos de modelos empíricos desenvolvidos para diferentes propósitos, incluindo as principais variáveis envolvidas, o nome do modelo (software) e do autor, como segue: estudos atmosféricos para determinar a produção primária total baseada em evapotranspiração, de Lieth & Box (1972); planejamento de floresta nacional (dos Estados Unidos) baseado em variáveis do povoamento (idade e área basal), de Clutter (1963); planejamento regional baseado em árvores individuais (espécies e porte), do software Prognosis de Stages (1973); estudos silviculturais baseados em copas das árvores, do

software TASS de Mitchel (1975); estudos silviculturais e de preservação baseados em características da madeira (copa, espessura de anel de crescimento, densidade da madeira), do software SYLVER de Mitchel (1988). Além desses, listam-se estudos ecológicos baseados em árvores individuais, do software JABOWA de Botkin (1993); ciclagem de nutrientes baseada em árvores individuais, do software FORCYTE de Kimmins (1988) e estudos fisiológicos baseados em biomassa florestal, copa e raiz (biomassa, fotossíntese e respiração), de Sievänen *et al.* (1988).

No Brasil, a EMBRAPA vem utilizando o “CAFOGROM3” (CPATU Amazon Forest Growth Model, Version 3) para o manejo de floresta de terra firme da Região Amazônica (ALDER, 1998; ALDER & SILVA, 2000). Este modelo foi concebido baseando-se no NORM - North Queensland Rainforest Model, descrito por Vanclay (1989), e foi desenvolvido tomando-se como base os dados de remediações de 96 parcelas permanentes instaladas em áreas exploradas e inexploradas da Floresta Nacional de Tapajós e, mais recentemente, também das 40 parcelas de Jarí. A base de dados de CAFOGROM3 é constituída de 52.320 árvores com 217.991 medições, 13.407 mortalidades, 16.405 recrutamentos observados e 168.480 medições de incremento. Foram envolvidas 486 espécies, das quais 18 com mais de 500 árvores, 98 com mais de 100 e 316 com mais de 10 árvores, sendo encontradas 5.080 árvores não-identificadas.

As espécies foram agrupadas, segundo ALDER & SILVA (2000), tomando como base 5 atributos: valor comercial, dominância média, incremento médio, mortalidade média, e tamanho máximo da árvore (D_{max}). Os dados de CAFOGROM3 encontram-se enquadradas em 5 categorias (A, B, C, D, E), estas compostas de 54 grupos com espécies principais (CAG - *Carapa guianensis*, *Brosimum parinarioides*, *Copaifera multijuga*; BRG - *Brosimum guianensis*, *Virola cuspidata*, *Parinari excelsa*; GES - *Geissospermum sericeum*, *Eschweilera amara*, *Carytophora rimosa*; ...; etc.), valor comercial (Cat. A e B com valor e C, D e E sem valor), número de espécies por grupo, número de observações, dominância (em %), incremento diamétrico de árvores suprimidas e dominantes ($\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$), taxa de mortalidade anual (%), frequência por classe de diâmetro (5-24, 25-44, 45-64 e 65+).

Aplicando-se o modelo CAFOGROM3, para um ciclo de corte de 30 anos (sistema policíclico) e diâmetro mínimo de corte de 45cm, poderá ser obtido um rendimento sustentado, por hectare, de 25m^3 de madeira comercial, removendo 2 a 3m^2 de área basal ou 4 a 6 árvores por ciclo, resultando em um incremento médio anual de $0,83\text{m}^3$ (ALDER & SILVA, 2000).

Existem também outros modelos de produção florestal desenvolvidos no Brasil, como o software SIMFLORA (VALLE & VAN GARDINGEN, 2003; AZEVEDO, 2006), modelo de produção para floresta nativa (SCOLFORO *et al.*, 1996) e o desenvolvido por NEEFF & SANTOS (2005) que, incluindo fatores edafoclimáticos, permite avaliar, no espaço, o crescimento de floresta primária e secundária da Região Amazônica. VANCLAY *et al.* (1997) desenvolveram o modelo “PFAs – plant functional attributes”, através do qual, incluindo variáveis como o tamanho da copa e sua inclinação, altura comercial, presença de lenticelas e tecidos com clorofila no tronco, obteve resultados promissores para determinar a classe de sítio e a sua produtividade.

Na modelagem de produção florestal, também devem ser incluídas as metodologias aplicadas em estudos demográficos e ecologia de populações (TECK & HILT, 1990; BEGON *et al.*, 1996; SILVERT, 1997; URBAN, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2004; SPANGLER, 2005; ROSE JR. *et al.*, 2006). A população florestal difere da população animal em vários aspectos, sendo as principais os seguintes: população animal constituída de machos e fêmeas, enquanto as árvores da floresta tropical as espécies são dióicas; a variação da população animal ocorre em função da fecundidade, da mortalidade, do movimento migratório e da cadeia alimentar, enquanto que a das árvores depende da regeneração natural, da mortalidade e de ciclagem de

nutrientes dentro de um espaço físico fechado. No entanto, existem metodologias similares que podem ser aplicadas para os estudos populacionais tanto dos animais como dos vegetais.

3. 15 Modelo de Crescimento de Bertalanffy

Segundo DRAPER & SMITH (1981), o modelo de crescimento é mais *mecânico* que *empírico*, e teve sua origem baseada nos fundamentos de que a taxa de crescimento para um tempo particular t é diretamente proporcional à quantidade de massa total que pode ser alcançada. Assim, denotando o valor assintótico como α e ω como o seu tamanho ou porte no tempo t , têm-se:

$$d\omega/dt = k(\alpha - \omega)$$

onde k é taxa constante de padrão de crescimento. Integrando essa equação tem-se:

$$\omega = \alpha(1 - \beta e^{-kt})$$

que é conhecida como função de crescimento *monomolecular* e não apresenta ponto de inflexão (isto é, não ocorre mudança de sinal na derivada segunda $d^2\omega/dt^2$) e com taxa de crescimento decrescente, foi apresentado por F. G. Gregory em “Studies in the energy relations of plants, II” publicado em *Annals of Botany*, **42**, 1928, 469-507.

Dando seqüência, o modelo anterior evolui dando surgimento ao novo modelo baseando-se nos fundamentos que a taxa de crescimento, para $k > 0$, como sendo:

$$d\omega/dt = k\omega(\alpha - \omega)/\alpha$$

que apresenta taxa de crescimento proporcional ao produto do tamanho atual e quantidade futura de crescimento, tornando α fator limitante de crescimento, podendo perceber a taxa relativa ao presente tamanho, $(d\omega/dt)/\omega$ decresce linearmente com o aumento de ω . Integrando essa equação, têm-se:

$$\omega = \alpha / (1 + \beta e^{-kt})$$

que é conhecida como função *logística* ou *autocatalítica*. A curva toma a forma sigmoideal e sempre com valor positivo, e a sua derivada segunda

$$d^2\omega/dt^2 = k/\alpha(\alpha - 2\omega)$$

é positiva para $\omega < (1/2)\alpha$, iguala a zero no ponto de inflexão quando $\omega = \omega_I = (1/2)\alpha$, e passa a ser negativo para $\omega > (1/2)\alpha$.

Adicionalmente, o mesmo autor apresenta outra forma de função logística:

$$\eta = \delta - \ln(1 + \beta e^{-kt})$$

apresentada por J. A. Nelder em “The fitting of a generalization of the logistic model curve” publicado em *Biometrics*, **17**, 1961, 89-110, que também apresenta uma curva sigmoideal como o modelo anterior, porém a escala vertical fica alterada devido à transformação logarítmica.

O modelo de crescimento de Ludwig von Bertalanffy utilizado nesta tese, segundo DRAPER & SMITH (1981), teve origem nos trabalhos “Sotffwechslytypen and Wachstumstypen”, publicado em *Biol. Zentralbl.*, **61**, 1941, 510-532 e “Quantitative laws in metabolism and growth”, publicado em *Quarterly Review of Biology*, **32**, 1957, 218-231, e o seu modelo apresentava a seguinte forma:

$$\omega = \{ \alpha^{1-m} - \theta e^{-kt} \}^{1/(1-m)}$$

impondo limites sobre m . Posteriormente, F. J. Richards, em “A flexible growth function for empirical use”, publicado em *Journal of Experimental Botany*, **10**, 1959, 290-300, propôs novos valores para m do modelo de Bertalanffy apontando os seguintes fatos:

1. Quando $m=0$, é obtida a função monomolecular com definição para $\theta = \alpha\beta$;
2. Quando $m=2$, é obtida a função logística com definição para $\theta = \beta/\alpha$;
3. Quando $m \rightarrow 1$, a curva toma forma de curva de Gompertz;
4. Quando $m > 1$, θ é negativo e quando $m < 1$, θ é positivo.

SANQUETTA (1996), na sua abordagem sobre a equação de crescimento, cita, entre as empíricas (definidas como sendo aquelas que descrevem o comportamento das variáveis dependentes sem hipóteses associadas de casualidade ou explanação de um fenômeno), os modelos mais amplamente usados:

$$\Delta D/\Delta t = a + bD + cD^2$$

$$\ln(\Delta D/\Delta t) = a + (1/D)$$

onde $\Delta D/\Delta t$ é o incremento absoluto em diâmetro, porém adverte que essas equações podem apresentar, respectivamente, resultados absurdos e estimativas de crescimento indefinido. Por outro lado, as equações teóricas, que tem uma hipótese associada à casualidade ou à explanação do fenômeno descrito pela variável dependente e que são mais conhecidas, são as seguintes:

$$Y = A[1 - \exp(-kt)] \quad \text{Monomolecular ou de Mitscherlich}$$

$$dY/dt = k(A - Y)$$

$$Y = A/[1 - b \exp(-kt)] \quad \text{Autocatalítica ou logística}$$

$$dY/dt = kY(A - Y)$$

$$Y = a \exp[-b \exp(-kt)] \quad \text{Gompertz}$$

$$dY/dt = kY \ln(A/Y)$$

$$Y = A[1 - b \exp(-kt)]^c \quad \text{Bertalanffy ou Chapman-Richards}$$

$$dY/dt = nY^m - pY$$

onde:

Y representa o tamanho do organismo;

A representa o tamanho máximo ou assíntota;

t o tempo;

b , c e k são constantes;

e apresentam observações a respeito da equação de Bertalanffy onde n , m e p podem ser expressos como funções de A , c e k .

Segundo SANQUETTA (1996), a equação de Bertalanffy é um caso especial da equação de Bernoulli, que é uma das poucas equações não-lineares que podem ser resolvidas de modo fácil. Originalmente desenvolvidas para animais, o autor argumentou, na época, que o crescimento animal em peso pode ser representado por processos de síntese e degradação dos materiais de formação mais certo número de fatores intermediários que podem influenciar o processo. Assumiu que os processos de anabolismo (síntese) e catabolismo (degradação) podem ser expressos na sua forma original por:

$$dW/dt = aW^b - cW^d$$

onde:

W corresponde ao peso do organismo;

b e d são as constantes de anabolismo e catabolismo, respectivamente;

a e c são as outras constantes alométricas.

Ainda, o catabolismo poderia ser expresso diretamente proporcional ao peso em caso de animais e pequenos desvios da unidade em d teriam pouco efeito na forma da relação, propondo a seguinte simplificação:

$$dW/dt = aW^b - cW$$

O coeficiente b poderia variar de 2/3 a 1, mas geralmente 2/3 seria um valor apropriado para animais superiores. Richards (1959), estudando o crescimento de plantas, conforme antes citados, e Chapman (1961), estudando peixes em "Statistical problems in populations dynamics", publicado nos *Anais do Fourth Berkeley Symp. Math. Stat. And Prob.* Publicado pela Univ. Calif. Press, Berkeley, 1961, p. 153-168, reportaram que a constante alométrica 2/3 era muito restritiva e propuseram um valor variável para b , sendo este aspecto discutido em detalhe por L. V. Pienaar & K. J. Turnbull em "The Chapman-

Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands", publicada em *For. Sci.*, **19(1)**: 2-22 de 1973 (SANQUETTA, 1996).

Dos modelos de crescimento apresentados, o modelo de Bertalanffy é amplamente usado na ciência florestal e nas demais (SANQUETTA, 1996; COLBERT *et al.*, 2004) e, segundo LEI & ZHANG (2004), foi aplicado em cerca de 90% das literaturas referentes à modelagem de crescimento e incremento de florestas.

O modelo de crescimento de Bertalanffy tem vantagem por apresentar um valor de $y=0$ para valor de $t=0$ e, além disso, por apresentar ponto de inflexão (culminação de incremento corrente, pela derivada segunda), ponto de tangente (culminação de incremento médio) de organismo vivo e por não apresentar um valor máximo estimado de um organismo que não ultrapassa o seu valor assintótico, ou seja, $y \leq a$ (DRAPER & SMITH, 1981; CLUTTER *et al.*, 1983; VANCLAY, 1994; SANQUETTA, 1996; LEI & ZHANG, 2004; BRITO *et al.*, 2007). Este modelo tem sido muito utilizado para o crescimento de peixes, mamíferos e plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2007). O fato deste modelo não ser muito aplicado no meio acadêmico nas décadas passadas deve-se à pouca familiaridade de uso de computadores, ausência de modelos não-lineares em alguns softwares estatísticos, além da necessidade de alimentar o software com os valores aproximados dos coeficientes do modelo para dar início o processo de iterações matemáticas de Marquardt, sendo considerados tediosos pelos pesquisadores quando as iterações são repetidamente abortadas, devido à alimentação dos valores iniciais de qualquer um dos coeficientes de maneira inadequada (DRAPER & SMITH, 1981; COLBERT *et al.*, 2003; LEI & ZHANG, 2004).

Segundo SANQUETTA (1996), o mesmo desenvolveu uma modificação na **equação logística** por meio da generalização dos coeficientes k e D_{max} em função do tempo t na sua tese de doutorado, obtendo curva flexível capaz de descrever diferentes comportamentos em termos de crescimento, onde a curva de incremento absoluto $=dD/dt$ poderá apresentar variações tanto no eixo y como no eixo x ou nos ambos combinados.

Além das considerações apresentadas sobre modelagem, SANQUETTA (1996) recomenda ler e estudar as seguintes publicações relacionadas com o crescimento: von Bertalanffy (1942), Shinozaki (1956), Assmann (1961), Turnbull (1963), Pienaar (1965), Leary (1970, 1979), Furnival & Wilson (1971), Munro (1974), Hann (1980), Wright (1980), Leech & Ferguson (1981), Sweda & Koike (1981), Vanclay (1983) e Waldrop (1986).

3. 16 Procedimentos para Desenvolvimento de Modelo de Crescimento

Por último, VANCLAY & SKOVSGAARD (1997), ALDER (1998), GADOW *et al.* (2001) e GOMES & VARRIALE (2001) recomendam observar os seguintes aspectos para o procedimento de modelagem: conceituação, escolha de tipo de modelo, calibração e verificação, e validação dos modelos desenvolvidos.

Qualquer estimativa da produção futura baseia-se na modelagem do sistema de produção, onde os processos produtivos são descritos de maneira simplificada, baseando-se nos conhecimentos adquiridos das observações e estudos de fatores de produção (SANQUETTA, 1996; SPATHELF & NUTTO, 2000; GADOW *et al.*, 2001; GOMES & VARRIALE, 2001; VANCLAY, 2003). Este tema foi tomado como objetivo desse trabalho, visando propiciar uma visão geral sobre os modelos e a modelagem relacionados com o crescimento e a produção florestal em geral e especificamente sobre a floresta ombófila aberta da Reserva Extrativista Aquariquara (Resex Aquariquara), localizada no município de Machadinho D'Oeste, estado de Rondônia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A Reserva Estadual Extrativista Aquariquara (Resex Aquariquara), com 18.100ha de área, criada pelo Decreto Estadual nº 7.106 de 8 de setembro de 1995 (ECOPORÉ (1996), localiza-se na Região Amazônica do Brasil, ao nordeste do estado de Rondônia, no município de Machadinho D'Oeste, entre as latitudes 9°35'27'' e 9°47'17'' sul e longitudes 61°58'32'' e 62°00'19'' oeste (Figura 12).

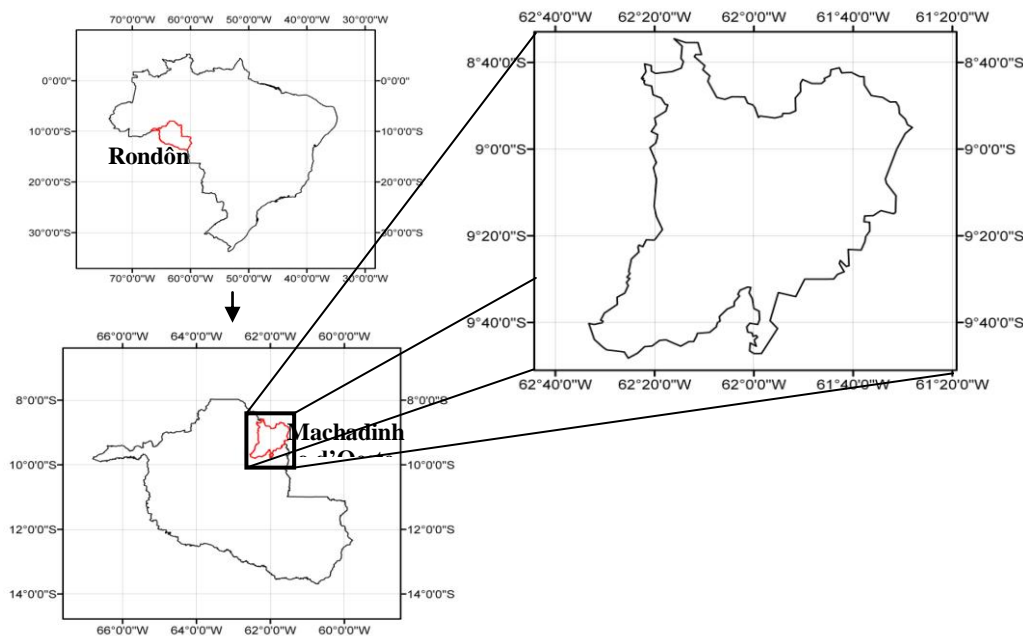


Figura 12. Localização do município de Machadinho D'Oeste – Rondônia.

Situada na Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná, tendo pela margem direita a sub-bacia do Rio Machadinho com igarapés de pequeno porte em toda a área, apresenta uma altimetria em torno de 200 metros. Referem-se ao Pré-cambriano Superior e Médio a Superior e compreende Domínio Morfoclimático em Planaltos e Depressão Dissecados e Superfícies Pediplanadas da Depressão Interplanática da Amazônia Meridional (ECOPORÉ, 1996; BACCI, 2005).

Segundo BACCI (2005), os rios na região são meândricos encaixados e são nitidamente controlados por elementos estruturais de natureza tectônica. As drenagens secundárias apresentam padrão dendrítico, subdendrítico e algumas sub-bacias têm sua drenagem angular, com forte orientação tectônica orientada, algumas com forma de candelabro.

Ocorre nessa área uma associação de Latossolo Vermelho Escuro relevo suave ondulado com Latossolo Vermelho Escuro fase pedregosa II, rochosa relevo ondulado, ambos distróficos A moderado, textura argilosa fase floresta equatorial subperenifólia. Apresenta

como principais inclusões Podzólico (atual Espodossolo) Vermelho Escuro Eutrófico Tb textura média com cascalho/argilosa com cascalho fase moderadamente rochosa floresta equatorial subpernifólia relevo suave ondulado e Afloramento de Rocha (ECOPORE, 1996). Segundo BACCI (2005), ocorre na região associação de Latossolo Amarelo e Plintossolo Argilúvico. Podem ocorrer também Cambissolos e solo litólicos, porém não descritos até o momento.

Análise de solos de amostras retiradas de diferentes locais cultivados com pupunha, feijó e castanha-do-brasil, das proximidades da Resex Aquariquara, apresentaram as seguintes variações para profundidade entre 0 a 30cm: *pH* em água (1:2,5) entre 4,13 a 4,45; *P* entre 1,50 a 5,00mg.kg⁻¹; *K* entre 0,05 a 0,16cmol_c.kg⁻¹; *Ca* entre 0,23 a 2,15cmol_c.kg⁻¹; *Ca+Mg* entre 0,45 a 2,85cmol_c.kg⁻¹; *Al+H* entre 6,60 a 8,25cmol_c.kg⁻¹; *Al* entre 0,85 a 2,91cmol_c.kg⁻¹ e matéria orgânica entre 19,6 a 46,9g.kg⁻¹ (BACCI, 2005).

O clima da região é do tipo *Am* segundo o sistema de Köppen, e os dados disponíveis de Porto Velho indicam uma precipitação anual em torno de 2300mm, com um período de estiagem entre os meses de junho a agosto e precipitação mensal inferior a 50mm. As temperaturas médias, máximas e mínimas anuais oscilam, respectivamente, em torno de 25°C, 32°C e 19°C (ECOPORE, 1996).

4.2 Base de Dados Primários

Para a simulação, foram utilizados os dados de inventário florestal de uma área 67,5ha da Resex Aquariquara (ECOPORE, 1996). Constituem de censo de 1.061 árvores com *DAP* ≥ 40cm, com as seguintes informações de cada árvore: localização nas coordenadas *x* e *y*, nome vulgar, diâmetro à altura do peito, altura comercial, qualidade de fuste, estado físico da árvore, sendo coletado o material botânico para a identificação da espécie no laboratório.

4.3 Processamento de Dados Primários

As árvores inventariadas da Resex Aquariquara foram processadas aplicando-se a equação de volume desenvolvido por AMORIM (2001), a partir das árvores cubadas no inventário florestal do Zoneamento Econômico e Ecológico do estado de Rondônia.

4.4 Modelo de Crescimento de Bertalanffy Aplicado na Modelagem de Crescimento de Árvores Individuais da Resex Aquariquara

Para estimar o crescimento de árvores individuais das árvores da Resex Aquariquara, foi selecionado o modelo de crescimento de Bertalanffy (DRAPER & SMITH, 1981), que será mencionado de forma abreviada (*MCB*). Este modelo é uma regressão não-linear e será utilizado na forma proposta por Richard, conforme DRAPER & SMITH (1981) e SANQUETTA (1996), que apresenta o seguinte formato:

$$y = a [(1 - e^{-bt})^c]$$

A equação de Bertalanffy será expressa a seguir no formato que permite transferir as fórmulas apresentado no software de texto World[®] diretamente para a planilha de cálculo Excel[®], ambos da Microsoft[®] como segue:

$$y = a * ((1 - e ^ (-b * t)) ^ c)$$

onde:

- y = valor calculado da variável pelo modelo para a idade t ;
- a = coeficiente a do modelo. Representa o valor assintótico da variável y ;
- e = exponencial de logaritmo neperiano igual a 2,71828182845905;
- b = coeficiente b do modelo. Expressa a velocidade de crescimento da árvore, e no modelo é um número negativo ($-b$);
- t = idade de organismo. Neste trabalho, medida em ano;
- c = coeficiente c do modelo. Expressa o afastamento do ponto de inflexão da curva de crescimento em relação ao eixo y , ou seja, indica o nível de competição e/ou hábito de crescimento na fase inicial e juvenil da árvore.

Os coeficientes do *MCB* foram ajustados baseando-se nos dados médios de crescimento de árvores das espécies esciófilas de florestas higrófilas das regiões tropicais (ALDER, 1980; BORMANN & BERLYN, 1981; GRAAF, 1986; HIGUCHI, 1987; SILVA, 1989; LAMPRECHT, 1990; ALDER & SILVA, 2000; MEZA *et al.*, 2003) e consubstanciadas com as informações das literaturas (Seção 3.13), onde foram assumidos os seguintes valores e impostos os seguintes condicionantes:

- a)- o valor do coeficiente a do *MCB* para o D (diâmetro) será a própria base das respectivas classes de D_{max} , ou seja, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 e 240;
- b)- o valor do coeficiente a do *MCB* para a G (área basal) será obtido transformando-se cada um dos diâmetros anteriores em área basal: $G = \pi D^2/40.000$;
- c)- o valor do coeficiente a do *MCB* para a H (altura) será obtido transformando-se cada um dos diâmetros anteriores em altura aplicando-se a seguinte equação: $Ln H = 0,948527 + 0,375163 * Ln D$;
- d)- o valor do coeficiente a do *MCB* para o V (volume) será obtido transformando-se cada um dos diâmetros e alturas anteriores aplicando-se a seguinte equação: $V = 0,0000901099 * D^2,002525 * H^0,768253 * 1,00718$;
- e)- o valor do coeficiente c de *MCB* para o D será ajustado para atingir, na idade de sua culminação, um incremento médio anual igual a 0,50cm, independentemente das classes de D_{max} ;
- f)- o valor do coeficiente c do *MCB* para a G (área basal) será obtido em função da relação linear entre D e G baseando-se na equação $G = \pi D^2/40.000$;
- g)- o valor do coeficiente c do *MCB* para a H (altura) será obtido em função da relação linear entre D e H baseando-se na equação $Ln H = 0,948527 + 0,375163 * Ln D$;
- h)- o valor do coeficiente c do *MCB* para o V (volume) será obtido em função da relação linear entre D e H e D e V , baseando-se, cumulativamente, nas equações $Ln H = 0,948527 + 0,375163 * Ln D$ e $V = 0,0000901099 * D^2,002525 * H^0,768253 * 1,00718$;
- i)- a idade de culminação de incremento médio anual (I_{IMA}) em V será ajustado para apresentar um valor correspondente ao dobro do valor da base da classe de D_{max} , ou seja, para $D_{50}=100$ anos, $D_{60}=120$ anos, $D_{70}=140$ anos, ..., $D_{120}=240$ anos e $D_{240}=480$ anos;
- j)- o valor do coeficiente b do *MCB*, distinto para cada classe de D_{max} , foi obtido através de iterações matemáticas em função dos valores do coeficiente a e c das variáveis diâmetro e volume, tomado em conjunto;
- k)- a idade (I) de cada uma das 1.061 árvores da Resex Aquariquara, será obtido aplicando-se a seguinte equação: $t = Ln(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / -b$;
- l)- a idade relativa (IR) da árvore será obtida aplicando-se a seguinte fórmula: $IR = I/I_{IMA}$, onde I = idade da árvore estimada para a ocasião do inventário, ou seja,

- no horizonte temporal zero (T_0) e I_{IMA} conforme definido no item i;
- m)- a altura estimada (H_{est}) do item c de cada árvore será corrigida multiplicando-a pelo seguinte fator de correção: $F_c = H_{obs} / H_{est}$, onde H_{obs} é a altura medida no inventário e H_{est} é a altura de estimada pelo *MCB* para a mesma idade nominal;
 - n)- de posse do valor do coeficiente a da altura do *MCB* corrigido, será corrigido o valor do coeficiente a do volume de cada árvore, aplicando-se a seguinte equação: $V = 0,0000901099 * D^2,002525 * H^{0,768253} * 1,00718$, onde $D = D_{max}$ da classe e $H =$ coeficiente a da altura corrigida conforme item anterior.

As metodologias antes mencionadas de maneira sucinta poderão ser mais bem compreendidas ao analisar os resultados apresentados na seção 5.1, que refere-se aos estudos do modelo de crescimento de Bertalanffy (*MCB*) e da seção 5.2, que apresenta de maneira pormenorizada o modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (*MCBC*) desenvolvido nessa tese. Como nesta tese estão envolvidos tanto o estudo do modelo como desenvolvimento do modelo para ser aplicado na modelagem da dinâmica de crescimento de uma floresta (da Resex Aquariquara tomada como base), pode-se considerar que os resultados em si apresentados constituem parte integrante da própria metodologia.

4.5 Agrupamento de Espécies em Classe de Diâmetro Máximo (D_{max})

Baseando-se nos fundamentos do *MCB* estudados, foi considerado mais adequado agrupar as árvores em classe de tamanho máximo atingido pelas árvores, tais como em classes de diâmetro, este utilizado com maior frequência na ciência florestal, ou ainda em classes de altura, de área basal e de volume. O agrupamento das árvores em classes de tamanho máximo ou assintótico, tomando como parâmetro o diâmetro máximo (D_{max}) atingido pelas distintas espécies, é utilizado em vários modelos de crescimento de floresta tropical (ISEM, 1997; LOFFEIER et al., 1997; ALDER, 1980 e 2006; VANCLAY, 1994; CONDIT et al., 1998, GADOW et al., 2001).

Como argumento para agrupar as árvores em classes de D_{max} , pode-se citar que um exemplar de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) com um diâmetro de 60cm deve ser considerado relativamente jovem na Resex Aquariquara, que abriga árvores dessa espécie com um diâmetro máximo de 238cm. Em contraste, uma árvore de caraempé-roxo (*Licania octandra* (Hoffm. ex Roem. & Schult.) Kuntze) com mesmo diâmetro de 60cm deveria ser considerada uma árvore adulta, uma vez que, apesar de ser espécie relativamente abundante, não foi encontrado nenhum indivíduo dessa espécie com diâmetro superior a 70cm na Resex Aquariquara e nem no inventário florestal, abrangendo todo o estado de Rondônia, realizado por AMORIM (2001). Como o coeficiente a do *MCB* representa o valor assintótico de qualquer variável dendrométrica da árvore, agrupando-se as árvores em classes, é possível, no manejo florestal, definir, por exemplo, o porte relativo ou absoluto onde as árvores dessa classe apresentam máxima produtividade.

Para enquadrar cada espécie encontrada na Resex Aquariquara em classe de D_{max} , foram consultadas três fontes de inventário florestal: a) censo de uma área de 67,5ha do Talhão 1 da Resex Aquariquara (ECOPORÉ, 1996); b) inventário florestal de 1995ha da Resex Aquariquara (ECOPORÉ, 1996); c) inventário florestal do estado de Rondônia (AMORIM, 2001). O maior diâmetro encontrado de cada espécie dessas três fontes foi aproximado para a dezena inteira superior, e este assumido como sendo o diâmetro assintótico (D_{max}) dessa espécie (ex. maior diâmetro encontrado em Rondônia = 48,7cm $\rightarrow D_{50}$). Baseando-se nesse procedimento, todas as árvores da área de estudo foram agrupadas em classes de D_{max} com intervalo de 10cm, como segue: D_{50} , D_{60} , D_{70} , D_{80} , D_{90} , D_{100} , D_{120} e D_{240} .

4. 6 Idade Nominal da Árvore Estimada e Idade Relativa (IR)

A idade nominal de cada árvore da Resex Aquariquara foi estimada aplicando-se a seguinte equação derivada do modelo de crescimento de Bertalanffy:

$$I = \text{Ln}(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / -b$$

onde:

I = idade da árvore (ano);

Ln = logaritmo neperiano;

y = diâmetro da árvore apresentado na ocasião do inventário florestal (T_0);

a = valor do coeficiente a do MCB para o diâmetro da classe de D_{max} ;

c = valor do coeficiente c do MCB para o diâmetro;

b = valor do coeficiente b do MCB para o diâmetro da classe de D_{max} .

A idade nominal de cada árvore por classe de D_{max} foi transformada em idade relativa (IR) aplicando-se a seguinte fórmula:

$$IR = I / I_{IMA}$$

onde:

IR = idade relativa;

I = idade da árvore (ano);

I_{IMA} = idade de culminação em incremento médio anual em volume da classe de D_{max} .

A IR indica a razão entre a idade da árvore e a idade da mesma quando apresentaria a máxima produtividade em volume de madeira. Assim sendo, uma árvore que apresenta uma $IR < 1,00$ indica que esta árvore não atingiu a idade de máxima produtividade volumétrica e, ao contrário, sendo $IR > 1,00$, já ultrapassou a idade de culminação em IMA de volume.

4. 7 Estimativa da Idade de Morte de Conjunto de Árvore e de Árvores Individuais

Para estimar a idade de sobrevivência (ou da mortalidade) de árvores adultas, foi adotada uma metodologia mista, considerando por um lado o método de morte progressiva da árvore por classe etária, obedecendo à curva descendente de número de árvores por classe de idade (BEGON *et al.*, 1996; ALDER & SILVA, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2004), e por outro lado a “hipótese de desenvolvimento específico”, de LAMPRECHT (1990) e a “teoria de modelo de tubo” (pipe model theory) de SHINOZAKI *et al.* (1964 e 1964a).

A hipótese de Lamprecht baseia-se no princípio de que poucos indivíduos que se regeneram sobrevivem até atingir o dossel superior, e, quando atingem esse porte, ocupam essa área por décadas e até séculos, até a morte por envelhecimento. Nesse período, mesmo que produzindo um número reduzido de descendentes, a permanência dessas espécies, na maioria das vezes pouco abundante, é garantida. Estas espécies, com distribuição irregular de indivíduos nas classes diamétricas, coexistem com as espécies que se regeneram continuamente ao longo do tempo, portanto, apresentam estruturas diamétricas regulares.

O modelo de Shinozaki vem sendo aplicado em várias áreas, entre outras, envolvendo questões de engenharia (transporte de fluídos e logística), na medicina relacionada à fisiologia e também na área florestal envolvendo as questões de fisiologia e dendrometria. Este modelo tem como princípio que um tubo pode apresentar ramificações, porém a soma dos valores de fluxos (massa) de tubos ramificados não pode ultrapassar o valor do fluxo apresentado antes dessas ramificações. Além disso, o tubo ramificado termina num dado local do espaço (por exemplo, na irrigação agrícola nos aspersores, veias do corpo de animal transportando sangue nas células e o tronco ramificado em galhos e estes terminando em folhas, etc.). Por último, o

tubo pode apresentar ponto de “gargalo ou afilamento” onde limita ou impede a passagem de fluxo (SHINOZAKI *et al.* 1964 e 1964a).

Para estimar a idade de sobrevivência de árvores da Resex Aquariquara, estas foram agrupadas em classes de IR com amplitude de classe igual a $1/10$ de I_{MA} , ou seja, $IR_{0 \rightarrow 0,09}$, $IR_{0,10 \rightarrow 0,19}$, $IR_{0,20 \rightarrow 0,29}$..., e foi elaborada a tabela de frequência de número de árvores tomando-se como referência o centro de cada classe ($IR_{0,05}$, $IR_{0,15}$, $IR_{0,25}$, ...) para cada classe de D_{max} , e sobre esta foram aplicados os seguintes métodos:

- a)- Quando foi encontrada uma árvore isolada em qualquer classe de IR , por exemplo, $IR_{1,35}=0$, $IR_{1,45}=2$, $IR_{1,55}=0$, ou seja, ausência de árvore tanto na classe anterior como no posterior, foram aplicados o princípio de Lamprecht (regeneração esporádica ou descontínua) e o modelo de Shinozaki (tubo independente alimentando somente aquela classe ($IR_{1,45}$) e que termina na mesma classe). Assim, essas 2 árvores entram no sistema com 40cm de diâmetro, chegam de maneira independente até a classe de $IR_{1,45}$ e saem do sistema (morre) no limite superior dessa classe;
- b)- a presença de árvores em classes de IR sucessivas indica que a regeneração ocorre de forma contínua. Neste caso, foi assumido que a árvore de uma dada classe de IR passará para a classe superior condicionada à teoria de modelo de tubo, ou seja, somente permite a passagem de um número máximo de árvore equivalente ao tamanho do tubo (frequência de número de árvores presente em cada classe de IR), e o número de árvore restante que não consegue avançar morre no limite superior dessa classe. Tomando-se como exemplo as classes sucessivas de $IR_{1,05}$, $IR_{1,15}$, $IR_{1,25}$, respectivamente com 10, 5 e 1 árvores, conforme método aplicado, resulta: das 10 árvores da primeira classe, 5 morrem no limite superior da classe ($IR_{1,05}$), 5 avançam para a segunda classe onde 4 morrem no limite superior da classe ($IR_{1,15}$) e 1 avança para morrer no limite superior da última classe ($IR_{1,25}$), e de maneira análoga, das 5 árvores da segunda classe, 4 morrem no limite superior dessa classe ($IR_{1,15}$) e 1 avança para a última classe para ali morrer ($IR_{1,25}$), resultando em um total de 3 árvores mortas na classe de $IR_{1,25}$, 8 árvores na classe de $IR_{1,15}$ e 5 árvores na classe de $IR_{1,05}$, o que está de acordo com o modelo de tubo de Shinozaki e colaboradores, devido ao afilamento de tubo à medida que avança de classe de IR ;
- c)- pode ocorrer também uma situação mista incluindo os dois casos anteriores, como no caso de $IR_{0,75}$, $IR_{0,85}$, $IR_{0,95}$ abrigarem, respectivamente com 5, 7 e 1 árvores, onde fica evidente que duas árvores da segunda classe ($IR_{0,85}$) constituem exemplares de espécie com regeneração esporádica e que chegam até aquela classe por um “tubo” independente, pois na classe anterior ($IR_{0,75}$) existem 5 árvores, número este menor que as 7 árvores da classe posterior ($IR_{0,85}$);
- d)- o critério utilizado para decidir quais são as árvores que devem avançar de classe e/ou que devem ficar na classe foi aleatório, distribuindo-as de acordo com a seqüência da entrada de cada árvore no inventário florestal;
- e)- foi assumido que uma árvore morta será substituída pela outra árvore da mesma espécie e com os mesmos atributos (relação hipsométrica e qualidade de fuste), e como no modelo foi considerada uma população de árvores com $DAP \geq 40$ cm, entrará no sistema com diâmetro igual ou superior a 40cm.

Baseando-se na idade relativa de morte de cada árvore por classe de D_{max} , foi elaborada a tabela de sobrevivência a partir de tábua de vida baseado na distribuição de árvores nas classes de idade relativa.

4.8 Saída e Ingresso das Árvores no Sistema

A IR de morte de cada árvore foi transformada em idade nominal de morte de acordo com a classe de D_{max} , e enquadrada em classe de longevidade. Por exemplo, uma árvore da $IR_{1,45}$ sobreviveria até a idade de 150, 180 e 210 anos de idade, caso pertencesse, respectivamente, às classes de D_{50} , D_{60} e D_{70} por apresentar, conforme definido na seção 4.4. “j”, I_{IMA} em volume de 100, 120 e 140 anos.

Estimada a idade de sobrevivência (idade da morte), sendo esta definida como idade de saída (I_s) do sistema, foi calculado o tempo de permanência (TP) de cada árvore no sistema. Em primeiro lugar, foi calculado o TP das árvores da geração atual da Resex Aquariquara inventariadas no ano T_0 , que apresentarão idade I_{T0} e permanecerão dentro do sistema até a sua saída, logo $TP = I_s - I_{T0}$.

Como a população estudada é composta de árvores com $DAP \geq 40$ cm e foi assumido que cada árvore morta será substituída pela outra árvore da mesma espécie, esta ingressará no sistema apresentando os mesmos atributos da árvore morta (relação hipsométrica e qualidade de fuste) e com idade de ingresso (I_i) correspondente a árvore com diâmetro de 40cm. Assim sendo, o $TP = I_s - I_i$ das árvores que ingressarão no sistema a partir da segunda geração em adiante manterá um TP constante e considerado árvore com ciclo completo dentro do sistema.

Tomando-se como exemplo uma árvore da classe D_{50} que apresentou no T_0 um $DAP = 44,00$ cm e $I_{T0} = 100,14$ anos e com sobrevivência até a classe de $IR_{1,05}$, ingressará no sistema no T_1 apresentando $DAP = 44,19$ cm e $I_{T0+1} = 101,14$ anos e sairá do sistema no T_9 apresentando $DAP = 45,50$ cm e $I_s = 109,14$ anos com $TP = 109,14 - 100,14 = 9$ anos.

A árvore que vem a substituir essa árvore morta ingressará no sistema no T_{10} apresentando $DAP = 40,09$ cm e $I_i = 84,14$ anos, completará o seu ciclo no T_{35} ao atingir $DAP = 45,50$ cm, $I_s = 109,14$ anos e com $TP = (109,14 - 84,14) + 1 = 26$ anos, ingressará no T_{36} , T_{62} , ..., e assim sucessivamente, e da mesma maneira sairá do sistema no T_{61} , T_{87} , ..., e assim sucessivamente, durante o horizonte temporal de simulação ($T_{1 \rightarrow 1.500}$).

Além do DAP antes citado, nas idades de I_i e I_s , os parâmetros dendrométricos dessa árvore apresentarão, respectivamente, os seguintes valores: G com 0,126 e 0,163m², H com 9,66 e 10,13m, V com 0,84 e 1,12m³ e R com 2,73 e 3,65 reais.

De posse desses valores, pode-se calcular o seu incremento periódico ($IP = y_{I_s} - y_{I_i}$), o incremento médio anual ($IMA = y_{I_s} / I_s$) e a produtividade média anual dentro do sistema ($PMA = y_{I_s} / TP$) de cada árvore.

4.9 Simulação da Dinâmica de Crescimento Florestal

Definido o sistema de ingresso e saída de cada árvore do sistema, foram processados os dados de 1.061 árvores com $DAP \geq 40$ cm inventariadas na Resex Aquariquara e simulada a dinâmica de crescimento dessa população, agrupada em classe de tamanho de D_{max} , para um horizonte temporal de 1.500 anos.

Para cada ano de horizonte temporal $T_{1 \rightarrow 1.500}$, constam na simulação os seguintes dados de cada árvore: idade com ingresso e saída do sistema, valores de porte em D , G , H , V e para árvores de valor comercial o valor da árvore em pé (R).

Foram também efetuadas as somas de valores de cada uma dessas variáveis para cada classe de tamanho de D_{max} e a soma geral dessas classes e assim obtida o valor total populacional.

Adicionalmente, foi subdividida a população total em dois grupos de árvores em função do valor comercial da madeira no mercado local (da tora para laminação e serraria), ou seja, em grupo I constituído de árvores com valor comercial e grupo II, de árvores sem valor comercial.

4. 10 Análise dos Resultados do Modelo de Simulação

Os resultados obtidos da simulação da dinâmica de crescimento da floresta da Resex Aquariquara, para um horizonte de tempo focal de 1.500 anos, aplicando-se o modelo desenvolvido, foram submetidos aos seguintes tipos de análises:

- a)- número de ciclos (ingresso e saída) envolvidos na simulação;
- b)- média aritmética dos valores simulados de $T_{1 \rightarrow 1.500}$ das variáveis I, D, G, H, V e R e respectivos desvios relativos (%) em relação aos respectivos valores observados no T_0 para cada classe de D_{max} ;
- c)- figura de variação anual de somas dos valores totais da população das variáveis I, D, G, H, V e R simulados durante o período de $T_{1 \rightarrow 1.500}$;
- d)- Aplicação de teste estatístico de Lilliefors ($p=0,05$) para averiguar a normalidade da somas dos valores totais da população das variáveis I, D, G, H, V e R simulados durante o período de $T_{1 \rightarrow 1.500}$;
- e)- coeficiente de variação da somas dos valores totais da população das variáveis I, D, G, H, V e R simulados durante o período de $T_{1 \rightarrow 1.500}$;
- f)- Aplicação de regressão linear para as somas dos valores totais da classe de D_{max} e da população das variáveis I, D, G, H, V e R simulados durante o período de $T_{1 \rightarrow 1.500}$ os valores anuais de $T_{1 \rightarrow 1.500}$ e desvios de valor estimado no T_{1500} em relação ao mesmo valor do T_1 para averiguar a estabilidade do modelo de simulação;
- g)- Aplicação de teste estatístico de Kruskal-Wallis comparando as 3 médias sequenciais no tempo $T_{1 \rightarrow 500}$, $T_{501 \rightarrow 1.000}$ e $T_{1.001 \rightarrow 1.500}$ para averiguar a estabilidade e desvios apresentados pelo modelo de simulação para cada período de 500 anos de duração, baseando-se no princípio de repetibilidade, segundo SOKAL & ROHLF, 1969, e processado com software SAEG®;
- h)- Aplicação de teste estatístico de Kruskal-Wallis comparando as 6 médias sequenciais no tempo $T_{1 \rightarrow 250}$, $T_{251 \rightarrow 500}$, $T_{501 \rightarrow 750}$, $T_{751 \rightarrow 1.000}$, $T_{1.001 \rightarrow 1.250}$ e $T_{1.251 \rightarrow 1.500}$ para averiguar a estabilidade e desvios apresentados pelo modelo de simulação para cada período de 250 anos de duração, baseando-se no princípio de repetibilidade.

4. 11 Aplicação do Modelo de Simulação em Manejo Florestal

Baseando-se nos valores simulados no horizonte temporal de $T_{1 \rightarrow 1.500}$, foram obtidos os parâmetros médios anuais da massa total da floresta e relativos aos ingressos e saídas das árvores por classe de D_{max} para o variável número de árvores, área basal e volume (N, G, V).

Os valores correspondentes à massa total da floresta foram obtidos aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\sum y_{T_1 \rightarrow 1.500} / 1.500$$

em que:

$\sum y_{TI \rightarrow 1.500}$ = soma dos valores de variável de cada classe de D_{max} em 1.500 anos de simulação.

Os valores correspondentes aos ingressos no sistema foram obtidos aplicando a seguinte fórmula:

$$\sum y_{iTI \rightarrow 1.500} / 1.500$$

em que:

$\sum y_{iTI \rightarrow 1.500}$ = soma dos valores de variável da árvore de cada classe de D_{max} em 1.500 anos de simulação;

Os valores correspondentes às saídas do sistema foram obtidos aplicando a seguinte fórmula:

$$\sum y_{sTI \rightarrow 1.500} / 1.500$$

em que:

$\sum y_{sTI \rightarrow 1.500}$ = soma dos valores de variável da árvore de cada classe de D_{max} em 1.500 anos de simulação;

Para facilitar a leitura de ordem de grandeza desses valores, os dados simulados para 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara foram extrapolados para 100ha de floresta, multiplicando tais valores por 1,481481 ($F_c = 100/67,5 = 1,481481$).

Para obter o valor de incremento médio anual, foram divididos os três valores antes obtidos pela idade média das árvores da massa total, das árvores que ingressaram e das que saíram, respectivamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Modelo de Crescimento de Bertalanffy

Nas seções subseqüentes, serão apresentados resultados de estudos do modelo de crescimento de Bertalanffy (*MCB*):

$$y = a [(1 - e^{-bt})^c]$$

onde foram averiguadas as suas particularidades, entre outras, as relações existentes entre os coeficientes desse modelo e suas aplicações em manejo florestal.

Os resultados desses estudos foram utilizados na Seção 5.2. para desenvolver o modelo de crescimento de Bertalanffy compatível – *MCBC* que foi aplicado para modelar o crescimento de árvores individuais e simular a dinâmica de crescimento florestal da Resex Aquariquara, localizada no município de Machadinho D'Oeste, estado de Rondônia.

5.1.1 Fundamentos do modelo de crescimento de Bertalanffy e suas propriedades

A seguir, serão apresentados, passo a passo, começando a partir do componente interno do modelo, a lógica da estrutura do *MCB*, visando melhor compreender a aplicação desse modelo em manejo florestal. Assim, apresentam-se os resultados, passo a passo, das transformações dos componentes de duas equações tomadas como exemplos:

Equação 1: $y_1 = 50 * ((1 - e^{(-0,05 * t)})^2)$;

Equação 2: $y_2 = 100 * ((1 - e^{(-0,10 * t)})^4)$.

O **primeiro passo** do modelo (componente interno) consiste em multiplicar o coeficiente b (-0,05 e -0,10), com sinal negativo, pela idade ou tempo (t), cujo produto ($-b*t$) é uma reta descendente negativa e representa a velocidade de crescimento do organismo. No exemplo, em relação à Equação 1, a Equação 2 apresenta coeficiente b duas vezes maior, logo a reta ($-b*t$) atinge o dobro de tamanho para uma mesma idade ou para um mesmo tamanho a sua idade corresponde à metade (Tabela 16 e Figura 13a).

O **segundo passo** consiste em transformar a reta com valor negativo anterior em uma curva aplicando-se o exponencial, resultando em uma curva positiva e descendente que varia de um a zero, razão pela qual o valor do coeficiente b é negativo (Tabela 16 e Figura 13b). Cabe ressaltar que o exponencial de -0,001 é igual a 0,999, de -1 igual a 0,37, de -4 igual a 0,018 e de -10 a 0,000045, possibilitando, como pode ser percebido mais adiante, estimar o valor do coeficiente b em função da longevidade e velocidade de crescimento de cada espécie.

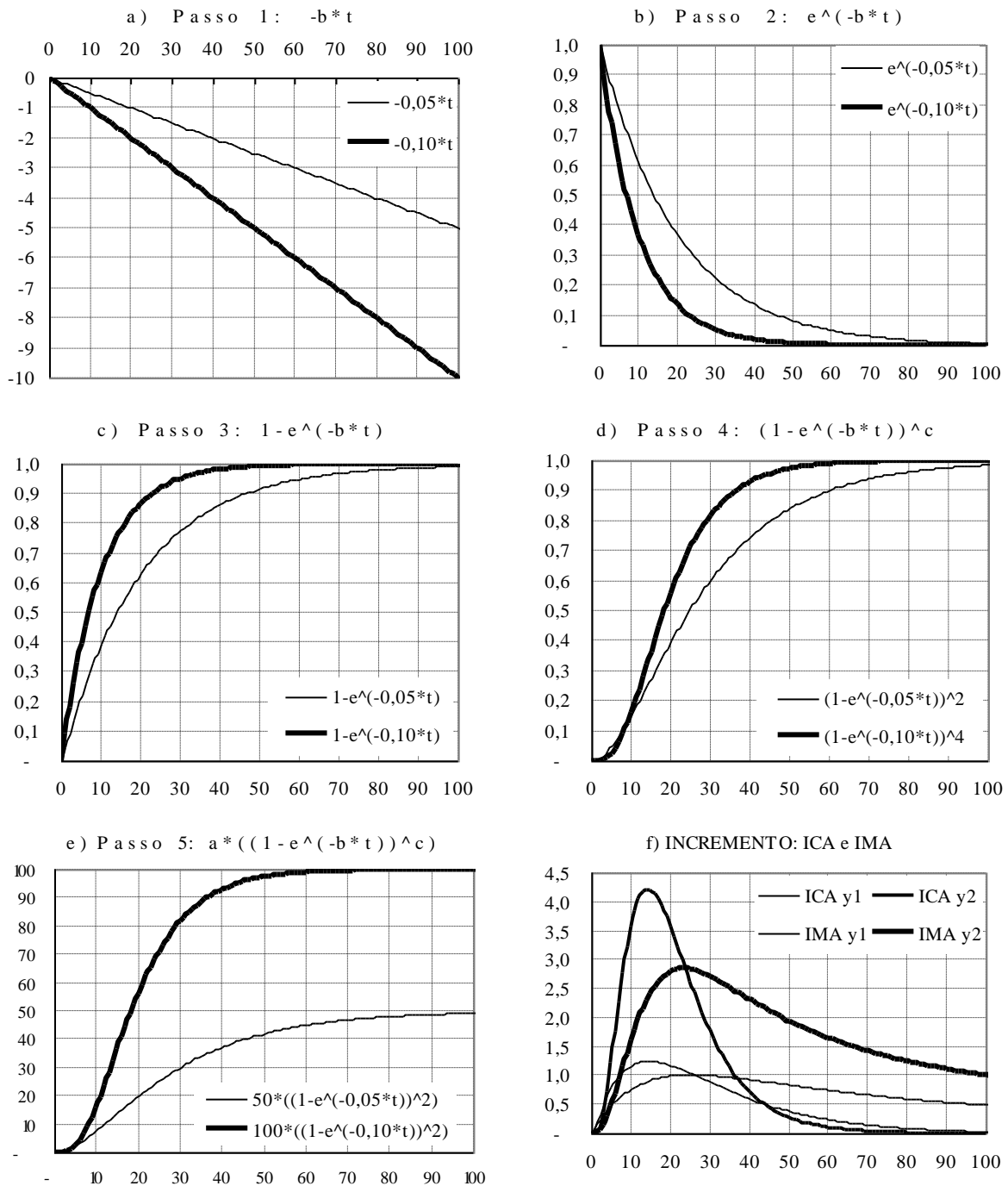
O **terceiro passo** consiste em subtrair de 1 o valor obtido no segundo passo ($1 - e^{(-b*t)}$), ou seja, transformar a curva descendente, que varia de um a zero, em curva complementar ascendente, que varia de zero a um (Figura 1c). Esta curva resultante não apresenta pontos de inflexão e nem de tangente, sendo uma curva típica com incremento decrescente com a idade. Baseando-se nos resultados obtidos até o presente passo, pode-se deduzir que, quanto maior o valor do coeficiente b , maior será a taxa de crescimento de um organismo vivo e menor a sua longevidade. Também, pode-se notar que a idade correspondente ao valor assintótico y tende a infinito.

O **quarto passo** consiste em aplicar sobre a curva anterior uma potência visando moldar a curva anterior e assim obter uma curva final típica de crescimento de organismos vivos, que é sigmoideal com pontos de inflexão e de tangência $((1 - e^{(-b*t)})^c)$, para $c > 1$. Esta curva apresenta valor de tempo no eixo x e um valor relativo no eixo y que varia de zero a um (Figura 13d e Tabela 16).

O coeficiente $c > 1$ provoca uma diminuição da curva mais acentuada para valores próximos de zero e menos acentuada para os valores próximos de um, e essa diminuição aumenta com o aumento do valor desse coeficiente como segue:

$$\begin{aligned} 0,1^2 &= 0,01 \text{ ou } -90\%; \\ 0,1^3 &= 0,001 \text{ ou } -99\%; \\ 0,1^4 &= 0,0001 \text{ ou } -99,9\%; \\ 0,5^2 &= 0,25 \text{ ou } -50\%; \\ 0,5^3 &= 0,125 \text{ ou } -75\%; \\ 0,5^4 &= 0,0625 \text{ ou } -87,5\%; \\ 0,9^2 &= 0,81 \text{ ou } -10\%; \\ 0,9^3 &= 0,729 \text{ ou } -19\%; \\ 0,9^4 &= 0,6561 \text{ ou } -27,1\%. \end{aligned}$$

Essa propriedade do coeficiente c do *MCB* é bastante útil para simular o crescimento de espécies da floresta nativa que apresentam, como nos casos das espécies secundárias tardias e climáticas, um crescimento inicial relativamente lento.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 13. Estrutura do modelo de crescimento de Bertalanffy a partir do seu componente interno ($-b \cdot t$) e transformações sucessivas incidentes até obter a curva final de crescimento e seus incrementos.

Sendo o valor do coeficiente $c < 1$, o aumento do crescimento inicial da árvore é inversamente proporcional ao valor desse coeficiente, afetando mais a porção do crescimento inicial da curva e menos a porção do crescimento final da curva, como segue:

- $0,1^{0,8} = 0,158$ ou +58,5%;
- $0,1^{0,4} = 0,398$ ou +291,1%
- $0,1^{0,2} = 0,631$ ou +531,0%;
- $0,5^{0,8} = 0,574$ ou +14,9%;
- $0,5^{0,4} = 0,758$ ou +51,6% ;

$$0,5^{0,2} = 0,871 \text{ ou } +74,1\%;$$

$$0,9^{0,8} = 0,919 \text{ ou } +2,1\%;$$

$$0,9^{0,4} = 0,959 \text{ ou } +6,5\%;$$

$$0,9^{0,2} = 0,979 \text{ ou } +8,8\%.$$

As espécies pioneiras que colonizam as clareiras ou áreas desmatadas da floresta tropical apresentam um crescimento inicial geralmente muito rápido, podendo apresentar uma curva de crescimento com o valor do coeficiente $c \leq 1$, como por exemplo, de crescimento em altura das espécies *Cecropia* sp e *Jacaranda* sp.

Tabela 16. Resultados, passo a passo, dos cálculos sequenciais envolvidos no modelo de Bertalanffy para as equações $E_1 (y_1 = 50*((1-e^{(-0,05*t)})^2))$ e $E_2 (y_2 = 100*((1-e^{(-0,10*t)})^4))$, segundo idade

Idade (t)	Passo 1 (-b*t)		Passo 2 $e^{(-b*t)}$		Passo 3 $1 - e^{(-b*t)}$		Passo 4 $(1 - e^{(-b*t)})^c$		Passo 5 (final) $a*((1 - e^{(-b*t)})^c)$	
	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2	y_1	y_2
1	-0,05	-0,10	0,9512	0,9048	0,0488	0,0952	0,0024	0,0001	0,12	0,01
5	-0,25	-0,50	0,7788	0,6065	0,2212	0,3935	0,0489	0,0240	2,45	2,40
10	-0,50	-1,00	0,6065	0,3679	0,3935	0,6321	0,1548	0,1597	7,74	15,97
20	-1,00	-2,00	0,3679	0,1353	0,6321	0,8647	0,3996	0,5590	19,98	55,90
30	-1,50	-3,00	0,2231	0,0498	0,7769	0,9502	0,6035	0,8152	30,18	81,52
40	-2,00	-4,00	0,1353	0,0183	0,8647	0,9817	0,7476	0,9287	37,38	92,87
50	-2,50	-5,00	0,0821	0,0067	0,9179	0,9933	0,8426	0,9733	42,13	97,33
60	-3,00	-6,00	0,0498	0,0025	0,9502	0,9975	0,9029	0,9901	45,15	99,01
70	-3,50	-7,00	0,0302	0,0009	0,9698	0,9991	0,9405	0,9964	47,03	99,64
80	-4,00	-8,00	0,0183	0,0003	0,9817	0,9997	0,9637	0,9987	48,19	99,87
90	-4,50	-9,00	0,0111	0,0001	0,9889	0,9999	0,9779	0,9995	48,90	99,95
100	-5,00	-10,00	0,0067	0,0000	0,9933	1,0000	0,9866	0,9998	49,33	99,98

Fonte: Elaborada pelo autor.

O **quinto e último passo** consiste em multiplicar os valores da curva-base anterior pelo coeficiente a , que é o valor assintótico da variável (y), ou seja, transforma a curva do passo anterior que esteve em escala relativa ($0,00 \leq y \leq 1,00$) para a escala real da variável y ($0,00 \leq y \leq a$) (Tabela 13 e Figura 13e). Sendo assim, multiplicando o coeficiente a por um fator k , poderá obter curva anamórfica k vezes maior do organismo para qualquer idade I .

A curva de crescimento desse modelo apresenta vários pontos importantes para o manejo florestal, cujas abreviaturas e definições desses termos utilizadas no corpo desta tese são as seguintes:

I → idade da árvore (nos textos subsequentes, coeficiente do modelo referente à idade será citado como t e a idade propriamente dita da árvore com I), medida em ano e apresenta os seguintes pontos notáveis: I_{ICA} = idade em que culmina o ICA ; I_{IMA} = idade em que culmina o IMA ; I_{D40} = idade da árvore com diâmetro igual a 40cm;

y → tamanho ou porte da árvore e apresenta os seguintes pontos notáveis: y_I = tamanho ou porte da árvore na idade I indicada; y_{ICA} = porte ou tamanho da árvore no ponto de inflexão da curva, ou seja, quando o ICA atinge o seu valor máximo; y_{IMA} = porte ou tamanho da árvore no ponto de tangente da curva, ou seja, quando o IMA atinge o seu valor máximo; y_{max} = porte ou tamanho máximo da árvore (assíntota), que no modelo de Bertalanffy é igual ao valor do coeficiente a ;

ICA → incremento corrente anual. É a diferença de porte ou tamanho da árvore ocorrida num intervalo de tempo sucessivo de um ano: $ICA = \Delta y_{\Delta t}$ para $\Delta t =$ um ano ou $ICA = y_m - y_{t(n-1)}$, e ICA_{max} é o valor máximo atingido na sua culminação, ou seja, do ponto de inflexão da curva de crescimento ou sua derivada segunda;

IMA → incremento médio anual. É a razão entre o porte ou tamanho da árvore e sua idade: $IMA = y/t$ e IMA_{max} é o valor máximo atingido na sua culminação, ou seja do ponto de tangente da curva de crescimento.

Tomando-se como exemplo a curvas de crescimento e incrementos da árvore 2 ilustrada na Figura 13, tem-se os seguintes valores: $I_{ICA} = 14$; $I_{IMA} = 23$; $y_{t14} = y_{ICA} = 32,22$; $y_{t23} = y_{IMA} = 65,53$; $ICA_{Max} = 4,21$; $IMA_{max} = 2,83$; $I_{D40} = 15,86$; $a = y_{max} = 100$. Baseando-se nestes valores, esta árvore pode ser descrita como: espécie de grande porte com diâmetro máximo de 1 m; espécie de rápido crescimento com um incremento corrente máximo de $4,21\text{cm.ano}^{-1}$ ao atingir 14 anos de idade e com um diâmetro de 32,22cm; atinge 40cm de diâmetro aos 15,86 anos de idade; seu incremento médio culmina, aos 23 anos de idade, com $2,83\text{cm.ano}^{-1}$ e apresenta um diâmetro de 65,53cm.

Baseando-se na estrutura do modelo $y = a * ((1 - e^{(-b * t)})^c)$, tendo $a = 100$; $e = 2,71828182845905$; $b = -0,10$; $t = 100$; $c = 4$ que resulta em $y = 100 * ((1 - 2,7183^{(-0,10 * 100)})^4) = 99,9818412647497$, podem ser isolados cada um desses termos (incógnita) como segue:

$$t = \text{Ln}(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / -b$$

$$b = \text{Ln}(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / a$$

$$c = \text{Ln}(y/a) / \text{Ln}(1 - e^{(-b * t)})$$

Substituindo-se as variáveis das fórmulas apresentadas pelos valores numéricos, são obtidos os valores desconhecidos de idade (t), coeficiente b e coeficiente c , como se segue:

$$t = \text{Ln}(((99,9818/100)^{(1/4)} - 1) * -1) / -0,10 = 100$$

$$b = \text{Ln}(((99,9818/100)^{(1/4)} - 1) * -1) / 100 = -0,10$$

$$c = \text{Ln}(99,9818/100) / \text{Ln}(1 - 2,7183^{(-0,10 * 100)}) = 4,00$$

O ponto de inflexão da curva de crescimento (Figuras 13e e 13f) é obtido através da derivada segunda de y , sendo que o ponto crítico distinto de zero é obtido aplicando-se a seguinte fórmula:

$$ddy = \text{Ln}(1/c) / b$$

$$ddy = \text{Ln}(1/4) / -0,10 = 13,8629436111989$$

Aos 13,86 anos de idade, essa árvore apresenta um $D = 31,64\text{cm}$ ou 31,64% do seu porte máximo ($y_{ICA}/y_{max} * 100$).

O incremento corrente anual máximo (ICA_{max}) é a diferença de diâmetro atingido nas idades de $I_{ICA+0,5}$ e $I_{ICA-0,5}$ (14,36 e 13,36 anos de idade), ou seja, $ICA_{max} = y_{t4,36} - y_{t13,36} = 33,749 - 29,532 = 4,216\text{cm}$. Cabe ressaltar que para o manejo utilizam-se os dados de incremento correspondente à idade com número inteiro e, neste caso, o ICA_{max} passa a ser a diferença entre diâmetros atingidos aos 14 e 13 anos de idade: $ICA_{max} = y_{t14} - y_{t13} = 33,219 - 28,006 = 4,212\text{cm}$.

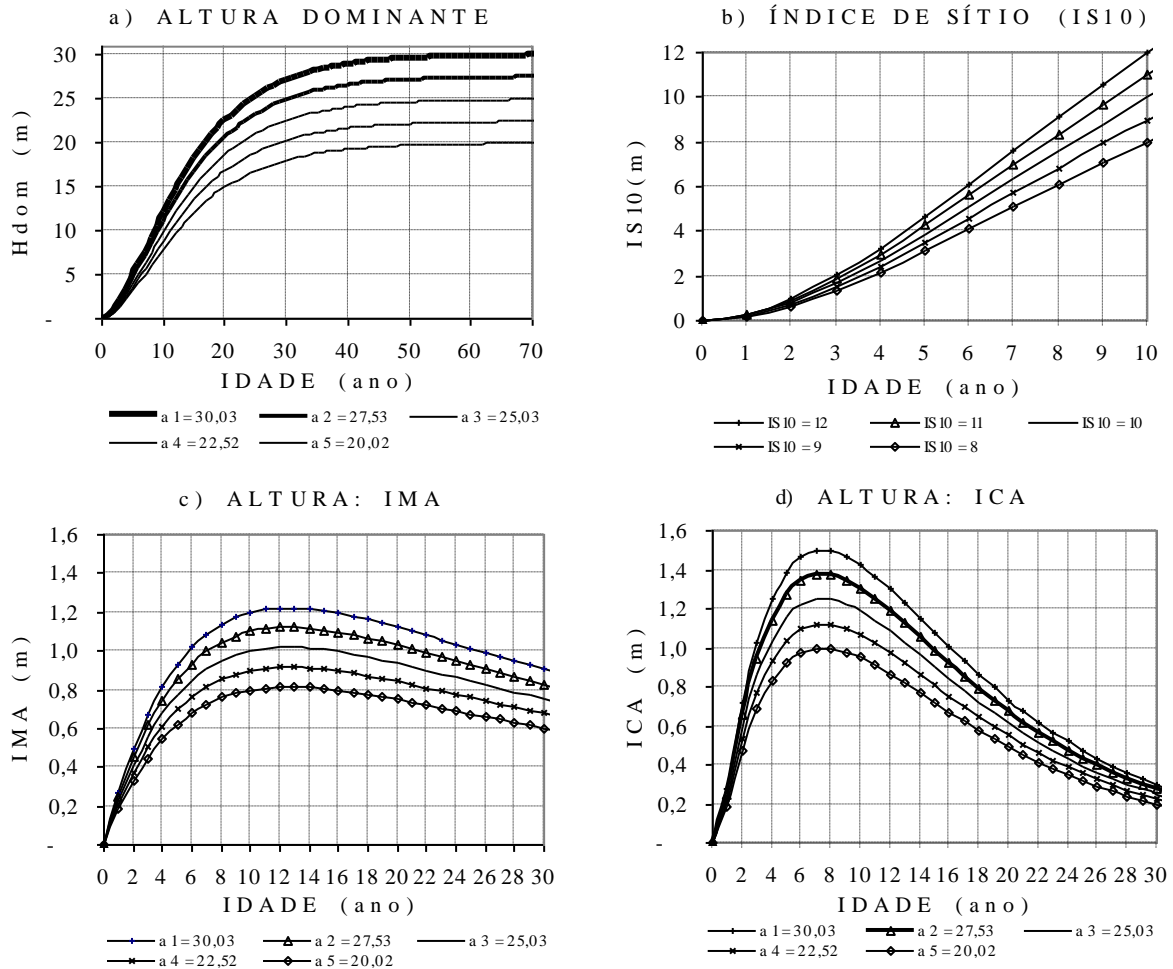
O incremento médio anual (IMA) é o produto do diâmetro dividido pela idade, sendo o seu $IMA_{max} = y_{t23,3663}/t = 66,5924/23,3663 = 2,8499\text{cm}$ e, como no caso anterior, para a idade com o número inteiro passa a ser: $IMA_{max} = y_{t23}/t = 65,5346/23 = 2,8493\text{cm}$.

5.1.2. Comportamento do crescimento da árvore em função das variações dos coeficientes

5.1.2.1 Variação do coeficiente a

Como foi visto na Seção 5.1.1., o coeficiente a do MCB não altera a forma da curva de crescimento. Assim, mantendo-se os coeficientes b e c fixos e alterando-se o coeficiente a , são obtidas séries de curvas anamórficas. Como exemplo de aplicações desse modelo, foi gerado curvas de índice de sítio (Figura 14) para idade-base de 10 anos (IS_{10}). Este índice é

utilizado para estratificar o sítio na classe de produtividade baseado no crescimento em altura dominante (H_{dom}), definido como sendo a altura média de 100 árvores mais grossas uniformemente distribuídas por hectare (uma árvore de cada parcela de 10m x 10m). A curva de índice de sítio deve apresentar valor pré-estabelecido de H_{dom} para a idade-base ou de referência.



Nota: valor do coeficiente a conforme legendas das figuras.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 14. Curvas de índice de sítio de idade-base = 10 anos (IS_{10}) e seus incrementos, geradas a partir da equação $H_{dom}=24,85*((1-e^{-(0,10*t)^2})$ do modelo crescimento de Bertalanffy, ajustando o valor do coeficiente a .

Como exemplo, foi tomado a curva crescimento do modelo $y=24,85*((1-e^{-(0,10*t)^2})$, que apresentou H_{dom} assintótico de 24,85 m e atingiu 9,9295 m de altura aos 10 anos de idade ($IS_{10}=9,93$). Baseando-se nessa curva, foram geradas 5 curvas de índice de sítio com amplitude de 1m entre as mesmas (Figura 14), ou seja, para $IS_{10}=12$, $IS_{10}=11$, $IS_{10}=10$, $IS_{10}=9$ e $IS_{10}=8$.

O coeficiente a do modelo foi ajustado aplicando-se o seguinte procedimento:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= 12/9,9295 * 24,85 = 30,30 \rightarrow IS_{10} = 30,30 * ((1 - e^{-(0,10 * 10)^2}) = 12,00 \\
 a_2 &= 11/9,9295 * 24,85 = 27,53 \rightarrow IS_{10} = 27,53 * ((1 - e^{-(0,10 * 10)^2}) = 11,00 \\
 a_3 &= 10/9,9295 * 24,85 = 25,02 \rightarrow IS_{10} = 25,02 * ((1 - e^{-(0,10 * 10)^2}) = 10,00 \\
 a_4 &= 9/9,9295 * 24,85 = 22,52 \rightarrow IS_{10} = 22,52 * ((1 - e^{-(0,10 * 10)^2}) = 9,00 \\
 a_5 &= 8/9,9295 * 24,85 = 20,02 \rightarrow IS_{10} = 20,02 * ((1 - e^{-(0,10 * 10)^2}) = 8,00
 \end{aligned}$$

Observando as ilustrações da Figura 14, nota-se que as curvas de crescimento são anamórficas e todas apresentam culminações de *ICA* aos 7 anos de idade e de *IMA* aos 13 anos, mantendo as mesmas proporções de diferenças relativas do coeficiente *a* do modelo.

Outro exemplo de aplicação do coeficiente *a* do *MCB* no manejo florestal é a possibilidade de ajustar a curva de crescimento de árvores individuais em função dos desvios apresentados pelas mesmas em relação à curva de crescimento médio de dados populacionais. Para ajustar a curva de crescimento de cada árvore, deve-se multiplicar o coeficiente *a* do modelo pelo fator de correção (*Fc*), este obtido dividindo-se o valor observado pelo valor médio estimado de qualquer idade ($Fc = y_{observado} / y_{estimado}$, devendo ter as idades $t_{observado} = t_{estimado}$).

Como exemplo, apresenta-se os seguintes crescimentos médios de dados populacionais estimados para uma árvore de 200 anos de idade:

$$D = 100 * ((1 - e^{(-0,0166855916929858 * 200)})^3)^{3,55} = 87,9448121744787$$

$$H = 14,5300 * ((1 - e^{(-0,0166855916929858 * 200)})^1)^{1,33182865} = 13,8463515924617$$

$$V = 7,17535918516972 * ((1 - e^{(-0,0166855916929858 * 200)})^8)^{8,13214510584845} = 5,34617897757383.$$

O volume da árvore foi obtido em função de *H* e *D*, baseado na equação:

$$V = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H^{0,768253} * 1,00718$$

$$V = 0,0000901099 * 100^{2,002525} * 14,53^{0,768253} * 1,00718 = 7,17535918516972$$

$$V = 0,0000901099 * 87,9448121744787^{2,002525} * 13,8463515924617^{0,768253} * 1,00718 = 5,34617897757382$$

Para ajustar a curva de crescimento de uma árvore que tenha apresentado uma altura de 12 metros na idade de 200 anos, em vez de 13,8463515924617 m, devem ser aplicados os seguintes procedimentos:

$$Fc = 12 / 13,8463515924617 = 0,866654289389353$$

$$a * Fc = 14,5300 * 0,866654289389353 = 12,5924868248273$$

$$H = 12,5924868248273 * ((1 - e^{(-0,0166855916929858 * 200)})^1)^{1,331829} = \mathbf{12,0000}$$

Como consequência do ajuste da *H*, o volume resulta o seguinte para calcular o *Fc* e corrigir a equação de volume:

$$V = 0,0000901099 * 87,94481217447870^{2,002525} * 12^{0,768253} * 1,00718 = \mathbf{4,78953568097666}$$

$$Fc = 4,78953568097666 / 5,34617897757382 = 0,895880160590923$$

$$a * Fc = 7,17535918516972 * 0,895880160590923 = 6,4282619391074$$

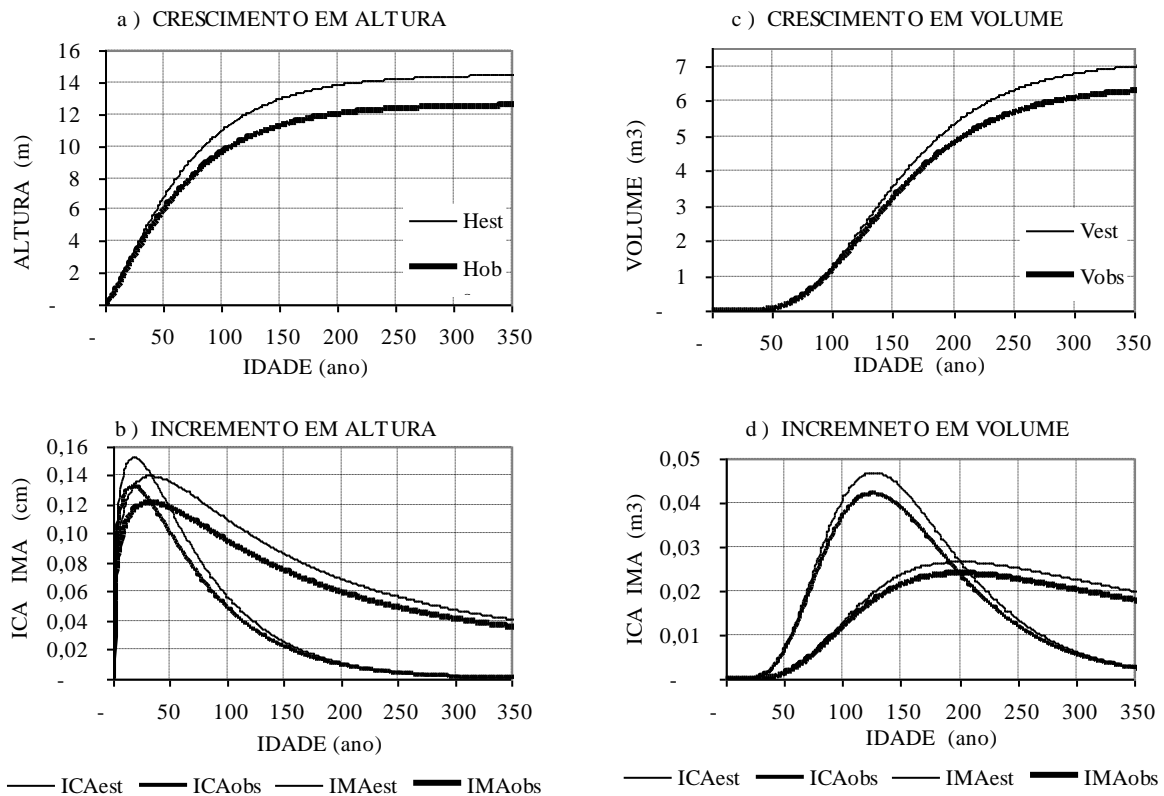
$$V = 6,4282619391074 * ((1 - e^{(-0,0166855916929858 * 200)})^8)^{8,13214510584845} = \mathbf{4,78953568097666}$$

Conforme ilustrado na Figura 15, o anamorfismo entre as curvas de crescimento observadas (ajustadas) e estimadas pode ser demonstrado como segue:

$$Fc = H_{obs} / H_{est} = 12,0000 / 13,846365 = 12,592487 / 14,5300 = 0,8666$$

$$Fc = V_{obs} / V_{est} = 4,789536 / 5,346183 = 6,428262 / 7,175365 = 0,8959.$$

Cabe ressaltar que o valor do coeficiente *a* do *MCB* deve ser ajustado para cada variável obedecendo as relações dendrométricas como nos exemplos apresentados, onde, para uma diminuição de 13,33% em altura, resultou uma diminuição de 10,41% para o seu volume.



Legendas: $Hest = 14,530014 * ((1 - e^{-(0,016686 * t)})^a)^{1,331829}$ $Vest = 7,175359 * ((1 - e^{-(0,016686 * t)})^a)^{8,132145}$
 $Hobs = 12,592487 * ((1 - e^{-(0,016686 * t)})^a)^{1,331829}$ $Vobs = 6,428262 * ((1 - e^{-(0,016686 * t)})^a)^{8,132145}$
 Notas: $Hest = 13,85m$, $Hobs = 12,00m$, $Vest = 5,346m^3$ e $Vobs = 4,790m^3$ para a idade (t) de 200 anos.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15. Curvas de crescimento em altura e volume ajustados em função do desvio entre $Hest = 13,85$ m e $Hobs = 12,00$ m, ajustando o coeficiente a do MCB em altura e volume.

5.1.2.2 Variação do coeficiente b

Conforme apresentado na Seção 5.1.1., o coeficiente b é multiplicador da idade ($-b * t$) no modelo de crescimento de Bertalanffy, determinando a velocidade de crescimento em função da idade. Assim sendo, caso o valor do coeficiente c seja igual a 1 (Figuras 16a, 16c e 16e), a árvore atingirá um porte idêntico para uma variação da idade inversamente proporcional à do coeficiente b , ou seja, diminuindo-se à metade o valor do coeficiente b , a idade deve ser duplicada para obter um mesmo valor de y , como seguem:

$$y = 100 * ((1 - e^{-(0,1000 * 10)})^1) = 63,212056;$$

$$y = 100 * ((1 - e^{-(0,0500 * 20)})^1) = 63,212056;$$

$$y = 100 * ((1 - e^{-(0,0250 * 40)})^1) = 63,212056.$$

Não incidindo o coeficiente c sobre as curvas de crescimento, estas não apresentam ponto de inflexão e de tangente, sendo seus incrementos correntes e médios anuais decrescentes (Figuras 16a, 16c e 16e, à esquerda).

Fazendo-se incidir coeficiente c com valor igual a 3 para os mesmos modelos antes citados, as curvas de crescimento passam a apresentar os pontos de inflexão e de tangente (Figuras 16b, 16d e 16f, à direita), tendo as seguintes idades de culminações em ICA e IMA e seus respectivos valores, como seguem:

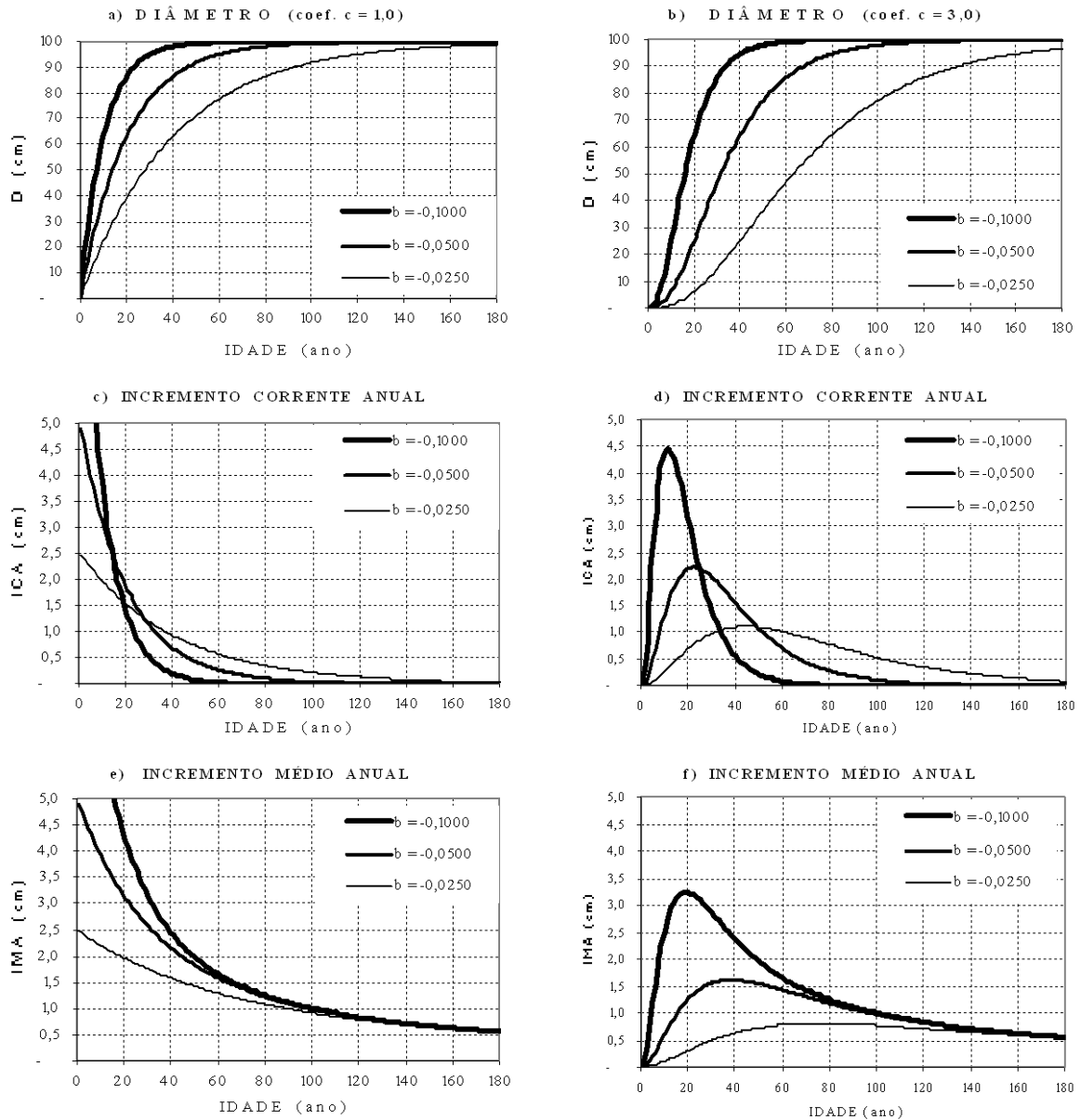
$$\text{para } b = -0,1000 \rightarrow I_{ICA} = 12 \text{ e } ICA_{max} = 4,4334; I_{IMA} = 19 \text{ e } IMA_{max} = 3,2372;$$

$$\text{para } b = -0,0500 \rightarrow I_{ICA} = 22 \text{ e } ICA_{max} = 2,2209; I_{IMA} = 38 \text{ e } IMA_{max} = 1,6186;$$

$$\text{para } b = -0,0250 \rightarrow I_{ICA} = 44 \text{ e } ICA_{max} = 1,1109; I_{IMA} = 76 \text{ e } IMA_{max} = 0,8093.$$

Adicionalmente, os valores acima apresentam as seguintes razões entre as variáveis:

$-0,1000/-0,0500 = -0,0500/-0,0250 = 2,00$ para os coeficientes b ;
 $4,4334/2,2209 = 2,2209/1,1109 = 2,00$ para os ICA_{max} ;
 $3,2372/1,1686 = 1,1686/0,8093 = 2,00$ para os IMA_{max} ;
 $12/22 = 22/44 = 0,50$ para as idades I_{ICA} ;
 $19/38 = 38/76 = 0,50$ para as idades I_{IMA} .



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: Valor do coeficiente b conforme legenda.

Figura 16. Curvas de crescimento em diâmetro do modelo de crescimento de Bertalanffy em função das variações do coeficiente b e com valores do coeficiente $c = 1$ (a, c, e à esquerda) e $c = 3$ (b, d, f à direita) com respectivas curvas de incrementos correntes e médios anuais.

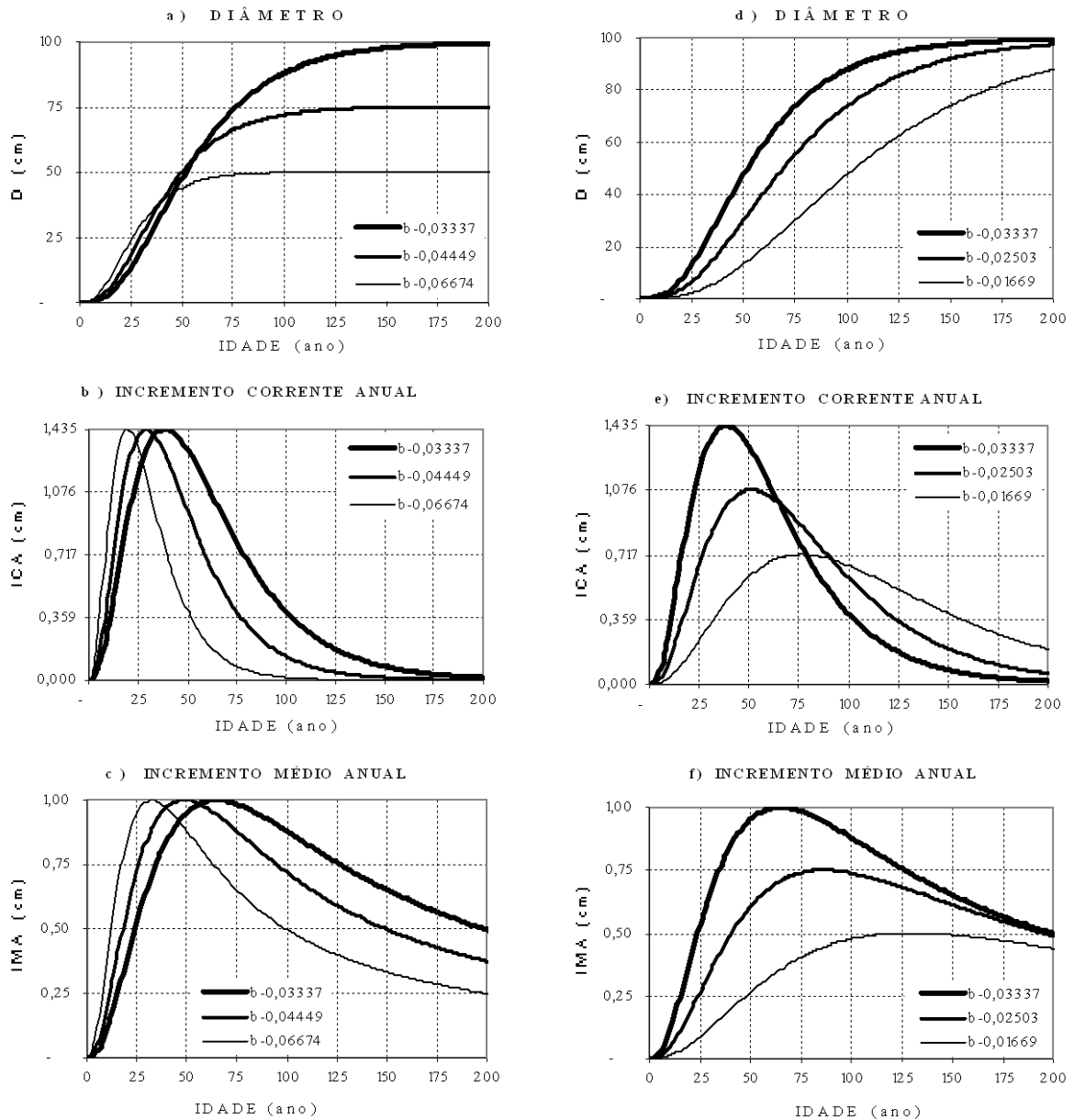
Outro tipo de ajuste do coeficiente b é a obtenção de valores dos ICA_{max} e IMA_{max} iguais para árvores de diferentes tamanhos. Para obtê-lo, é necessário multiplicar o valor inverso e negativo do coeficiente a por uma constante (k), como segue: $b = -1 / a * k$. Assim, aplicando-se sobre árvores com D_{max} de 50, 75 e 100cm a constante ajustada $k =$

3,33711833859716 (para coeficiente $c = 3,55$), são obtidos os valores do coeficiente b , que apresentam um ICA_{max} de 1,44cm e IMA_{max} de 1,00cm (Figura 17c, 17e), como segue:

$$b = -1/50 * 3,33711833859716 = -0,0667423667719432;$$

$$b = -1/75 * 3,33711833859716 = -0,0444949111812955;$$

$$b = -1/100 * 3,33711833859716 = -0,0333711833859716.$$



Nota: esquerda: $y = 100 * ((1 - e^{-(0,03337 * t)})^{3,55})$ $y = 75 * ((1 - e^{-(0,04449 * t)})^{3,55})$ $y = 50 * ((1 - e^{-(0,06674 * t)})^{3,55})$
 direita: $y = 100 * ((1 - e^{-(0,03337 * t)})^{3,55})$ $y = 100 * ((1 - e^{-(0,02503 * t)})^{3,55})$ $y = 100 * ((1 - e^{-(0,01669 * t)})^{3,55})$.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17. Crescimento em diâmetro de árvores com D_{max} de 100, 75 e 50 centímetros com ICA_{max} e IMA_{max} iguais e de 100 centímetros com ICA_{max} e IMA_{max} correspondentes a 100%, 75% e 50%, em função dos ajustes do coeficiente b do modelo de crescimento de Bertalanffy.

Baseando-se nas relações anteriores, quaisquer valores dos incrementos máximos podem ser obtidos nas proporções (p) desejadas aplicando-se a seguinte fórmula: $b = -1/a * k * p$. Assim, para obter um incremento máximo correspondente a 50% do valor anterior ($p=0,5$), ou

seja, um ICA_{max} de 0,72cm e IMA_{max} de 0,50cm, os valores do coeficiente b dos exemplos anteriores passam a ser os seguintes:

$$b = -1/50 * 3,33711833859716 * 0,50 = -0,0333711833859716;$$

$$b = -1/75 * 3,33711833859716 * 0,50 = -0,0222474555906477;$$

$$b = -1/100 * 3,33711833859716 * 0,50 = -0,0166855916929858.$$

De maneira análoga, para obterem-se incrementos máximos correspondentes a 100%, 75% e 50% para árvore da classe de D_{max} de 100cm de diâmetro, tem-se os seguintes valores do coeficiente c :

$$b = -1/100 * 3,33711833859716 * 1,00 = -0,0333711833859716;$$

$$b = -1/100 * 3,33711833859716 * 0,75 = -0,0250283875394787;$$

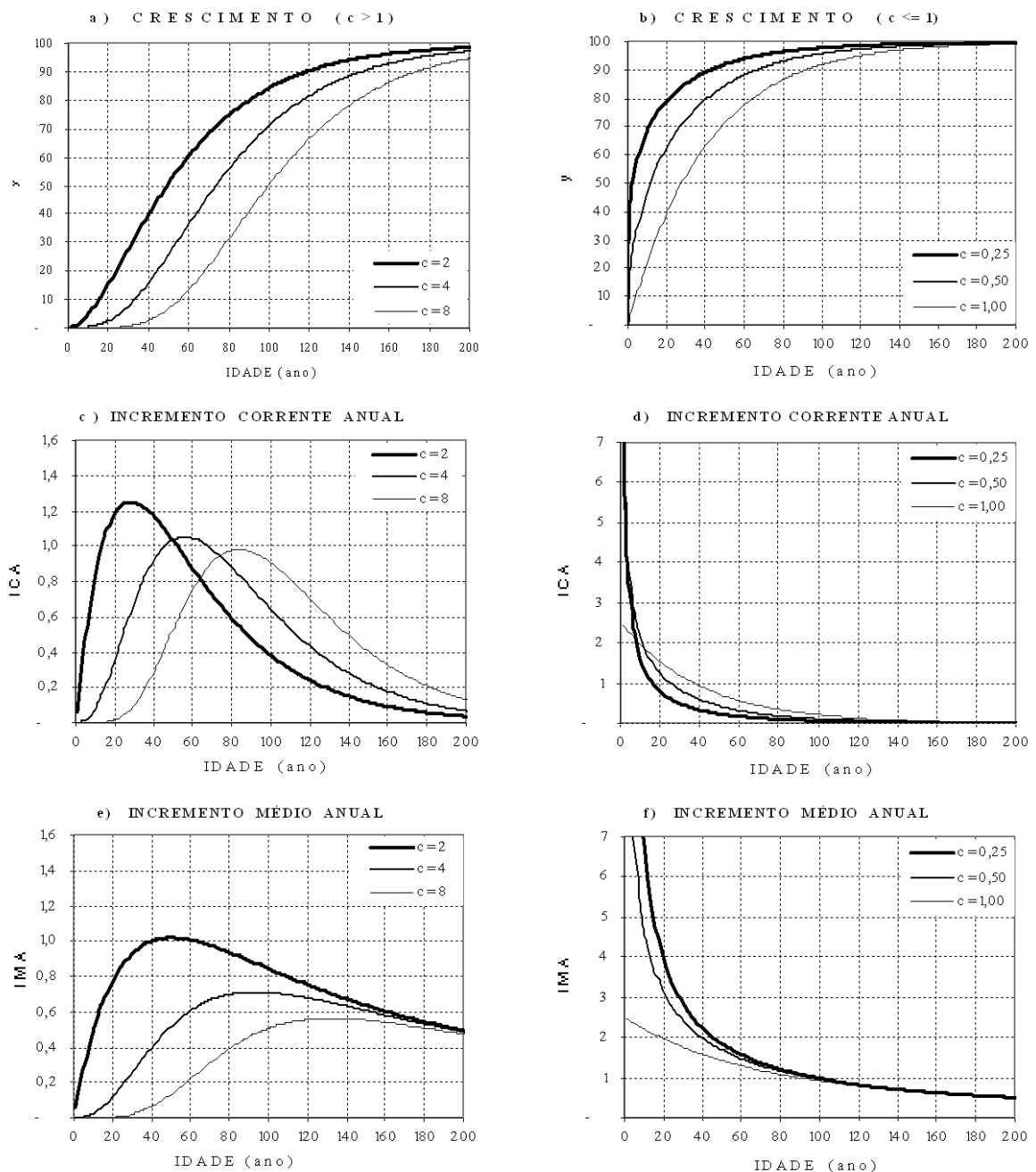
$$b = -1/100 * 3,33711833859716 * 0,50 = -0,0166855916929858.$$

5.1.2.3 Variação do coeficiente c

O coeficiente c , como é uma potência que incide sobre a curva base (Seção 5.1.1.), faz retardar o crescimento inicial quando o seu valor é maior que 1 (Figura 18a), não altera os valores da curva base quando o seu valor é igual a 1 (Figura 18b), e faz acelerar o crescimento inicial quando o seu valor é menor que 1.

Baseando-se nas ilustrações da Figura 18, pode-se deduzir que o coeficiente c pode ser utilizado para modelar o crescimento de árvores de acordo com a sua velocidade de crescimento inicial, como por exemplo, de espécies pioneiras com crescimento inicial rápido (coeficiente $c < 1$) ou de espécies climáticas de crescimento inicial lento (coeficiente $c > 1$).

O coeficiente c serve também para modelar a curva de crescimento em função dos diferentes níveis de competições resultantes da densidade (número de árvores.ha⁻¹) do povoamento florestal e nível de estoque acumulado após a exploração de madeira comercial. Adicionalmente, serve para modelar as curvas de crescimento mutuamente compatíveis (vide Seção 5.2.2.) em altura (H), diâmetro (D), área basal (G) e volume (V) de uma mesma árvore. Como a velocidade de crescimento de uma árvore é proporcionalmente maior para a altura na fase juvenil, seguido de diâmetro e área basal na fase intermediária e de volume na fase adulta, o valor desse coeficiente nos modelos de crescimentos das variáveis deve ter $c_H < c_D < c_G < c_V$.



Nota: Valores do coeficiente c conforme legendas das figuras. Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18. Exemplo de curvas de crescimentos geradas em função da variação do coeficiente c (à esquerda $c > 1$ e à direita $c \leq 1$) do modelo de crescimento de Bertalanffy da equação $y=100*((1-e^{(-0,025*t)})^c)$ e seus incrementos correntes e médios anuais.

5.1.2.4 Variações nos coeficientes b e c

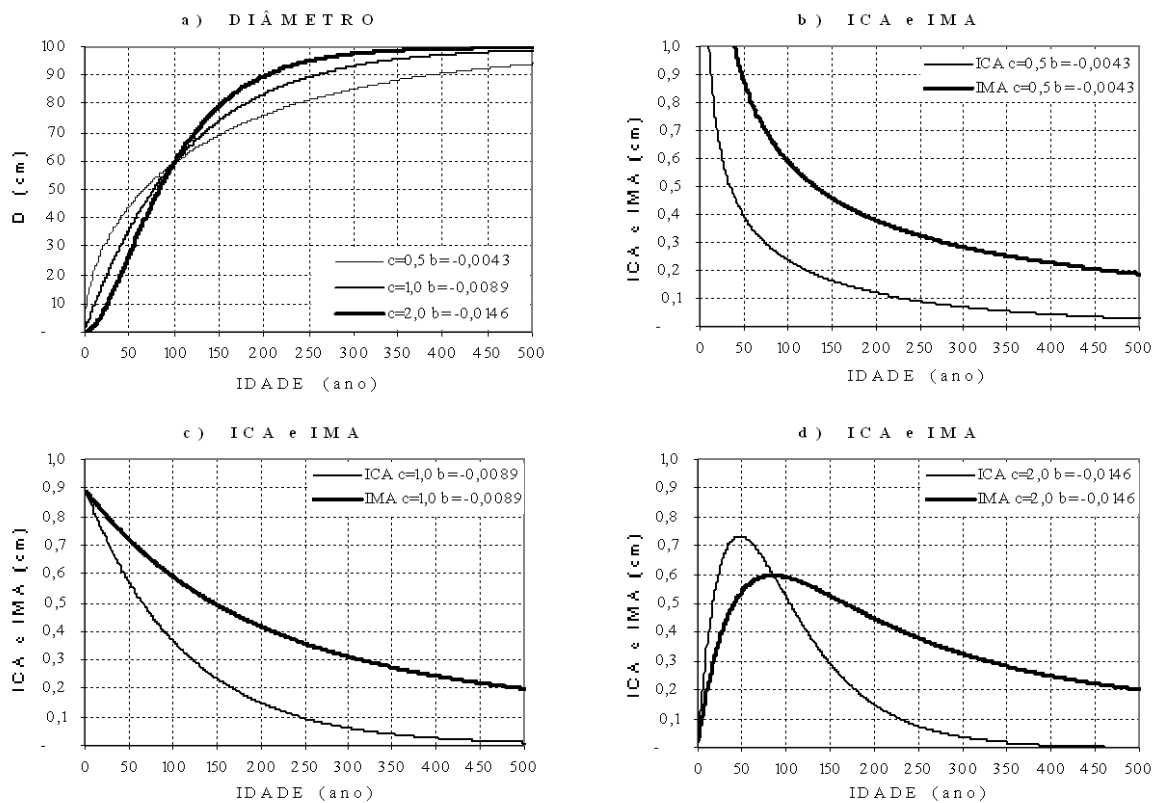
Baseando-se nas relações entre os coeficientes b e c , foi elaborada uma tabela ajustada para o coeficiente b em função dos valores de coeficiente c para cada quociente y/a que deve apresentar uma idade igual a 100 anos (Tabela 17). Assim, os valores da idade da diagonal principal são iguais aos 100 anos, apresentando acima desse uma diminuição constante igual a 1,4142 ($\sqrt{2} = 1,4142$) e, abaixo, um aumento na mesma proporção para o coeficiente $c = 1,00$, ou seja, quando este coeficiente não apresenta nenhuma influência sobre as idades. As

influências do coeficiente $c = 0,50$ sobre as variações das idades são maiores que quando o $a = 2,00$, como pode ser observado nos valores das diagonais da Tabela 17. Na Figura 19, são ilustradas as curvas de idades obtidas em função das variações antes mencionadas e seus incrementos.

Tabela 17. Variação da idade da árvore para cada coeficiente b do modelo de crescimento de Bertalanffy ajustado em função dos valores de coeficiente c , sob a condição de apresentar 100 anos de idade para cada porte relativo y/a

y/a	Coeficiente c	Coeficiente b (*)			
		-0,000763	-0,001393	-0,002481	-0,004300
0,271107	0,50	100,00	54,81	30,77	17,75
0,360593	0,50	182,46	100,00	56,15	32,40
0,468714	0,50	324,95	178,09	100,00	57,69
0,591158	0,50	563,22	308,68	173,33	100,00
y/a	Coeficiente c	Coeficiente b (*) (**)			
		-0,003162	-0,004472	-0,006325	-0,008944
0,271107	1,00	100,00	70,71	50,00	35,36
0,360593	1,00	141,42	100,00	70,71	50,00
0,468714	1,00	200,00	141,42	100,00	70,71
0,591158	1,00	282,84	200,00	141,42	100,00
y/a	Coeficiente c	Coeficiente b (*)			
		-0,007354	-0,009175	-0,011540	-0,014648
0,271107	2,00	100,00	80,15	63,72	50,20
0,360593	2,00	124,77	100,00	79,51	62,64
0,468714	2,00	156,92	125,77	100,00	78,78
0,591158	2,00	199,18	159,64	126,93	100,00

Notas: (*) $b = \text{Ln}(((y/a)^{(1/c)} - 1)^* - 1)/a$ logo $b = \text{Ln}(((27,1107/100)^{(1/0,50)} - 1)^* - 1)/100 = -0,000763$; ...;
 $b = \text{Ln}(((59,1158/100)^{(1/2)} - 1)^* - 1)/100 = -0,014648$.



Nota: Coeficiente $a = 100$ e valores do coeficiente c e b nas legendas.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 19. Curvas de crescimento em diâmetro da árvore da classe de $D_{max}=100\text{cm}$, obtidas aplicando o modelo de crescimento de Bertalanffy, com valores dos coeficientes c e b ajustados para apresentar 100 anos de idade em função do seu porte relativo $y/a = 0,5912$.

5.1.3 Obtenção de curva de crescimento do modelo de Bertalanffy baseado em dois pontos de observações e do seu valor assintótico

Para ajustar a regressão não-linear do modelo de Bertalanffy com software estatístico (SAS[®], STATGRAPHICS[®], SPSS[®], SAEG[®], entre outros), são necessários vários pares de dados x e y , ou seja, valores das variáveis dendrométricas da árvore apresentadas em diferentes fases de crescimento em função da idade (tempo). Mesmo assim, cabe ressaltar que, no caso de tais dados não apresentarem uma tendência de crescimento definido (pontos de inflexão da curva, ponto de tangente e valor tendendo para a assíntota), os métodos iterativos de Marquardt ou de Gauss-Newton podem não convergir satisfatoriamente, sendo o processo abortado (DRAPER & SMITH, 1981). Além disso, caso os valores dos coeficientes ou dos parâmetros a , b e c inseridos para ativar as iterações não apresentem valores compatíveis com os dos resultados esperados, pode-se também ocasionar a abortagem do processamento.

Para o manejo de floresta nativa é importante prognosticar o crescimento futuro de cada árvore e, em função deste prognóstico, balancear e maximizar a produção estabelecendo critério para selecionar as árvores que devem ser colhidas em cada ciclo de corte e deixar as com melhores potenciais para sustentar as produções futuras. Esse critério deve estar fundamentado no perfil de crescimento de árvores individuais obtidas através de modelo genérico de crescimento de espécie e/ou de grupo de espécies similares (curva de crescimento médio) ou a partir de dados reais de remediações de cada árvore (curva de crescimento de

árvores individuais). Neste último caso, terá grande utilidade para o manejo caso pudesse prognosticar o crescimento futuro da fase adulta de cada árvore baseado nas medições de crescimento realizadas na fase intermediária. Porém, o *MCB* não consegue ajustar a curva de crescimento por falta de tendência da fase adulta. Nessas situações, o modelo de regressão não-linear pode apresentar solução e ajuste adequado, desde que, sobre os dados de crescimento de árvores que não atingiram ponto de culminação do *IMA* seja incluído o valor da assíntota dessa variável, atribuindo a esta uma idade exageradamente grande (por exemplo, 500 anos para árvore que vive 100 anos). Neste sentido, quando se classificam as árvores em grupo de espécies segundo a classe de tamanho máximo, como tem sido adotado na modelagem florestal, pode-se contribuir para solucionar este problema típico de manejo florestal.

Visando buscar solução para as questões anteriores, foi desenvolvida nesta tese uma metodologia para obter uma curva de crescimento de árvore individual utilizando-se os dados correspondentes a duas observações (x_1 t_1 e x_2 t_2) e dado real e/ou estimativa do valor correspondente ao valor assintótico da árvore em questão (coeficiente a).

Baseando-se nos fundamentos do modelo de crescimento de Bertalanffy (Seção 5.1.1.) e conhecendo a idade em que uma árvore atinge um determinado tamanho relativo y/a e o valor do coeficiente c , o valor do coeficiente b é obtido aplicando-se a seguinte fórmula:

$$b = \text{Ln}(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) * (1/t)$$

e tendo:

y = tamanho da árvore na idade $t = 20$ e 40 ;

a = valor assintótico do organismo = 144,799407;

c = coeficiente c da equação = 2,02356602801783;

t = idade da árvore = 69,1 e 110,5;

pode ser obtido valor do coeficiente b do modelo como segue:

$$b = \text{Ln}(((20/144,799407)^{(1/2,02356602801783)} - 1) * -1) / 69,1 = -0,0068239570449949;$$

$$b = \text{Ln}(((40/144,799407)^{(1/2,02356602801783)} - 1) * -1) / 110,5 = -0,0068239570449949.$$

Adicionalmente, conhecendo-se a idade em que uma árvore atinge um determinado tamanho relativo y/a e o valor do coeficiente b , o valor do coeficiente c é obtido aplicando a seguinte fórmula:

$$c = \text{Ln}(y/a) / \text{Ln}(1 - e^{(-b * t)})$$

e tendo:

y = tamanho do organismo na idade $t = 20$ e 40 ;

a = valor assintótico do organismo = 144,799407;

b = coeficiente b da equação = -0,0068239570449949;

t = idade da árvore = 69,1 e 110,5;

pode ser obtido valor do coeficiente c do modelo como segue:

$$c = \text{Ln}(20/144,799407) / \text{Ln}(1 - e^{(-0,0068239570449949 * 69,1)}) = 2,02356602801783;$$

$$c = \text{Ln}(40/144,799407) / \text{Ln}(1 - e^{(-0,0068239570449949 * 110,5)}) = 2,02356602801783.$$

Baseando-se nas relações apresentadas e conhecendo-se as idades t_1 e t_2 e os respectivos tamanhos relativos y_1/a e y_2/a de duas medições consecutivas de uma mesma árvore, é possível obter-se simultaneamente os valores dos coeficientes c e b resolvendo a seguinte equação:

$$\text{Ln}(((y_1/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / t_1 = \text{Ln}(((y_2/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / t_2 \text{ ou}$$

$$\text{Ln}(((y_1/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / t_1 - \text{Ln}(((y_2/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / t_2 = 0$$

onde:

Ln = logaritmo neperiano;

y_1 = tamanho da árvore na idade t_1 ;

t_1 = idade da árvore para o tamanho y_1 ;

a = coeficiente a do modelo (valor assintótico da variável);

y_2 = tamanho da árvore na idade t_2 ;
 t_2 = idade da árvore para o tamanho y_2 ;
 c = coeficiente c do modelo (incógnita);

Quando os resultados do primeiro termo da equação $(\text{Ln}(((y_1/a)^{(1/c)}-1)^{-1})/t_1)$ tornarem-se iguais ao resultado do segundo termo $(\text{Ln}(((y_2/a)^{(1/c)}-1)^{-1})/t_2)$, é obtido o valor do coeficiente b do modelo. Para resolver a equação, deve-se encontrar o valor do coeficiente c que tornem iguais os dois termos da equação.

Por exemplo, aplicando-se essa metodologia a partir de dados de uma árvore que apresentou um diâmetro de 20cm aos 69,1 anos de idade ($t_1 = 69,1$ e $y_1 = 20$) e 40cm aos 110,5 anos ($t_2 = 110,5$ e $y_2 = 40$), e com porte máximo de 144,799407cm em diâmetro ($a = 144,799407$), pode-se obter a equação $y = 144,799407 * ((1 - e^{-(0,0068239570449949 * t)})^2,02356602801783)$, desde que, aplicando-se o valor do coeficiente $c = 2,02356602801783$, resultem na igualdade dos termos da primeira e segundo equação como se demonstra a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(((20/144,799407)^{(1/2,02356602801783)}-1)^{-1})/69,1 &= -0,0068239570449949 \\ \text{Ln}(((40/144,799407)^{(1/2,02356602801783)}-1)^{-1})/110,5 &= -0,0068239570449949 \\ \text{Diferença} &= 0,0000000000000000 \end{aligned}$$

Reescrevendo-se a mesma equação do modelo anterior omitindo as últimas 8 casas decimais do coeficiente c , ou seja, 2,0235666 em vez de 2,02356602801783, os dois termos passam a apresentar diferenças, como segue:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(((20/144,799407)^{(1/2,0235666)}-1)^{-1})/69,1 &= -0,00682395945586526 \\ \text{Ln}(((40/144,799407)^{(1/2,0235666)}-1)^{-1})/110,5 &= -0,00682395887546867 \\ \text{Diferença} &= -0,00000000058039658149. \end{aligned}$$

A diferença entre os dois termos pode ser considerada desprezível, porém não sendo exatamente igual a zero (quando as casas decimais diferente de zero tendem ao infinito), em um processo de iterações matemáticas e dependendo do tipo de software utilizado pode ser considerado como uma equação sem solução. No entanto, caso seja incluído um mecanismo para encerrar as iterações quando a igualdade entre os termos atingir certa ordem de grandeza como satisfatório, como por exemplo, valor do coeficiente b coincidente até a oitava casa decimal como satisfatório (como do exemplo anterior $-0,00682395945586526 = -0,00682395887546867$), mesmo apresentando diferenças nas demais casas decimais podem ser obtidos resultados aproximados dos ajustes.

Em relação à metodologia proposta, como é impossível prever o valor do porte máximo da árvore jovem ou da fase intermediária de crescimento da população que está sendo manejada, torna-se necessário assumir o valor do coeficiente a do modelo baseando-se na curva de crescimento calibrado dessa espécie ou valor médio do diâmetro das árvores senescentes que ocorre na mesma região. Assim, assumindo-se que o diâmetro da árvore anterior atinja um valor máximo de 150cm (classe de $D_{max} = 150$), a equação anterior passa ser o seguinte:

$$\begin{aligned} y &= 150 * ((1 - e^{-(0,00657183961484245 * t)})^{1,99913773103634}) \\ \text{Ln}(((20/150)^{(1/1,99913773103634)}-1)^{-1})/69,1 &= -0,00657183961484245 \\ \text{Ln}(((40/150)^{(1/1,99913773103634)}-1)^{-1})/110,5 &= -0,00657183961484245 \\ \text{Diferença} &= 0,0000000000000000 \end{aligned}$$

Nesta tese, através do Microsoft Office Excel 2003®, foi elaborado um programa de cálculo capaz de obter os resultados desejados, utilizando 17 colunas e 10 linhas da planilha de cálculo (Figura 20), contendo cada uma dessas células os seguintes:

- A1: célula para atribuir o valor observado de y_1
- A2: célula para atribuir o valor observado de t_1
- A3: célula para atribuir o valor observado de y_2
- A4: célula para atribuir o valor observado de t_2
- A5: célula para atribuir o valor observado e/ou estimado do coeficiente a

A7: célula com a fórmula da equação do primeiro termo
=Ln((((A1/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A2

A8: célula com a fórmula da equação do segundo termo
=Ln((((A3/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A4

A9: célula com a fórmula para efetuar a soma dos valores do coeficiente c
=SOMA(B1:R10)

A10: célula com fórmula para efetuar a subtração dos valores das duas equações
=A7-A8

B1 até R10 : campo com valores do coeficiente c , preenchido conforme as seguintes instruções: células B1:B10, preencher atribuindo valor igual a 10; posicionar o cursor na célula C1 e, pressionando o botão esquerdo do mouse, deslocar até célula R10 e ativar as células desse campo; na janela da função (fx), digitar a fórmula =B1/10 e teclar simultaneamente “Ctrl Enter” e em seguida “Ctrl C”, entrar no menu da janela “Editar”, selecionar “Colar especial” e marcar “valores” e marcar “OK”, ou seja, atribuir valores dez vezes menores para cada coluna subsequente a partir da coluna B.

Preenchidos todos os campos, a planilha apresenta os valores conforme ilustrados na Figura 8, com somas dos valores do coeficiente a , equações do primeiro e segundo termos que resultam, respectivamente, 111,111111111110000; -0,0584156628752656 e -0,0404019208263991, com diferenças entre os termos igual a -0,0180137420488665.

Para obter o resultado final a partir planilha de cálculo Excel anterior, devem-se realizar as seguintes seqüências operacionais:

Deslocar o cursor em cima do cabeçalho da coluna A da planilha, ativar com botão esquerdo e entrar no menu “Formatar” e, na ordem “Célula”, “Número”, aumentar para “17” a janela de casas decimais, ativar a forma desejada de visualização de número negativo (-, entre parêntesis, letra vermelha, etc.) e pressionar “OK”.

Diminuir sistematicamente a soma dos valores do coeficiente c do modelo, começando a apagar (Delete) sistematicamente e valores das células de cada coluna, começando da esquerda e avançando para a direita e de cima para baixo (B1, B2, ..., B10; C1, C2, ..., C10; ..., R1, R2, ..., R10), sempre prestando atenção na mudança de sinal negativo para o positivo da célula A10. Ao mudar o sinal, levar o cursor para o menu “desfazer limpar”, representado com seta curva virada para a direita e recuperar os dados da última célula apagada. Assim, o valor positivo passa a negativo. Em seguida, não apagar mais as células restantes dessa coluna, passar a apagar a primeira célula da coluna seguinte até mudar de sinal, desfazer esta última, passar a apagar as células da coluna seguinte, e assim sucessivamente até igualar os valores dos dois termos, quando aparece na célula A10 valor igual a zero em todas as casas decimais (Figura 21).

Conforme ilustrado na Figura 21, quando termina-se o processo, é obtido o valor do coeficiente c na célula A7 e A8 (-0,0068239570449949) e na A9 o valor do coeficiente b (2,0235660280178400), que é soma dos valores não-apagados das células do campo B1:R10, e na A10 a diferença entre os valores da A7 e A8 igual a zero (0,0000000000000000).

Os valores das células A7 e A8 podem ser diferentes (diferença na última casa decimal) devido ao arredondamento e também quando o valor do coeficiente c for muito elevado. O fato de aparecer um valor positivo na célula A10 antes de começar a diminuição dos valores do coeficiente c indica que o valor desse coeficiente é maior que 111,1111, e nesse caso devem-se corrigir os números do campo das somas, inserindo-se o valor 100 nas células da coluna B, valor 10 na coluna B, e assim sucessivamente, e proceder conforme instruções do início.

	A	B	C	D	E	F	G	H	...	P	Q	R
1	20	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
2	69,1	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
3	40	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
4	110,5	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
5	144,799407	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
6		10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
7	-0,0584156628752656	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
8	-0,0404019208263991	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
9	111,1111111111110000	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
10	-0,0180137420488665	10	1	0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15

Notas: Preenchimento das células da coluna **A**: A1→ yI; A2→ tI; A3→ y2; A4→ t2; A5→ a;
A7→ =LN((((A1/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A2; A8→ =LN((((A3/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A4; A9→ =SOMA(B1:R10); A10→
=A7-A8. Preenchimento das colunas **B** até **R**: B1:B10→ 10; C1:C10→ 1; D1:D10→ 0,1; E1:E10→ 0,01; F1:F10→
0,001; G1:G10→ 0,0001; H1:H10→ 1,E-05;; P1:P10→ 1,E-13; Q1:Q10→ 1,E-1R; R1:R10→ 1,E-15.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20. Planilha de cálculo programada para obterem-se simultaneamente os coeficientes *c* e *b* do modelo de crescimento de Bertalanffy, com os valores de dois pontos da curva de crescimento, coeficiente *a* e todas as células com número que devem resultar na soma o valor do coeficiente *c* preenchido.

	A	B	C	D	E	F	G	H	...	P	Q	R
1	20			0,10					...			
2	69,1			0,10					...			1,E-15
3	40			0,10					...	1,E-13		1,E-15
4	110,5			0,10					...	1,E-13		1,E-15
5	144,799407			0,10				1,E-05	...	1,E-13		1,E-15
6				0,10			0,0001	1,E-05	...	1,E-13		1,E-15
7	-0,0068239570449949			0,10			0,0001	1,E-05	...	1,E-13		1,E-15
8	-0,0068239570449949			0,10		0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
9	2,0235660280178400			0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15
10	0,0000000000000000	1		0,10	0,01	0,001	0,0001	1,E-05	...	1,E-13	1,E-14	1,E-15

Notas: Preenchimento das células da coluna **A**: A1→ yI; A2→ tI; A3→ y2; A4→ t2; A5→ a;
A7→ =LN((((A1/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A2; A8→ =LN((((A3/A5)^(1/A9))-1)*-1)/A4; A9→ =SOMA(B1:R10); A10→
=A7-A8. Preenchimento das colunas **B** até **R**: B1:B10→ 10; C1:C10→ 1; D1:D10→ 0,1; E1:E10→ 0,01; F1:F10→
0,001; G1:G10→ 0,0001; H1:H10→ 1,E-05;; P1:P10→ 1,E-13; Q1:Q10→ 1,E-1R; R1:R10→ 1,E-15.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21. Valores dos coeficientes *c* e *b* do modelo de crescimento de Bertalanffy, obtidos a partir da planilha de cálculo programada com dois pontos da curva de crescimento observados e valor do coeficiente *a*, com células de valores numéricos ativos que resultaram na soma dos valores do coeficiente *c* e valores iguais das duas equações que representa o coeficiente *b*.

No exemplo ilustrado na Figura 21, os valores da coluna B foram todos apagados, e prosseguindo mudou de sinal ao apagar C10, desfazendo-se a digitação volta-se a recuperar o valor dessa célula, passa-se a apagar as células da coluna D e, como mudou de sinal ao apagar D1, desfaz-se (não deve apagar nenhuma célula dessa coluna), passa-se para E até E9 e desfaz-se, e assim sucessivamente desfazendo-se as células apagadas G6, H5, ..., P3, Q8. Finalmente, ao apagar R1, zera-se o valor da célula A10, encerrando-se o processamento. A soma dos valores não-apagados (=soma(B1:R10)) perfazem 2,02356602801784, que, transferida nas equações, resultam ambas = -0,0068239570449949, como demonstra-se a seguir:

$$\text{Ln}(\frac{((20/144,799407)^{(1/2,02356602801784))-1}{69,1}}{-1}) = -0,0068239570449949$$

$$\text{Ln}(\frac{((40/144,799407)^{(1/2,02356602801784))-1}{110,5}}{-0,0068239570449949})$$

5.1.4 Aplicação de curva de crescimento do modelo de Bertalanffy baseada em dois pontos de observações e do seu valor assintótico

Como exemplo de possibilidade de utilizar o modelo de crescimento de Bertalanffy para simular um regime de manejo florestal baseado em dois pontos de observações e do seu valor assintótico, foi tomado como base de dados o crescimento em diâmetro de *Podocarpus rospigliosii* da Venezuela que, segundo LAMPRECHT (1990), apresentou os seguintes valores de *DAP* nas respectivas idades: *A* = 20cm ao 69,1 anos, *B* = 40cm aos 110,5 anos, *C* = 60cm aos 153,6 anos, *D* = 80cm aos 218,3 anos, *E* = 100cm aos 301,4 anos e *F* = 120cm aos 394,5 anos. Na Figura 22, estão ilustrados os resultados de modelo de crescimento de Bertalanffy (modelo de regressão não-linear), ajustados pelo software Statgraphics Version 7® para 6 pares de dados antes citados, que resultou a seguinte equação:

$$y = 144,799407 * (1 - e^{(-0,005507 * t)})^{1,645862}.$$

Resultados do modelo ajustado para: Podocarpus.DAP				
	Estimado	Erro Padrão	Razão	
Coefficiente 1	144,799407	11,640934	12,9701	
Coefficiente 2	0,005507	0,0011278	4,8829	
Coefficiente 3	1,645862	0,2434666	6,7601	
Total de iterações = 5		Total de avaliações da função = 21		
Análise de Variância				
Causas de Variação	SQ	G.L	QM	F
Regressão	36383,308	3	12127,769	2179,737
Resíduo	16,691607	3	5,563869	
Total	36400,000	6		
Total (corr.)	7000,0000	5		
R ² = 0,997615				
R ² (corrigido para G.L) = 0,996026				

Nota: pares de dados *x* e *y* utilizados: 69,1 e 20; 110,5 e 40; 153,6 e 60; 218,3 e 80; 301,4 e 100; 394,5 e 120, sendo *x* = idade e *y* = *DAP*.

Fonte: Processado pelo autor utilizando software Statgraphics Version 7 (tradução livre do autor).

Figura 22. Resultados de regressão não-linear e análise de variância do modelo de crescimento de Bertalanffy para estimar o crescimento em diâmetro de *Podocarpus rospigliosii* em função da idade.

O modelo de crescimento ajustado para todos os dados (*ABCDEF*) apresentou, em vez de 20,00cm de incremento periódico (*IP*) observado entre os pontos sucessivos, os seguintes valores ajustados: *AB* =39,74-21,80=17,94; *BC* =57,54-39,74= 17,80; *CD* =80,40-57,54= 22,86; *DE* =102,33-80,40= 21,92; *EF* = 118,67-102,33= 16,34. Assim, a razão entre o valor observado e ajustado apresentou as seguintes variações: *AB* =20/17,94= 1,11; *BC* =20/17,80= 1,12 ; *CD* =20/22,86= 0,87 ; *DE* =20/21,92= 0,91; *EF* = 20/16,34=1,22, indicando que, no

segmento *EF*, a árvore apresentou maior crescimento relativo (1,22) e o menor no segmento *CD* (0,87).

Utilizando-se o valor do coeficiente *a* obtido pela regressão não-linear considerando-se os pares de valores dos pontos *ABCDEF* (Figura 22), foram obtidos, aplicando-se a metodologia apresentada na Seção 5.1.3., os valores dos coeficientes *b* e *c* do modelo dos segmentos *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF*. O segmento *CD* apresentou menor valor de coeficiente *b* (-0,00453653) e o maior foi do segmento *EF* (-0,00694327), sendo coerente com a velocidade de crescimento relativo apresentado no parágrafo anterior (Tabela 19). Por outro lado, o valor do coeficiente *c* do modelo variou em função da velocidade de crescimento e da posição do segmento de idade (69,1 a 110,6 no segmento *AB* até 301,4 a 394,5 anos no último segmento *EF*).

Tabela 18. Valores dos coeficientes *a*, *b* e *c* do modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (*ABCDEF*) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos de observações *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF*

Modelo ajustado (segmento)	Idade do Segmento	Coeficiente A	Coeficiente B	Coeficiente C
<i>A B C D E F</i>	69,1 a 394,5	144,799407	-0,005507000000000000	1,645862000000000
<i>A B</i>	69,1 a 110,5	144,799407	-0,00682395704499491	2,02356602801783
<i>B C</i>	110,5 a 153,6	144,799407	-0,00659790206182116	1,95372036701174
<i>C D</i>	153,6 a 218,3	144,799407	-0,00453653078419427	1,27775077056670
<i>D E</i>	218,3 a 301,4	144,799407	-0,00474314922673248	1,35270500386988
<i>E F</i>	301,4 a 394,5	144,799407	-0,00694326738623668	2,81181180218629

Fonte: Elaborada pelo autor.

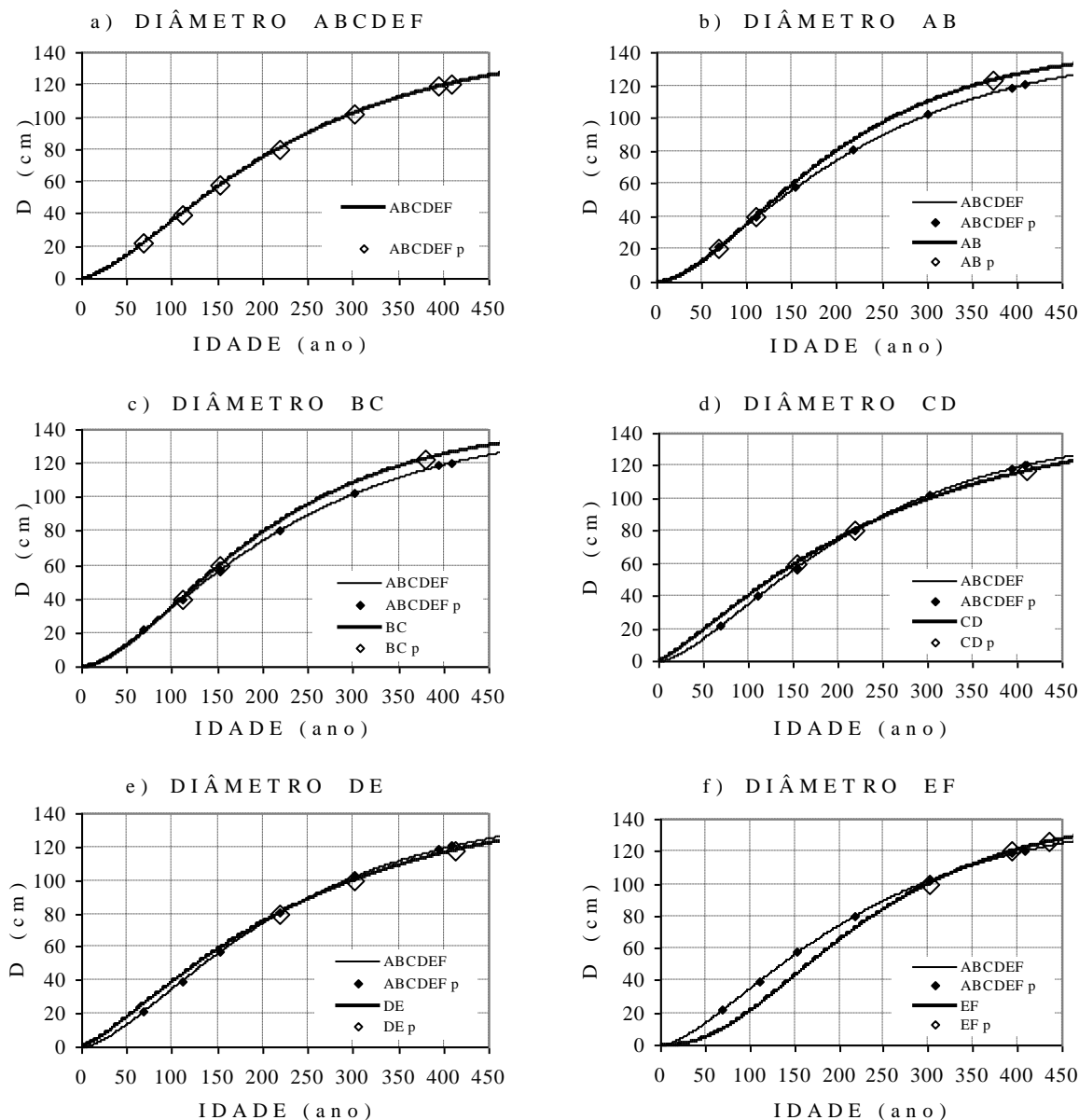
Tabela 19. Crescimento em diâmetro de *Podocarpus rospigliosii* ajustado pelo modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (*ABCDEF*) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos de observações *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF* e os respectivos desvios relativos (%)

Idade	Variável	<i>ABCDEF</i>	<i>AB</i>	<i>BC</i>	<i>CD</i>	<i>DE</i>	<i>EF</i>
69,1	<i>D</i> (cm)	21,80	20,00	20,33	27,06	25,81	9,61
110,5	<i>D</i> (cm)	39,74	40,00	40,00	44,08	43,05	25,04
153,6	<i>D</i> (cm)	57,54	60,45	60,00	60,00	59,38	44,21
218,3	<i>D</i> (cm)	80,40	86,35	85,39	80,00	80,00	72,09
301,4	<i>D</i> (cm)	102,33	109,78	108,61	99,44	100,00	100,00
394,5	<i>D</i> (cm)	118,67	125,64	124,59	114,65	115,49	120,00
69,1	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	-8,26	-6,72	24,13	18,40	-55,92
110,5	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	0,65	0,65	10,93	8,33	-37,00
153,6	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	5,05	4,27	4,27	3,19	-23,17
218,3	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	7,40	6,21	-0,50	-0,50	-10,33
301,4	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	7,28	6,14	-2,82	-2,27	-2,27
394,5	Desvio <i>D</i> (%)	0,00	5,87	4,99	-3,39	-2,68	1,12

Nota: Desvio em relação ao valor ajustado do modelo *ABCDEF*.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A curva de crescimento em diâmetro obtida a partir de um par de dados apresentou valores com desvios em relação à curva obtida com o modelo baseado nos dados *ABCDEF* variando entre -55,92% (*EF*) a 24,13% (*CD*) para a idade de 69,1 anos (efeito do coeficiente *c*), porém à idade de 394,5 anos baixou para entre -3,39% do segmento *CD* até 5,87% do segmento *AB* (convergência para coeficiente *a*), indicando que é possível aplicar este método para prognosticar o diâmetro futuro de uma árvore adulta baseando-se em dados de duas remedições obtidas nas idades mais jovens (Tabela 19 e Figura 23).



Notas: 1- Pontos A ($D=20$, $t=69,1$); B ($D=40$, $t=110,5$); C ($D=60$, $t=153,6$); D ($D=80$, $t=218,3$); E ($D=100$, $t=301,4$); F ($D=120$, $t=394,5$); 2- o último ponto refere-se à idade de culminação em incremento médio anual em volume (idade de rotação).

Fonte: Elaborada pelo autor.

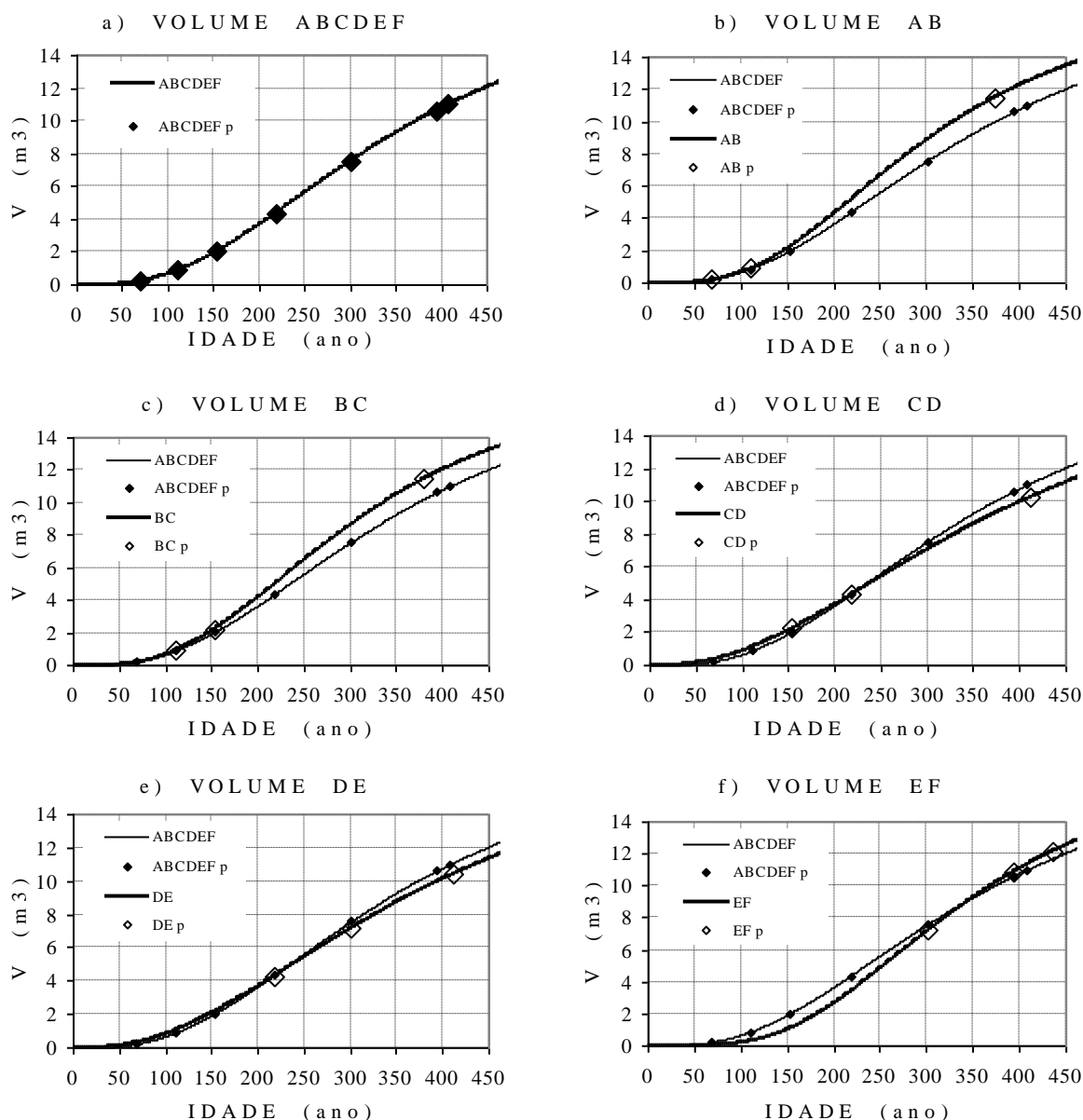
Figura 23. Variação de curva de crescimento em diâmetro ajustado com o modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos (p) observados (ABCDEF) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos (p) de observações AB, BC, CD, DE e EF.

A curva de crescimento em diâmetro ajustado utilizando os valores dos coeficientes da Tabela 3 foi transformada em curva de crescimento de volume. Nessa transformação, por falta de informações sobre relações alométricas de *Podocarpus rospigliosii*, foi aplicada a equação de relação hipsométrica ($\ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln D$) e equação de volume ($V = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H^{0,768253} * 1,00718$) utilizadas nessa tese.

Para comparar a produção e produtividade entre modelos, foi tomada como referência a idade onde a árvore apresentou máxima produtividade biológica (I_{MA}), a qual foi de 408 anos modelo incluindo ABCDEF, e, em relação a essa idade, apresentaram valores com

desvio inferior a 1% os segmentos *CD* (411 anos) e *DE* (412 anos) e com idade de rotação mais curta com desvio de -8,3% o segmento *AB* (374 anos) e com -7,1% o *BC* (379 anos) e ao contrário, a idade de rotação do segmento *EF* (435 anos) apresentou um retardamento de 6,6% (Figura 12 e Tabela 5).

Em relação ao volume da árvore prognosticado para a idade de rotação, que foi de $10,994\text{m}^3$ do modelo incluindo *ABCDEF* (Tabela 20 e Figura 24), o segmento *CD* ($10,235\text{m}^3$) apresentou volume subestimado de -6,9% e de -5,1% no *DE* ($10,436\text{m}^3$), e ao contrário, o segmento *BC* apresentou valor sobrestimado em 3,9% ($11,422\text{m}^3$), assim como o *AB* com 4,6% ($11,503\text{m}^3$) e um máximo de 10,4% de desvio do segmento *EF* ($12,140\text{m}^3$).



Notas: 1- Pontos A ($D=20, t=69,1$); B ($D=40, t=110,5$); C ($D=60, t=153,6$); D ($D=80, t=218,3$); E ($D=100, t=301,4$); F ($D=120, t=394,5$) transformados em volume; 2- o último ponto refere-se à idade de culminação em incremento médio anual em volume (idade de rotação).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 24. Variação de curva de crescimento em volume ajustado com o modelo de crescimento de Bertalanffy, segundo modelo ajustado com seis pontos (p) observados (*ABCDEF*) e dos modelos ajustados incluindo apenas dois pontos (p) de observações *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF*.

Como no manejo florestal, para maximizar a produção, deve-se aumentar a taxa de produtividade medida através de *IMA*, apresentam-se a seguir as diferenças de produtividade apresentadas pelos segmentos em relação à produtividade de 0,0269m³ apresentado pelo modelo incluindo *ABCDEF* (Tabela 20). Assim, o segmento *CD* (0,0249m³) apresentou uma produtividade de -7,6% e de -6,0% o *DE* (0,0253m³) e ao contrário o segmento *EF* apresentou produtividade sobrestimado em 3,6% (0,0279m³), assim como o *BC* com 11,8% (0,0301m³) e um máximo de 14,1% de desvio do segmento *AB* (0,0308m³).

Tabela 20. Produção e produtividade de madeira do fuste de *Podocarpus rospigliosii* prognosticado pelo modelo de crescimento de Bertalanffy para a idade de rotação biológica, segundo modelo ajustado com seis pontos observados (*ABCDEF*) e dos modelos ajustados incluindo dois pontos de observações *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF* e os respectivos desvios relativos (%)

Segmento	Variável	<i>ABCDEF</i>	<i>AB</i>	<i>BC</i>	<i>CD</i>	<i>DE</i>	<i>EF</i>
<i>ABCDEF</i>	<i>V</i> 408 anos	10,994	12,466	12,240	10,160	10,334	11,336
<i>AB</i>	<i>V</i> 374 anos	10,018	11,503	11,270	9,263	9,417	10,174
<i>BC</i>	<i>V</i> 379 anos	10,169	11,655	11,422	9,400	9,557	10,356
<i>CD</i>	<i>V</i> 411 anos	11,074	12,544	12,318	10,235	10,410	11,431
<i>DE</i>	<i>V</i> 412 anos	11,101	12,569	12,344	10,260	10,436	11,462
<i>EF</i>	<i>V</i> 435 anos	11,686	13,120	12,903	10,812	10,997	12,140
<i>ABCDEF</i>	Desvio <i>V</i> (%)	0,00	13,40	11,33	-7,59	-6,00	3,12
<i>AB</i>	Desvio <i>V</i> (%)	-8,87	4,64	2,51	-15,75	-14,34	-7,45
<i>BC</i>	Desvio <i>V</i> (%)	-7,50	6,02	3,90	-14,50	-13,06	-5,80
<i>CD</i>	Desvio <i>V</i> (%)	0,73	14,10	12,04	-6,90	-5,31	3,98
<i>DE</i>	Desvio <i>V</i> (%)	0,97	14,33	12,28	-6,68	-5,08	4,26
<i>EF</i>	Desvio <i>V</i> (%)	6,30	19,34	17,36	-1,65	0,03	10,42
<i>ABCDEF</i>	<i>IMA</i> 408 anos	0,0269	0,0306	0,0300	0,0249	0,0253	0,0278
<i>AB</i>	<i>IMA</i> 374 anos	0,0268	0,0308	0,0301	0,0248	0,0252	0,0272
<i>BC</i>	<i>IMA</i> 379 anos	0,0268	0,0308	0,0301	0,0248	0,0252	0,0273
<i>CD</i>	<i>IMA</i> 411 anos	0,0269	0,0305	0,0300	0,0249	0,0253	0,0278
<i>DE</i>	<i>IMA</i> 412 anos	0,0269	0,0305	0,0300	0,0249	0,0253	0,0278
<i>EF</i>	<i>IMA</i> 435 anos	0,0269	0,0302	0,0297	0,0249	0,0253	0,0279
<i>ABCDEF</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	0,00	13,40	11,33	-7,59	-6,00	3,12
<i>AB</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	-0,59	14,15	11,83	-8,09	-6,55	0,96
<i>BC</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	-0,43	14,13	11,85	-7,96	-6,41	1,40
<i>CD</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	0,00	13,27	11,23	-7,58	-6,00	3,22
<i>DE</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	-0,01	13,22	11,19	-7,58	-6,00	3,25
<i>EF</i>	Desvio <i>IMA</i> (%)	-0,30	11,93	10,08	-7,76	-6,18	3,57

Notas: 1- Rotação biológica: colheita da árvore ao culminar o seu incremento médio anual em volume; 2- Curva de volume de crescimento em *V*, obtido a partir da curva de crescimento em *D*, aplicando as seguintes transformações: $\ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln D$ e $V = 0,0000901099 * D^2 * 0,002525 * H^0,768253 * 1,00718$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados dos exemplos aplicando-se o método para prognosticar a produção e produtividade, baseado nos dados de dois pontos de remedições de uma árvore, poderão ser úteis para o manejo florestal, porém necessita de cuidado, pois em alguns casos apresentou um desvio superior a 10%. Para minimizar tais distorções, será necessário não utilizar dados dos anos ou períodos em que as árvores apresentaram um crescimento desviado em relação ao padrão médio obtido de remedições contínuas de parcelas permanentes.

Outro aspecto importante que deve merecer estudos mais aprofundados é a possibilidade de ajuste da equação alterando-se o valor do coeficiente a em função da velocidade de crescimento apresentado no período compreendido entre duas medições. Isto se deve ao fato de terem encontrado, para uma única espécie, diferentes portes máximos em função da diferença de qualidade de sítio, e, também, num mesmo sítio, diferenças em função da variação de carga genética entre árvores da mesma espécie. Além disso, a exploração e desbaste também alteram a velocidade de crescimento e fazem aumentar o porte de árvore por aliviar a competição (JONGMAN *et al.*, 1995; FEKEDULEGN *et al.*, 1999; VIDAL *et al.*, 2002; MEZA *et al.*, 2003; VIEIRA, 2003; KARIUKI *et al.*, 2006; KARKACH, 2006).

5. 2 Modelo de Crescimento de Bertalanffy Compatível - *MCBC*

Nesta tese, o modelo de crescimento de Bertalanffy (*MCB*) foi denominado compatível (*MCBC*) quando um modelo de equação desenvolvido para uma variável qualquer mantém uma relação alométrica exata com outro modelo de uma variável distinta, sem apresentar nenhum desvio em todos os segmentos das duas curvas de crescimento.

Assim, pode-se afirmar que são *MCBC* os seguintes modelos independentes, um para simular o crescimento em diâmetro e outro para a área basal da mesma árvore, que apresentam os seguintes coeficientes:

$$D=100*((1-e^{(-0,05*t)})^{1,5});$$

$$G=7853,98163397448*((1-e^{(-0,05*t)})^{3,0}).$$

Aplicando-se os dois modelos para uma árvore com 25 e 50 anos de idade (t), resultam:

$$D=100*((1-e^{(-0,05*25)})^{1,5}) = 60,2679732059339\text{cm}$$

$$D=100*((1-e^{(-0,05*50)})^{1,5}) = 87,9434909902610\text{cm}$$

e

$$G=7853,98163397448*((1-e^{(-0,05*25)})^{3,0}) = 2.852,74566704310\text{cm}^2$$

$$G=7853,98163397448*((1-e^{(-0,05*50)})^{3,0}) = 6.074,31464058307\text{cm}^2.$$

Baseando-se na relação alométrica $G = D^2*\pi/4$, ficam demonstrados que as duas equações são *MCBC*, pois, transformando os diâmetros estimados da primeira equação em área basal, resultam em valores exatamente iguais aos obtidos diretamente pela segunda equação, conforme demonstram as seguintes transformações:

$$G=60,2679732059339^2*\pi/4 = 2.852,74566704310\text{cm}^2$$

$$G=87,9434909902610^2*\pi/4 = 6.074,31464058307\text{cm}^2.$$

Apresentam-se a seguir estudos sobre as relações alométricas (FROOSE, 2000) sobre as variáveis dendrométricas, objetivando-se desenvolver *MCBC*. Cabe ressaltar que, no manejo florestal, é inconveniente encontrar desvios entre os modelos ajustados a partir de uma variável (p.ex. de DAP) com outra variável (p.ex. a partir de volume).

5.2.1 Relações alométricas entre as variáveis dendrométricas D , G , H , V e R

Os fundamentos para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (*MCBC*) foram baseados nas relações alométricas não-linear e linearizada entre as variáveis dendrométricas medidas. Para tanto, as relações alométricas não-lineares entre os crescimentos em diâmetro (D), área basal (G), altura do fuste (H), volume de fuste (V) e valor da árvore em pé (R) foram linearizadas aplicando-se o logaritmo neperiano (Ln) (Figuras 25, 26 e 27).

A relação alométrica entre o crescimento em diâmetro (D) e de área basal (G) foi fundamentada na expressão geométrica $G=D^2*\pi/4$. Tomando como exemplo um diâmetro igual a 100cm e área basal correspondente de 7853,98cm², foi obtida uma relação linear entre essas variáveis, como segue:

$$\ln G = 2 * \ln D + \ln (\pi/4), \text{ sendo:}$$

$$\ln (\pi/4) = -0,24156447527049$$

$$\ln (100) = 4,60517018598809, \text{ logo:}$$

$$\ln G = 2 * 4,60517018598809 - 0,24156447527049 = 8,96877589670569$$

$$G = e ^ 8,96877589670569 = 2,71828182845905 ^ 8,96877589670569$$

$$G = \mathbf{7853,98163397459}$$

O mesmo resultado anterior é obtido diretamente a partir da área basal, como segue:

$$G = 100^2 * \pi/4 = \mathbf{7853,98163397448}$$

A relação alométrica entre o crescimento em diâmetro (D) e de altura (H) foi obtida baseando-se na regressão hipsométrica $\ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln D$. Tomando-se como exemplo um diâmetro de 100cm, tem-se:

$$\ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln 100$$

$$\ln H = 0,948527 + 0,375163 * 4,60517018598809 = 2,67621646248585$$

$$H = e ^ 2,67621646248585$$

$$H = 2,71828182845905 ^ 2,67621646248585 = \mathbf{14,5300143106572}$$

A relação alométrica entre o crescimento em diâmetro (D) e de volume do fuste (V) foi obtida baseando-se na regressão de volume da árvore (modelo de equação de Schumacher-Hall: $\ln V = b_0 + b_1 \ln D + b_2 \ln H$) elaborado por AMORIM (2003) para o estado de Rondônia: $V = 0,0000901099 * D ^ 2,002525 * H ^ 0,768253 * 1,00718$. Tomando-se como exemplo uma árvore com um diâmetro de 100cm e altura de 14,5300143106572 m, tem-se:

$$\ln V = \ln 0,0000901099 + \ln 100 * 2,002525 + \ln 14,53 * 0,768253 + \ln 1,00718$$

$$\ln 0,0000901099 = -9,31448052147269$$

$$\ln 100 * 2,002525 = 4,60517018598809 * 2,002525 = 9,2219684266958$$

$$\ln 14,5300143106572 * 0,768253 = 2,67621646248585 * 0,768253 = 2,05601132595414$$

$$\text{(Nota: Altura estimada através do modelo } \ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln D)$$

$$\ln 1,00718 = 0,0071543465214585$$

$$\ln V = -9,31448052147269 + 9,2219684266958 + 2,05601132595414 + 0,0071543465214585$$

$$\ln V = 1,97065357769871$$

$$V = e ^ 1,97065357769871$$

$$V = 2,71828182845905 ^ 1,97065357769871 = \mathbf{7,17536461444454}$$

O mesmo resultado anterior é obtido diretamente a partir da equação como segue:

$$V = 0,0000901099 * 100^2 * 0,002525 * 14,5300143106572^0,768253 * 1,00718$$

$$V = \mathbf{7,17536461444454}$$

A relação alométrica entre o crescimento em volume (V) e de valor da madeira em pé (R) foi baseado no produto da multiplicação do volume pelo preço unitário (PU): $R = V * PU$. Tomando como exemplo uma árvore com um diâmetro de 100cm e altura de 14,53 m, com preço unitário de R\$10,00 por metro cúbico, tem-se: $R = 0,0000901099 * D ^ 2,002525 * H ^ 0,768253 * 1,00718 * 10,00$. Como no parágrafo anterior já foi calculado o volume, deve ser acrescentado sobre os anteriores apenas o preço unitário da madeira de cada espécie comercial, como segue:

$$\ln R = \ln V + \ln PU$$

$$\ln R = \ln 7,17536461444454 + \ln 10,00$$

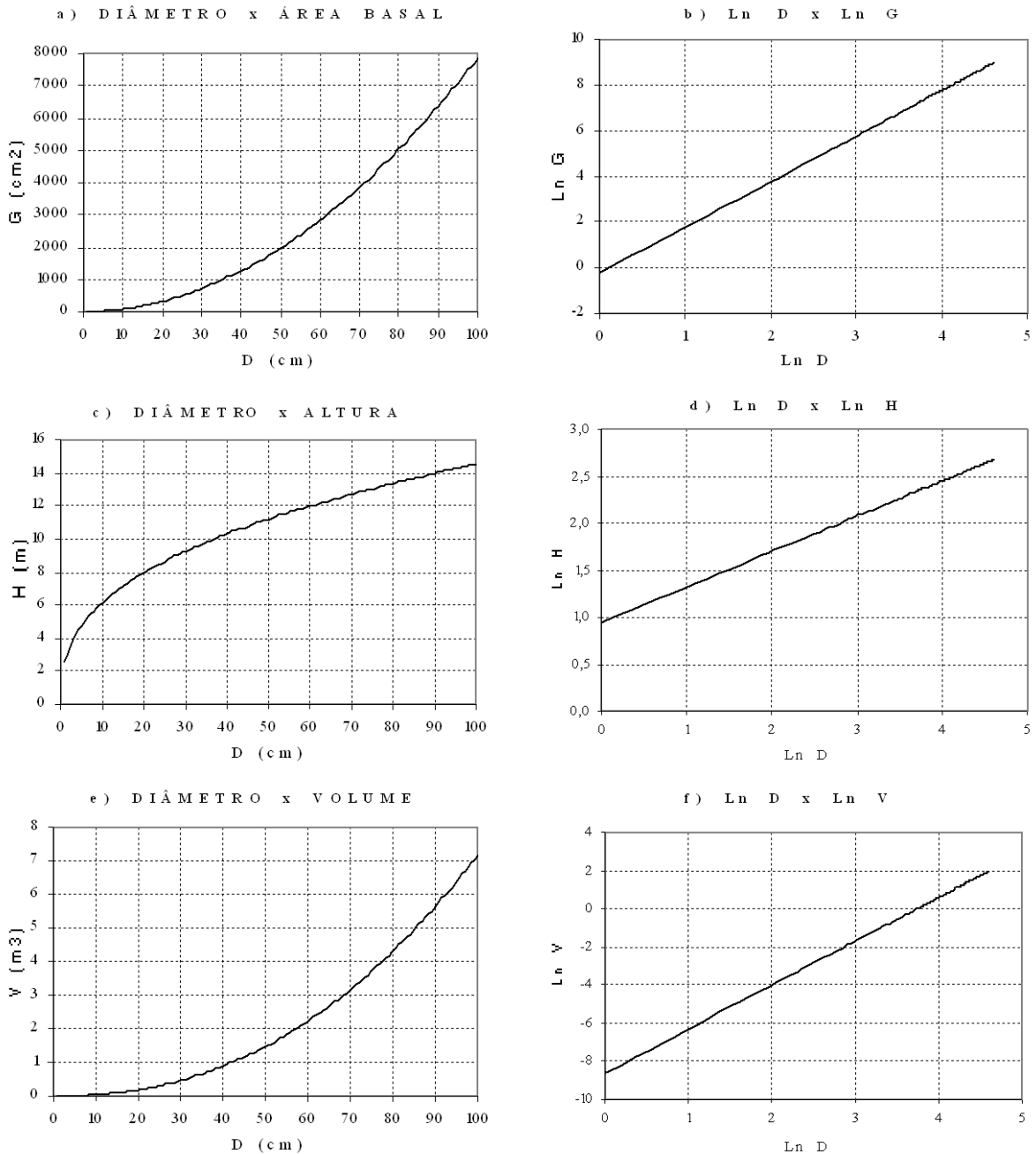
$$\ln R = 1,97065357769871 + 2,30258509299405 = 4,27323867069276$$

$$R = e ^ 4,27323867069276$$

$$R = 2,71828182845905 ^ 4,27323867069276 = \mathbf{71,7536461444451}$$

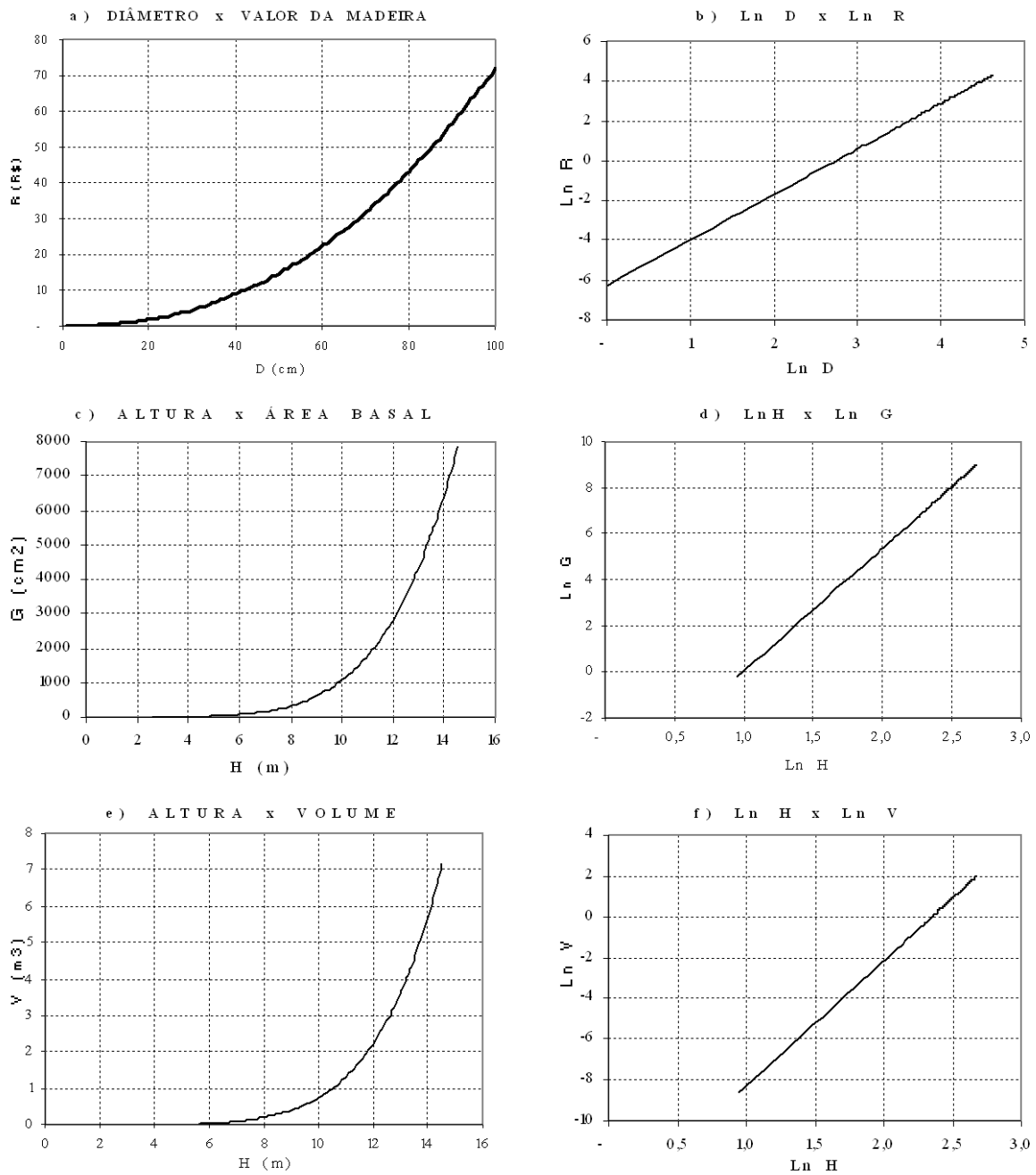
O mesmo resultado anterior é obtido diretamente multiplicando-se o volume pelo preço unitário, como segue:

$$R = 7,17536461444454 * 10,00 = 71,7536461444454$$



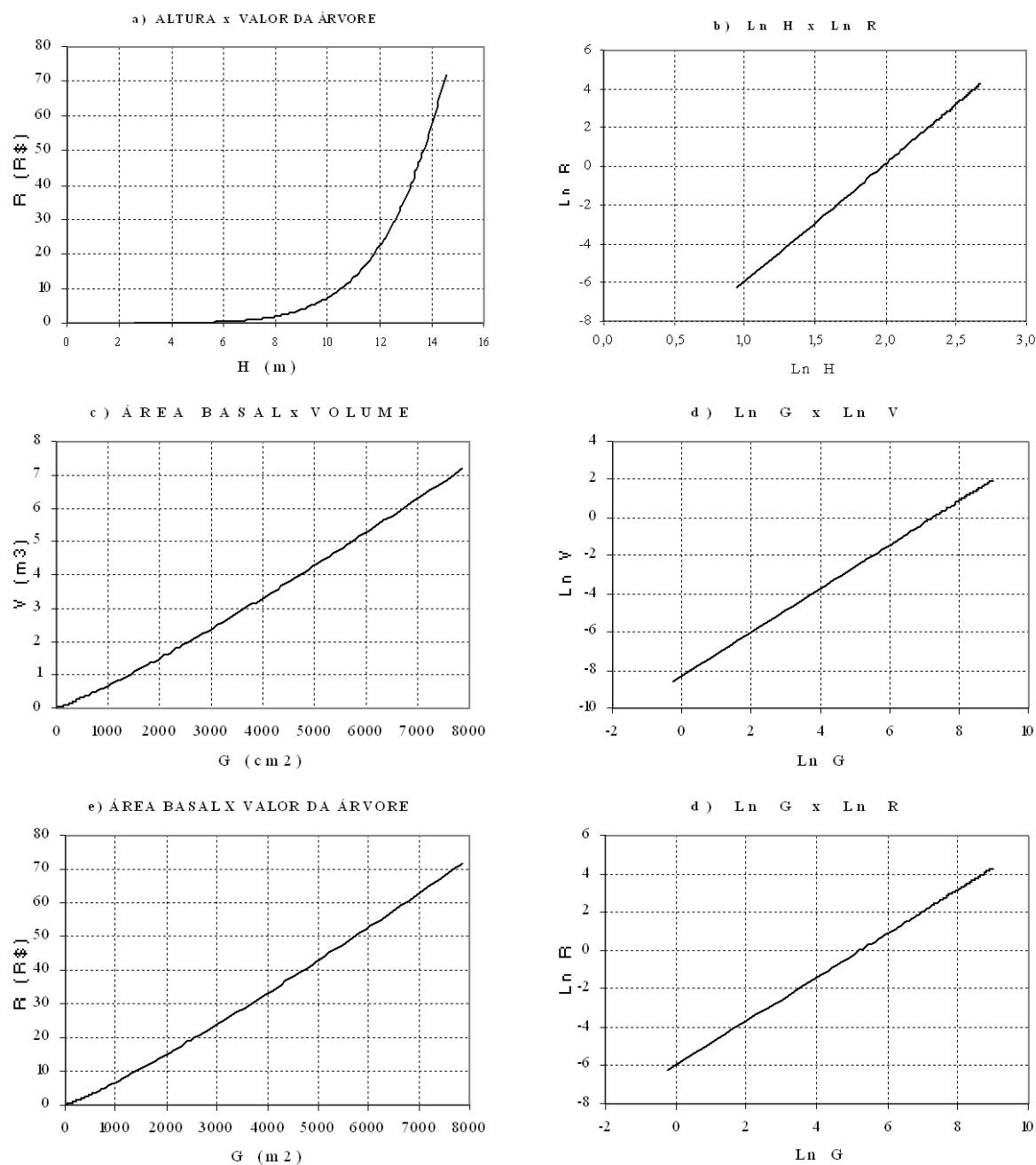
Nota: Ilustração referente à árvore da classe de D_{max} de 100cm abrangendo amplitude entre 1 à 100cm de DAP .
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 25. Relações alométricas não-linear e linearizada entre as variáveis $D \times G$, $D \times H$ e $D \times V$ utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (*MCBC*) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.



Nota: Ilustração referente à árvore da classe de D_{max} de 100cm abrangendo amplitude entre 1 à 100cm de DAP.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26. Relações alométricas não-linear e linearizada entre as variáveis $D \times R$, $H \times G$, $H \times V$ utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (MCBC) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.



Nota: Ilustração referente à árvore da classe de D_{max} de 100cm abrangendo amplitude entre 1 a 100cm de DAP .
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27. Relações alométricas não-linear e linearizada entre as variáveis $H \times R$, $G \times V$, $G \times R$ utilizadas para desenvolver modelo de crescimento de Bertalanffy compatível (*MCBC*) para simular crescimento de árvores da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

5.2.2 Ajustes dos coeficientes do *MCBC*

O modelo de crescimento de Bertalanffy compatível – *MCBC* definido nesta tese como modelo para simular o crescimento de cada uma das variáveis de forma independente, porém mantendo uma relação alométrica linear entre todas as variáveis para qualquer idade sem apresentar desvios, foi desenvolvido baseando-se nas propriedades do modelo (Seção

5.1.1. e Seção 5.1.2.) e relações alométricas de crescimento das árvores apresentadas na seção anterior 5.2.1.

Como este modelo foi desenvolvido para ser aplicado a fim de simular o crescimento das árvores da Floresta Ombrófila Aberta da Resex Aquariquara (Seção 5.5.), em primeiro lugar cada uma das espécies que ocorreram nessa área foram enquadradas na classe de diâmetro máximo (D_{max}) com amplitude de 10cm cada, baseando-se no valor máximo de DAP de cada espécie encontrada em inventário florestal, abrangendo todo o estado de Rondônia.

Considerando-se as árvores com $DAP \geq 40$ cm, foram encontradas, na Resex Aquariquara, árvores das seguintes classes de D_{max} : D_{50} , D_{60} , D_{70} , D_{80} , D_{90} , D_{100} , D_{110} , D_{120} e D_{240} , não sendo encontradas espécies nas classes intermediárias compreendidas entre $130 \leq D_{max} \leq 230$ (Tabelas 21 e 30).

O valor do coeficiente a do $MCBC$ foi ajustado (Tabela 21) para cada grupo de árvores de D_{max} , calculando-se o valor assintótico de cada uma das variáveis baseando-se nas relações alométricas antes apresentadas, como segue:

coeficiente a de $D = D_{max}$, sendo $D_{max} = 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120$ e 240 ;

coeficiente a de $G = D_{max}^2 * \pi / 4$;

coeficiente a de $H = e^{0,948527 + 0,375163 * \ln D_{max}}$;

coeficiente a de $V = 0,0000901099 * D_{max}^2 * 2,002525 * H^{0,768253} * 1,00718$;

coeficiente a de $R = 0,0000901099 * D_{max}^2 * 2,002525 * H^{0,768253} * 1,00718 * PU$.

logo:

coeficiente a para $D_{max} = 50, 60, \dots, 120, 240$;

coeficiente a para $G_{D_{max}} = 1.963,4954, 2.827,4334, \dots, 11.309,7336, 45.238,9342$;

coeficiente a para $H_{D_{max}} = 11,2029, 11,9960, \dots, 15,5587, 20,1794$;

coeficiente a para $V_{D_{max}} = 1,4664, 2,2266, \dots, 10,8950, 53,3103$;

coeficiente a para $R_{D_{max}} = 1,4664*PU, 2,2266*PU, \dots, 10,8950*PU, 53,3103*PU$.

O valor do coeficiente b do $MCBC$, que representa a velocidade de crescimento da árvore, foi igual para todas as variáveis de uma árvore da mesma classe de D_{max} e, entre as classes, inversamente proporcional ao valor do D_{max} (Tabela 21). Este valor foi calculado através de iterações matemáticas, assumindo o valor do coeficiente a desta tese, e impondo as seguintes condições: o incremento em diâmetro das árvores de qualquer classe de D_{max} deverá apresentar um $ICA_{max} = 0,72 \text{cm.ano}^{-1}$ e $IMA_{max} = 0,50 \text{cm.ano}^{-1}$ e a idade de culminação de incremento médio anual em volume ($t_{IMA_{max}}$) deve corresponder ao dobro do valor de seu D_{max} , ($t_{IMA_{max}} = 2D_{max}$), ou seja, para classe D_{max} de 50cm aos 100 anos, de 60cm aos 120 anos, ..., e de 240cm aos 480 anos de idade (Tabela 21). Baseando-se nos estudos do modelo realizados, o valor do coeficiente foi obtido como segue:

$$b = -1 / D_{max} * k$$

onde:

$$D_{max} = 50, 60, \dots, 120, 240$$

$$k = 1,66855916929858 \text{ (para coeficiente } c = 3,55)$$

logo:

$$b_{D50} = -1 / 50 * 1,66855916929858 = -0,0333711833859716;$$

...

$$b_{D240} = -1 / 240 * 1,66855916929858 = -0,0069523298720774.$$

Tabela 21. Valor dos coeficientes a e b do modelo de crescimento de Bertalanffy compatível ajustado para simular o crescimento das árvores, segundo classe D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

D_{max}	Coef. a (D)	Coef. a (G)	Coef. a (H)	Coef. a (V)	Coef. a (R) (*)	Coef. b (D, G, H, V, R)
D_{50}	50	1.963,4954	11,2029	1,4664	1,4664*PU	-0,0333711833859716
D_{60}	60	2.827,4334	11,9960	2,2266	2,2266*PU	-0,0278093194883097
D_{70}	70	3.848,4510	12,7102	3,1696	3,1696*PU	-0,0238365595614083
D_{80}	80	5.026,5482	13,3632	4,3038	4,3038*PU	-0,0208569896162323
D_{90}	90	6.361,7251	13,9669	5,6367	5,6367*PU	-0,0185395463255398
D_{100}	100	7.853,9816	14,5300	7,1754	7,1754*PU	-0,0166855916929858
D_{110}	110	9.503,3178	15,0590	8,9261	8,9261*PU	-0,0151687197208962
D_{120}	120	11.309,7336	15,5587	10,8950	10,8950*PU	-0,0139046597441548
D_{240}	240	45.238,9342	20,1794	53,3103	53,3103*PU	-0,0069523298720774

Nota: (*) Deve ser calculada em função do volume e preço unitário (PU) de cada espécie de valor comercial.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O valor do coeficiente c do *MCBC* foi ajustado baseando-se nas propriedades matemáticas de logaritmo, ou seja, a partir do valor do coeficiente c do modelo de crescimento em diâmetro ($c = 3,55$) e relação alométrica linearizada com as variáveis G , H , V e R , conforme demonstrada na Seção 5.1.3. (Tabela 22).

Tabela 22. Valor do coeficiente c do modelo de crescimento de Bertalanffy compatível ajustado para simular o crescimento de cada variável das árvores de todas as classes de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Var.	Expoente da relação alométrica	Ajuste do coef. c	Coeficiente c
D	-	Nenhum	3,55
G	$2 * \ln D$	$c = 2 * 3,55$	7,10
H	$0,375163 * \ln D$	$c = 0,375163 * 3,55$	1,33182865
V	$2,002525 * \ln D + 0,768253 * \ln H$ ($H = 0,375163 * \ln D$) (*)	$c = 3,55 * 2,002525 + 3,55 * 0,768253 * 0,375163$	8,13214510584845
R	$2,002525 * \ln D + 0,768253 * \ln H$ ($H = 0,375163 * \ln D$) (*)	$c = 3,55 * 2,002525 + 3,55 * 0,768253 * 0,375163$	8,13214510584845

Nota: (*) Como a altura utilizada na equação de volume foi anteriormente obtida através da equação de relação hipsométrica, o valor deste expoente (0,375163) influencia cumulativamente no ajuste do coeficiente c .

Fonte: Elaborada pelo autor.

Desenvolvido o *MCBC*, pode-se demonstrar que as curvas de crescimento mantêm relações alométricas entre as variáveis ao longo da curva e não apresentam desvio. Como exemplo, a aplicação dos coeficientes ajustados do *MCBC* sobre uma árvore da classe D_{max} de 100cm e com idade de 200 anos, são obtidos os seguintes resultados para cada uma das variáveis:

$$D = 100 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{3,55}) = \mathbf{87,944812174479}$$

$$G = 7853,9816 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{7,10}) = \mathbf{6.074,49715207604}$$

$$H = 14,5300 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{1,331829}) = \mathbf{13,846365229791}$$

$$V = 7,1754 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{8,132145}) = \mathbf{5,346183022789}$$

$$R = 71,7536 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{8,132145}) * 10 = \mathbf{53,461830227894}$$

Aplicando os modelos de equações utilizadas para os ajustes dos coeficientes do *MCBC* antes apresentadas sobre o valor do diâmetro estimado para a árvore anterior com 200 anos de idade (**87,944812174479**), pode-se comprovar que as relações alométricas continuam exatamente iguais (pequenas diferenças nas últimas casas decimais devido aos arredondamentos da planilha de cálculo), como seguem:

$$\ln G = 2 * \ln D + \ln(\pi/4) \text{ ou } \mathbf{G = D^2 * \pi/4}$$

$$G = e^{(2 * \ln 87,944812174479 + \ln(\pi/4))} = 6074,49715207608$$

$$\ln H = 0,948527 + 0,375163 * \ln D$$

$$H = e^{(0,948527 + 0,375163 * \ln 87,944812174479)} = 13,8463652297907$$

$$\ln V = \ln 0,0000901099 + \ln D * 2,002525 + \ln H * 0,768253 + \ln 1,00718$$

$$V = 0,0000901099 * 87,944812174479 ^{2,002525} * 13,8463652297907 ^{0,768253} * 1,00718$$

$$V = 5,34618302278946$$

$$\ln R = \ln 0,0000901099 + \ln D * 2,002525 + \ln H * 0,768253 + \ln 1,00718 + \ln PU$$

$$R = 0,0000901099 * 87,944812174479 ^{2,002525} * 13,8463652297907 ^{0,768253} * 1,00718 * 10$$

$$R = 53,4618302278946$$

Aplicando-se o *MCBC*, torna-se possível realizar modelagem de crescimento de uma floresta baseando-se somente na medição de diâmetro, desde que se disponha de equações consistentes de relação hipsométrica (H em função do D) e de volume (V em funções de D e H).

As equações compatíveis entre as variáveis obtidas através dos estudos dos fundamentos do modelo e das relações alométricas desta tese poderão servir para solucionar problemas de incompatibilidades apresentadas entre as equações de crescimento ajustado de forma independente para cada variável envolvida no manejo florestal.

5.2.3 Incremento corrente anual ($\Delta y/\Delta t$) das curvas do *MCBC*

O incremento corrente é definido como sendo a diferença de tamanho de um dado organismo (Δy) para um dado período de tempo decorrido (Δt). Nesta tese, foi utilizado o termo incremento corrente anual (*ICA*) para traçar o perfil de crescimento da árvore (Δy) em um intervalo de tempo (idade) sucessivo de um ano ($\Delta t = 1$ ano). As unidades de medida de Δy para as variáveis dendrométricas são expressas em centímetro para D , em centímetro cúbico para G , em metro para H e metro cúbico para V .

O ponto de inflexão da curva de crescimento (idade de culminação de *ICA*) de uma árvore é utilizado como referência para caracterizar a autoecologia da espécie (pioneira, secundárias, climáticas, etc.), além de ser utilizado como importante ferramenta para o manejo florestal, tais como para definir a intensidade de competição inter e intra-específicas, prescreve desbastes abertura de dossel superior, avaliar a qualidade de madeira em função das espessuras de anéis de crescimentos sucessivos e outros (ASSMANN, 1970; LAMPRECHT, 19; WADSWORTH, 2000).

Os dados referentes aos *ICA*, os seus pontos notáveis e respectivas relações alométricas do *MCBC*, desenvolvidos nesta tese para simular o crescimento das variáveis H , D , G e V para as classes de D_{max} , são apresentadas na Tabela 23.

A idade de culminação do incremento corrente anual (t_{ICA}) para as classes de D_{50} e D_{240} ocorre, respectivamente, para variável H aos 9 e 41 anos, do D aos 38 e 182 anos, da G aos 59 e 282 anos e, por último, do V aos 63 e 301 anos de idade.

O valor do incremento corrente anual máximo (ICA_{max}) para árvores de D_{max} crescente varia em função da variável, e atinge para árvores de D_{50} e D_{240} e para H , respectivamente 0,236 e 0,089m.ano⁻¹ (inversamente proporcional ao seu D_{max}), para D valor constante de 0,720cm.ano⁻¹, para G e V um valor diretamente proporcional com 25,96 e 124,59cm².ano⁻¹ e 0,0192 e 0,1454m³.ano⁻¹, respectivamente.

O porte relativo da árvore ($y_{IMA}/y_{max} * 100$) na idade I_{ICA} atinge valor constante para todas as classes de D_{max} , sendo de 15,71% para H , 30,90% para D , 34,03% para G e 34,40% para V . O porte relativo de H do *MCBC* ajustado para ser aplicado nesta tese foi de 15,71% e assemelha-se ao valor correspondente à lei de crescimento de Backman, que é de 15,9%, conforme apresentado por ASSMANN (1970).

Tabela 23. Incremento corrente anual e porte apresentado pelas variáveis dendrométricas na idade de culminação de *ICA* do *MCBC* para as árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}
Idade de culminação em <i>ICA</i> (I_{ICA})									
<i>H</i> (ano)	8,59	10,30	12,02	13,74	15,46	17,17	18,89	20,61	41,22
<i>D</i> (ano)	37,97	45,56	53,15	60,74	68,34	75,93	83,52	91,12	182,23
<i>G</i> (ano)	58,74	70,48	82,23	93,98	105,73	117,47	129,22	140,97	281,93
<i>V</i> (ano)	62,80	75,36	87,92	100,49	113,05	125,61	138,17	150,73	301,46
<i>ICA</i> na idade de sua culminação (ICA_{max})									
<i>H</i> (m)	0,2357	0,2103	0,1910	0,1757	0,1633	0,1529	0,1440	0,1364	0,0885
<i>D</i> (cm)	0,7176	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177
<i>G</i> (cm ²)	25,955	31,146	36,337	41,529	46,720	51,911	57,103	62,294	124,588
<i>V</i> (m ³)	0,0192	0,0243	0,0296	0,0352	0,0410	0,0470	0,0531	0,0594	0,1454
Valor assintótico ou porte máximo da árvore (1)									
<i>H</i> (m)	11,2029	11,9960	12,7102	13,3632	13,9669	14,5300	15,0590	15,5587	20,1794
<i>D</i> (cm)	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00	240,00
<i>G</i> (cm ²)	1.963,50	2.827,43	3.848,45	5.026,55	6.361,73	7.853,98	9.503,32	11.309,73	45.238,93
<i>V</i> (m ³)	1,4664	2,2266	3,1696	4,3038	5,6367	7,1754	8,9261	10,8950	53,3103
Porte da árvore na idade de culminação de <i>ICA</i> (2)									
<i>H</i> (m)	1,7601	1,8847	1,9969	2,0994	2,1943	2,2828	2,3659	2,4444	3,1703
<i>D</i> (cm)	15,4482	18,5378	21,6274	24,7171	27,8067	30,8963	33,9860	37,0756	74,1512
<i>G</i> (cm ²)	668,25	962,28	1.309,77	1.710,71	2.165,12	2.672,99	3.234,32	3.849,11	15.396,43
<i>V</i> (m ³)	0,5045	0,7660	1,0904	1,4806	1,9392	2,4685	3,0708	3,7482	18,3401
Porte relativo da árvore na idade de culminação de <i>ICA</i> = (2) / (1) * 100									
<i>H</i> (%)	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107	15,7107
<i>D</i> (%)	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963	30,8963
<i>G</i> (%)	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336	34,0336
<i>V</i> (%)	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025	34,4025

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2.4 Incremento médio anual (y/t) das curvas do *MCBC*

O incremento médio anual (*IMA*) é definido como sendo a razão entre o tamanho da árvore (y) e a sua idade (t), em ano. As unidades de medida de y/t para as variáveis dendrométricas são expressas em centímetro para *D*, em centímetro quadrado para *G*, em metro para *H* e metro cúbico para *V*.

O ponto de tangente da curva de crescimento em volume de uma árvore apresenta máxima produtividade biológica, sendo utilizada como ferramenta para o manejo florestal para determinar a idade da rotação (corte final ou colheita) da árvore ou do povoamento florestal (ASSMANN, 1970; CLUTTER *et al.*, 1983; LAMPRECHT, 1990; WADSWORTH, 2000).

Os dados referente ao *IMA*, os seus pontos notáveis e respectivas relações alométricas do *MCBC* desenvolvidos nesta tese para simular o crescimento das variáveis *H*, *D*, *G* e *V* para as classes de D_{max} são apresentados na Tabelas 8.

A idade de culminação do incremento médio anual (t_{IMA}) para as classes de D_{50} e D_{240} ocorre, respectivamente, para variável *H* aos 16 e 79 anos, do *D* aos 65 e 311 anos, da *G* aos 94 e 453 anos e, por último, do *V* aos 100 e 400 anos de idade, ou seja, esse último corresponde ao dobro do seu diâmetro máximo ($t_{IMA}=2*D_{max}$).

O valor do incremento médio anual máximo (IMA_{max}) atinge, para árvores de D_{50} e D_{240} , para H , respectivamente de 0,22 e 0,08m.ano⁻¹ (inversamente proporcional ao D_{max}), para D valor constante de 0,50cm.ano⁻¹, para G e V um valor diretamente proporcional ao D_{max} com 15,24 e 73,16cm².ano⁻¹ e 0,0109 e 0,0828m³.ano⁻¹, respectivamente.

O porte relativo da árvore ($y_{IMA}/y_{max}*100$) na idade I_{IMA} atinge valor constante para todas as classes de D_{max} , sendo de 31,69% para H , 64,71% para D , 73,32% para G e 74,51% para V .

Tabela 24. Incremento médio anual e porte apresentado pelas variáveis dendrométricas na idade de culminação de IMA do $MCBC$ para as árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquera, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}
Idade de culminação em $IMA (I_{IMA})$									
H (ano)	16,43	19,71	23,00	26,28	29,57	32,85	36,14	39,42	78,84
D (ano)	64,71	77,65	90,59	103,53	116,47	129,42	142,36	155,30	310,60
G (ano)	94,45	113,34	132,22	151,11	170,00	188,89	207,78	226,67	453,34
V (ano)	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00	200,00	220,00	240,00	480,00
IMA na idade de sua culminação									
H (m)	0,2162	0,1929	0,1752	0,1611	0,1497	0,1402	0,1321	0,1251	0,0811
D (cm)	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
G (cm ²)	15,242	18,290	21,339	24,387	27,436	30,484	33,532	36,581	73,162
V (m ³)	0,0109	0,0138	0,0169	0,0200	0,0233	0,0267	0,0302	0,0338	0,0828
Valor assintótico ou porte máximo da árvore (1)									
H (m)	11,2029	11,9960	12,7102	13,3632	13,9669	14,5300	15,0590	15,5587	20,1794
D (cm)	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00	240,00
G (cm ²)	1.963,50	2.827,43	3.848,45	5.026,55	6.361,73	7.853,98	9.503,32	11.309,73	45.238,93
V (m ³)	1,4664	2,2266	3,1696	4,3038	5,6367	7,1754	8,9261	10,8950	53,3103
Porte da árvore na idade de culminação I_{IMA} (2)									
H (m)	3,5504	3,8017	4,0280	4,2350	4,4263	4,6048	4,7724	4,9307	6,3951
D (cm)	32,3541	38,8249	45,2957	51,7665	58,2373	64,7081	71,1789	77,6498	155,2995
G (cm ²)	1.439,55	2.072,95	2.821,52	3.685,25	4.664,14	5.758,20	6.967,42	8.291,80	33.167,22
V (m ³)	1,0926	1,6590	2,3616	3,2066	4,1998	5,3462	6,6506	8,1176	39,7201
Porte relativo da árvore na idade de culminação I_{IMA} $Porte\ Relativo = (2) / (1) * 100$									
H (%)	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913	31,6913
D (%)	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081	64,7081
G (%)	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156	73,3156
V (%)	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075	74,5075

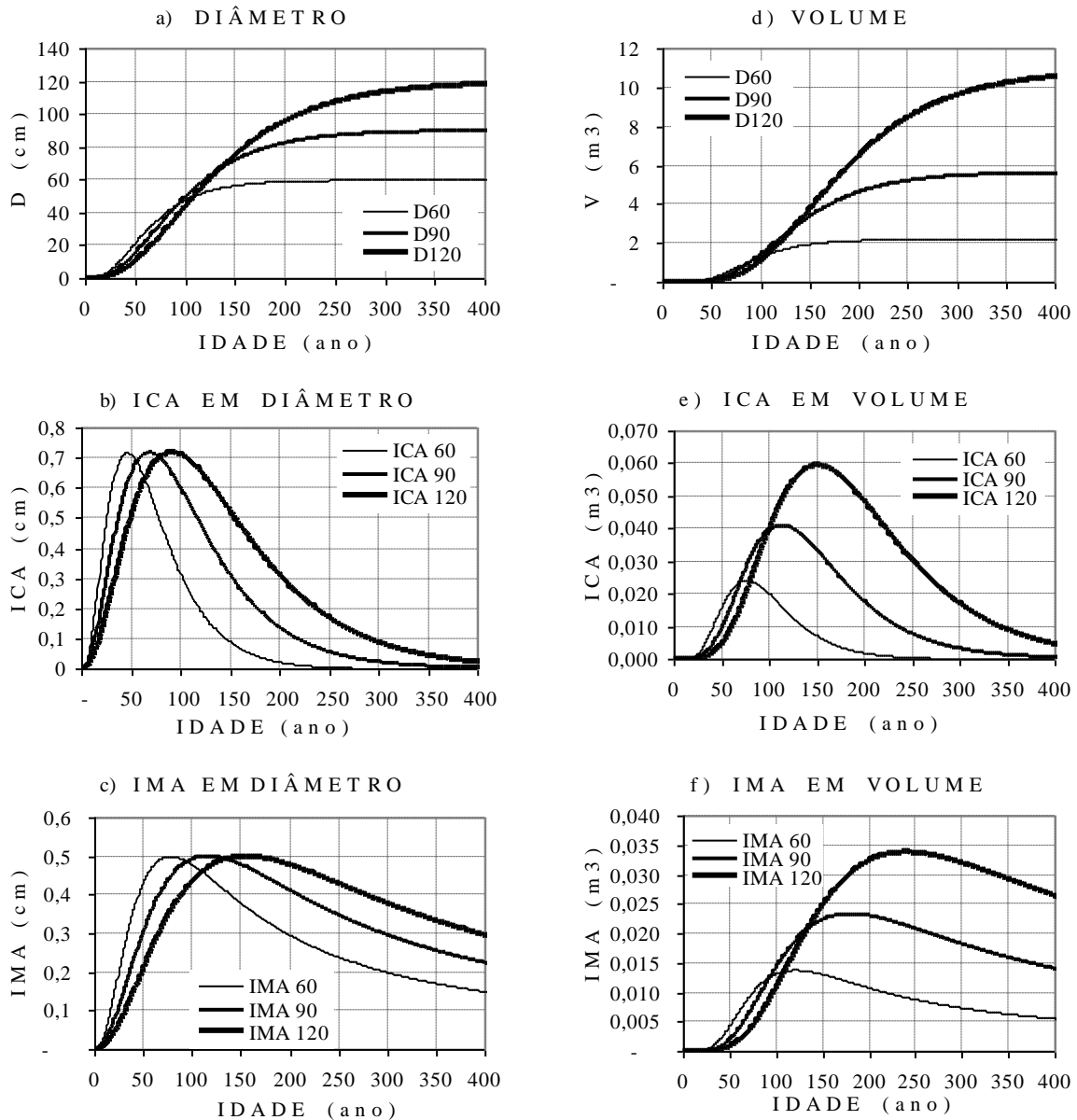
Fonte: Elaborada pelo autor.

No manejo florestal, pode-se utilizar o porte relativo como guia para obter a máxima produtividade volumétrica da árvore, cortando a mesma ao atingir 74,51% do seu volume assintótico. Por outro lado, baseando-se nas relações alométricas, podem também ser utilizadas outras variáveis que apresentem facilidades de medições e monitoramentos, como do D e G , as quais atingem, respectivamente, 87,9% e 77,3% dos respectivos valores assintóticos à idade de culminação de IMA_{max} em V .

Conforme os ajustes realizados no $MCBC$, os valores referentes às t_{IMA} da Tabela 24 em relação aos mesmos valores de t_{ICA} da Tabela 23 ($(t_{IMA}-t_{ICA})/t_{ICA}*100$) são 91% maiores para a variável H , 70% para a D , 61% para a G e 59% para a variável V . Já as diferenças dos valores quanto ao porte ($(y_{IMA}-y_{ICA})/y_{ICA}*100$), são 102% maiores para a variável H , 109% para a D , 115% para a G e 117% para a variável V . Ao contrário, o valor do incremento médio

anual em relação ao incremento corrente anual ($(IMA_{max}-ICA_{max})/ICA_{max}*100$) é 8% menor para *H*, 30% menor para *D*, 41% menor para *G* e 43% menor para *V*.

Na Figura 28 estão ilustradas as curvas de crescimento em diâmetro e em volume, ajustado aplicando-se o modelo de crescimento de Bertalanffy das árvores com D_{max} de 60, 90 e 120cm e as respectivas curvas de incremento corrente anual (*ICA*) e de incremento médio anual (*IMA*).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28. Crescimento em diâmetro e em volume com respectivo incremento corrente anual (*ICA*) e incremento médio anual (*IMA*), ajustados pelo modelo de crescimento de Bertalanffy, para as árvores das classes de D_{max} de 60, 90 e 120cm, da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.

Conforme metodologia aplicada, tanto a curva de *ICA* como a de *IMA* da variável *D* apresenta para as árvores de todas as classes de D_{max} os mesmos valores de culminação, porém com idades desiguais. Em relação ao crescimento em volume, pode-se notar que tanto

os valores dos ICA como de IMA e as respectivas idades de culminações diferem entre as classes de D_{max} .

5.2.5 Produtividade de madeira de árvores individuais do $MCBC$

No manejo florestal, é necessário ter um parâmetro prático que indique o momento adequado de colheita que possibilite aumentar a produção e produtividade da árvore individual e do povoamento. A curva do $MCBC$ permite obter para cada ponto, considerando a idade relativa ou porte relativo da árvore como referência ($I_{IMA}/t*100$ e $y_{IMA}/y*100$), o nível de produtividade em que se encontra cada árvore em crescimento do povoamento.

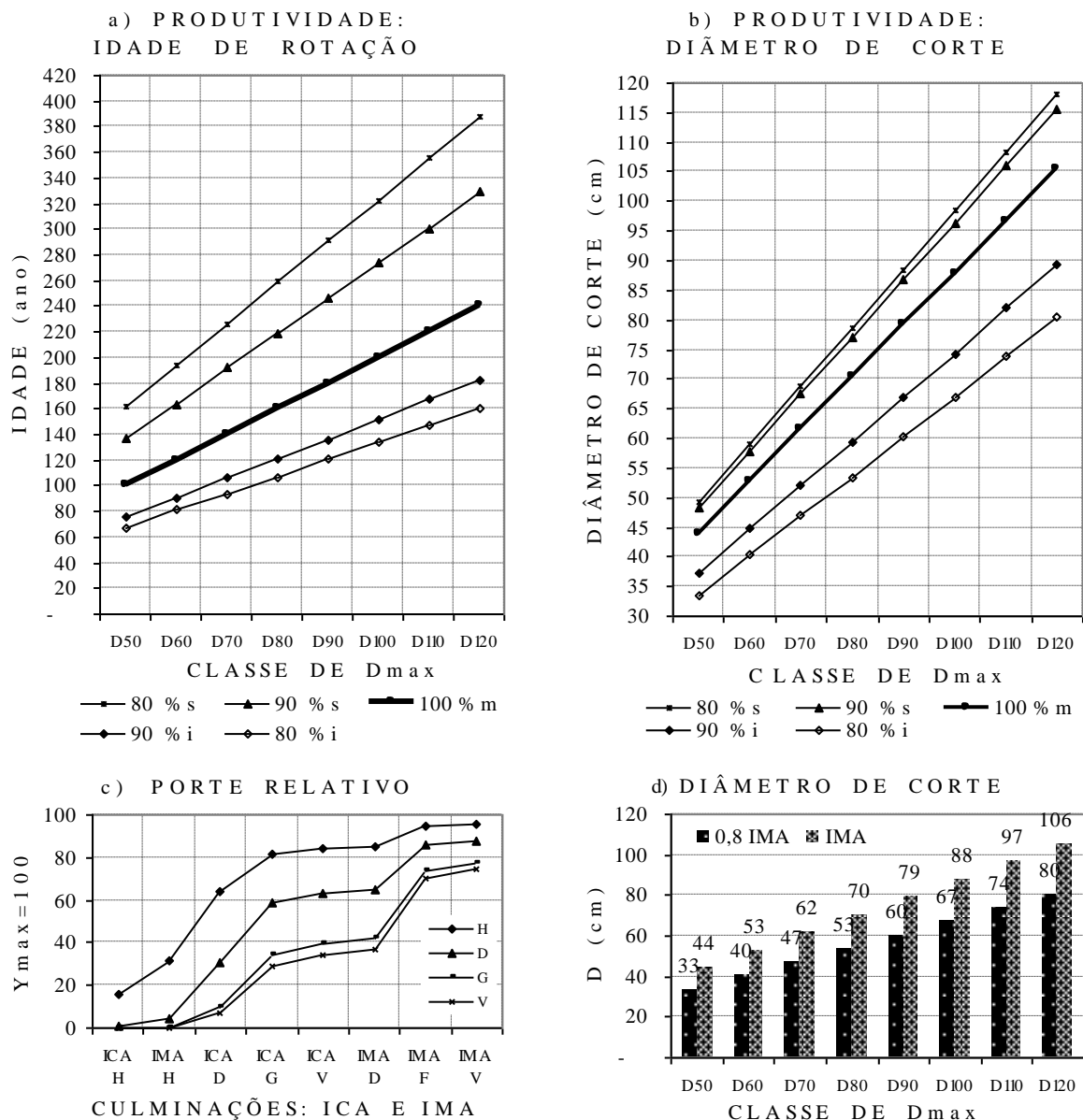
Com dados de crescimento de árvores individuais, torna-se possível responder mais uma questão das dúvidas dos extrativistas, conforme formulada na Seção 1.1.:

3- qual é o critério que devo utilizar para escolher as árvores a serem cortadas agora e as que vão ficar para cortes futuros?

Dependendo do regime de manejo que os extrativistas estejam adotando, uma determinada árvore poderá ser cortada no ciclo de corte inicial ou futuro em função da produtividade alcançada pela mesma em volume, observando-se a taxa de crescimento obtida através de dados de medições de campo e com possibilidade de estimar o momento de corte no horizonte temporal (Figura 29).

O $MCBC$ apresenta como grande vantagem a possibilidade de monitorar o crescimento de uma variável de fácil medição como o DAP de uma árvore e obter indiretamente os dados relativos aos crescimentos e incrementos em área basal em volume, essas duas últimas variáveis utilizadas com maior frequência em manejo florestal de um talhão (CLUTTER *et al.*, 1983; VANCLAY, 1994; LAMPRECHT, 1990; SCHREUDER *et al.*, 1993; SPATHELF & NUTTO, 2000; GADOW *et al.*, 2001).

Assim, na Figura 29 estão ilustradas as isolinhas de produtividade correspondentes a 80 e 90% da produtividade máxima em volume de madeira, tanto para árvores que ainda não atingiram como também para as que ultrapassaram a I_{IMA} ou y_{IMA} para cada classe de D_{max} .

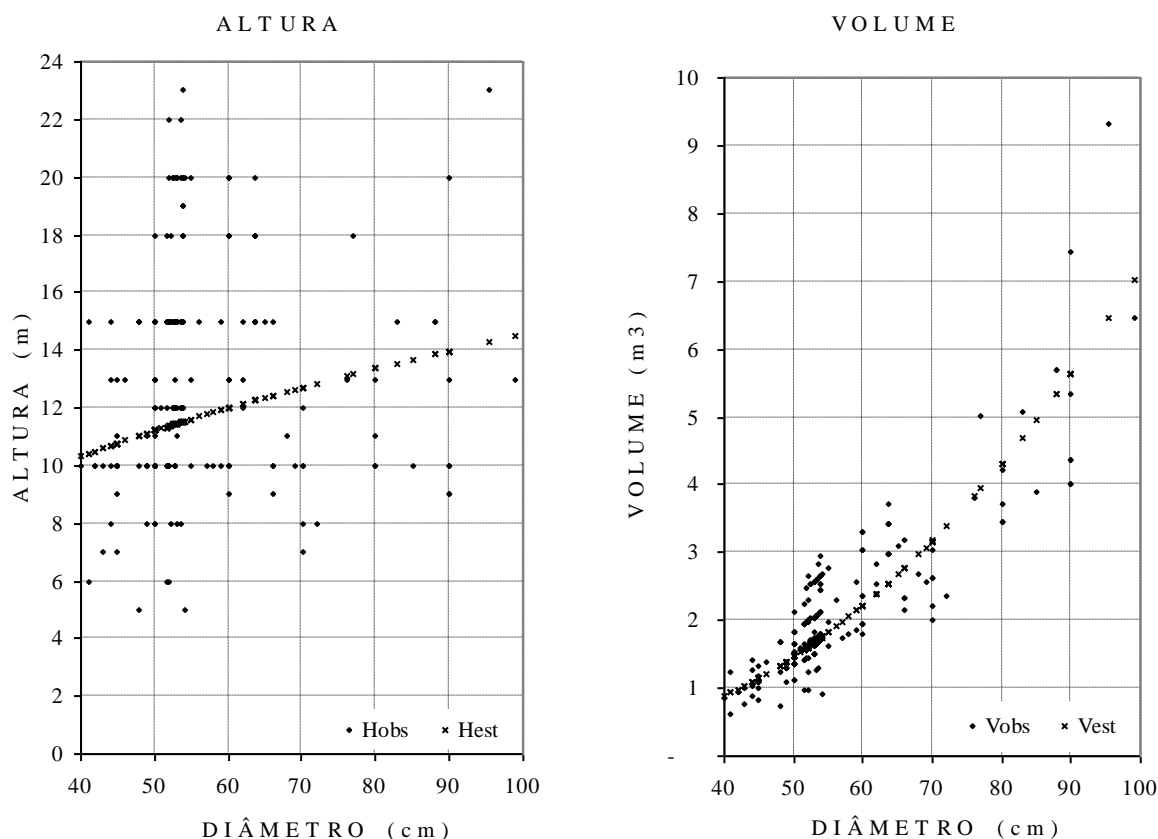


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29. Amplitude de variação para a idade de rotação e diâmetro de corte em função da produtividade relativa de volume de madeira, baseado em IMA ajustado pelo MCBC para árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classe de D_{max} da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

5.2.6 Ajustes dos coeficientes do MCBC de árvore com medição de altura

Os valores de altura e do volume observados no inventário (H_{obs} = valor medido no inventário e $V_{obs} = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H_{obs}^{0,768253} * 1,00718$) das árvores da Resex Aquariquara apresentaram desvios em relação aos respectivos valores estimados ($Ln H_{est} = 0,948527 + 0,375163 * Ln D$) e do volume ($V = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H_{est}^{0,768253} * 1,00718$), conforme ilustrado na Figura 30.



Notas: $\ln H_{est} = 0,948527 + 0,375163 * \ln D$; $V_{est} = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H_{est}^{0,768253} * 1,00718$;
 H_{obs} = valor medido no inventário florestal; $V_{obs} = 0,0000901099 * D^{2,002525} * H_{obs}^{0,768253} * 1,00718$
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30. Altura e volume observados e estimados de 190 árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ da classe de $D_{max} = 100\text{cm}$, em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Nesta tese, foi simulado o crescimento de árvore individual, baseando-se nos dados observados no inventário florestal e o modelo teórico de crescimento de árvores das classes de D_{max} foi corrigido, ajustando-se os valores do coeficiente a das variáveis H , V e R , baseando-se nos fundamentos do modelo de crescimento de Bertalanffy (Seção 5.1.) e mantendo-se as relações alométricas (Seção 5.2.3).

Os procedimentos utilizados passo a passo nesta tese, para corrigir a curva de crescimento em altura e em seguida de volume e valor da árvore em pé, são apresentados a seguir tomando como exemplo uma árvore típica da classe $D_{max}=100\text{cm}$ com 200 anos de idade com os seguintes dados:

$$D = 100 * ((1 - 2,718282^{(-0,016685592 * 200)})^{3,55}) = 87,944813$$

$$H = 14,5300 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{1,331829}) = 13,846365229791$$

$$V = 7,1754 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{8,132145}) = 5,346183022789$$

$$R = 71,7536 * ((1 - 2,7183^{(-0,016686 * 200)})^{8,132145}) = 53,461830227894$$

Hest = 13,846365229791
Hobs = 12,00.

Primeiro passo: calcular a idade de cada árvore, tomando-se como referência o D medido no inventário, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$t = \ln(((y/a)^{(1/c)} - 1) * -1) / -b$$

$$t = \ln(((87,944813/100)^{(1/3,55)} - 1) * -1) / -0,016685592 = 200,00$$

Segundo passo: obter a altura estimada (*Hest*) da árvore para a idade (*t*) anterior:

$$H = 14,530014 * ((1 - 2,718282^{(-0,016685592 * 200)})^{1,33182865}) = 13,846365$$

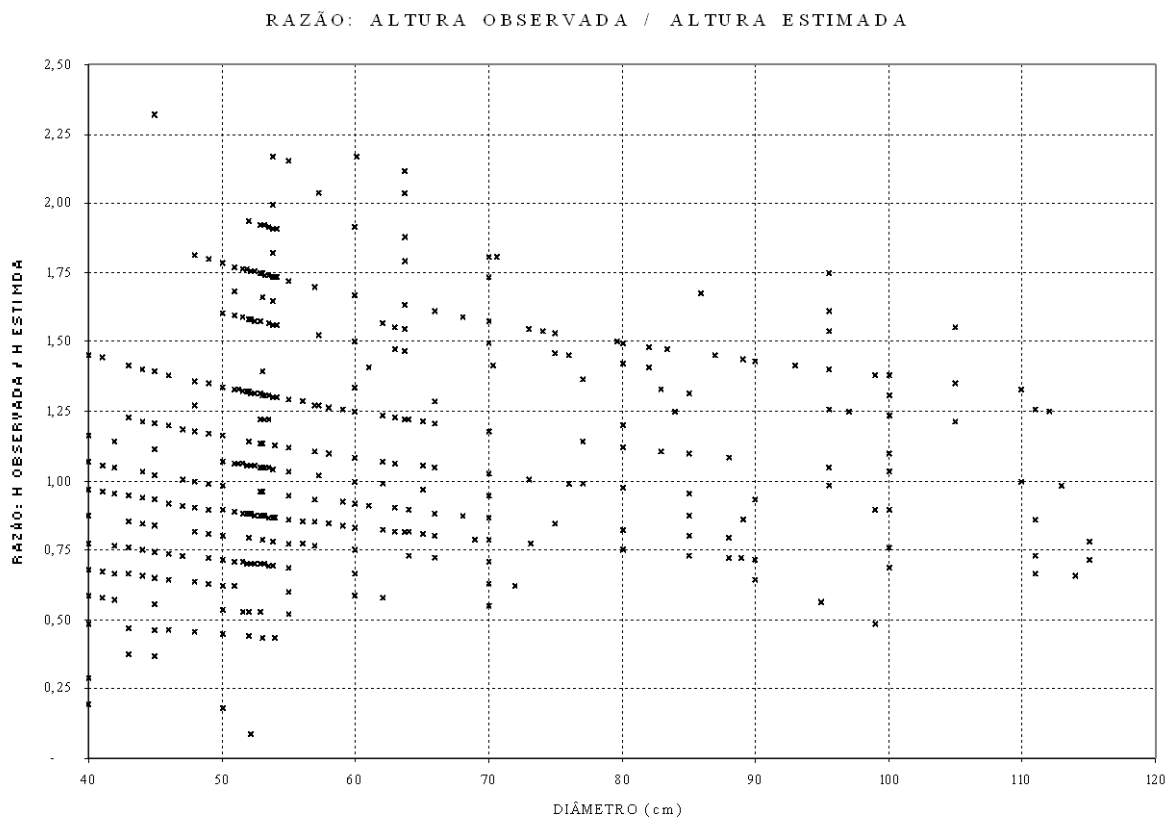
Terceiro passo: corrigir o coeficiente *a* multiplicando-o pelo fator de correção (*Fc*), que é a razão entre a *Hobs* e a *Hest* ($Fc = Hobs / Hest$), como segue:

$$a = 14,5300143106572 * (12 / 13,8463652715157) = 12,5924867868808$$

Fica comprovado que, substituindo-se o coeficiente *a* não-corrigido (14,30) pelo corrigido (12,59), simula-se corretamente a altura dessa árvore aos 200 anos de idade como segue:

$$H = 12,5924867868808 * ((1 - 2,718282^{(-0,016685592 * 200)})^{1,33182865}) = 12,0000$$

As distribuições dos valores de fator de correção em altura ($Fc = Hobs / Hest$) das árvores da Resex Aquariquara poderão ser observadas na Figura 31.



Nota: não estão ilustrados os seguintes: $D=170$ com $Fc=0,846$; $D=190$ com $Fc=0,703$; $D=220$ com $Fc=1,024$; e $D=230$ com $Fc=0,755$. Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31. Fator de correção ($Fc = Hobs / Hest$) aplicada para a altura observada de 1.057 árvores com $DAP \geq 40$ cm, de todas as classes de D_{max} , em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

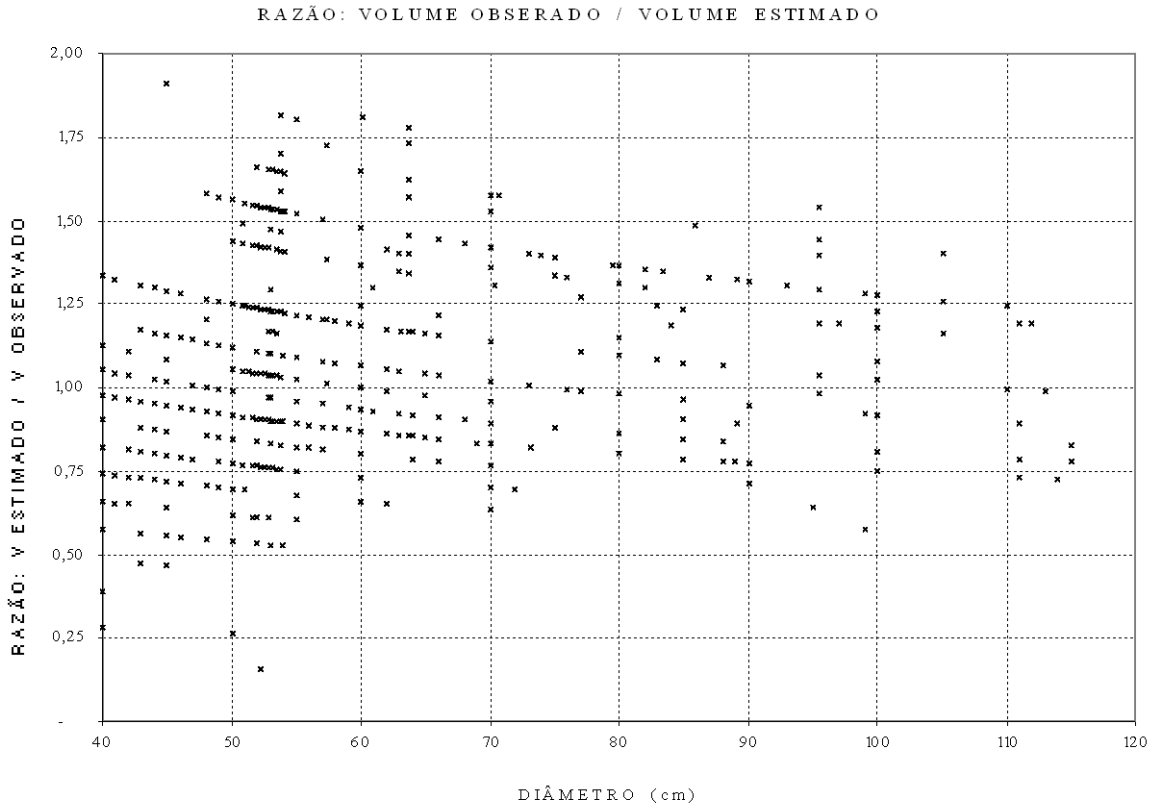
Quarto passo: corrigir o coeficiente *a* do modelo de crescimento em volume aplicando-se a equação de volume, ou seja, $V = 0,0000901099 * 100^2 * 2,002525 * 12,5924867868808^2 * 0,768253 * 1,00718 = 6,42826192422552$, resultando em um valor assintótico corrigido do volume, como segue:

$$V = 6,42826192422552 * ((1 - 2,718282^{(-0,016685592 * 200)})^{8,13214510584845})$$

$$V = 4,78953575801581$$

As distribuições dos valores de fator de correção em volume ($Fc = Vobs / Vest$) das árvores da Resex Aquariquara poderão ser observadas na Figura 32. Segundo CLUTTER *et*

al. (1983), a inclusão da altura modifica substancialmente na estimação do volume individual da árvore, sendo importante considerar este parâmetro no inventário florestal.



Nota: não estão ilustrados os seguintes: $D=170$ com $F_c=0,879$; $D=190$ com $F_c=0,763$; $D=220$ com $F_c=1,018$ e $D=230$ com $F_c=0,806$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 32. Fator de correção ($F_c = V_{obs} / V_{est}$) aplicado para o volume observado de 1.057 árvores com $DAP \geq 40$ cm, de todas as classes de D_{max} , em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Quarto passo: corrigir o coeficiente a do modelo de crescimento em volume aplicando a equação de volume, ou seja, $V = 0,0000901099 * 100 ^{2,002525} * 12,5924867868808 ^{0,768253} * 1,00718 = 6,42826192422552$, resultando em um valor assintótico corrigido do volume, como segue:

$$V = 6,42826192422552 * ((1 - 2,718282^{-(0,016685592 * 200)})^8,13214510584845)$$

$$V = 4,78953575801581$$

Quinto passo: corrigir o coeficiente a do modelo do valor da árvore em pé multiplicando o coeficiente a do modelo anterior por preço unitário da madeira, ou seja, $a = 6,42826192422552 * 10 = 64,2826192422552$, resultando no modelo corrigido:

$$R = 64,2826192422552 * ((1 - 2,718282^{-(0,016685592 * 200)})^8,13214510584845)$$

$$R = 47,8953575801581$$

Aplicando-se a metodologia antes citada, os valores dos coeficientes a de todas as árvores foram corrigidos em função das alturas observadas no inventário florestal e, conseqüentemente, também das variáveis volume e valor da madeira em pé, cujos resultados estão apresentados na Tabela 25.

Os valores observados (corrigidos) do coeficiente a do modelo em relação aos estimados foram em média de 11,98% superiores para a H , 10,01% para o V e 13,26% para o

R. Além disso, para 100ha de floresta da Resex Aquariquara, as somas dos valores estimados e observados e as diferenças entre a mesmas apresentaram, respectivamente, as seguintes cifras: 18.460 m e 20.640 m para a altura (11,81%), 3.678m³ e 3.948m³ para o volume (7,34%) e R\$19.704,00 e R\$22.142,00 para o valor da madeira (12,37%). Esses resultados ressaltam a importância de medir a altura do fuste no inventário (CLUTTER *et al.*, 1983; LAMPRECHT, 1990; SCHREUDER *et al.*, 1993) e realizar as correções sugeridas nesta tese para simular o crescimento de árvores individuais.

Tabela 25. Valor médio do coeficiente *a* do *MCBC* estimado e observado (corrigidos) e diferença relativa entre os mesmos de árvores com *DAP*≥40cm, segundo classe de *D_{max}*, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO

Classe de <i>D_{max}</i>	Coeficiente <i>a</i> da altura (H)			Coeficiente <i>a</i> do volume (V)			Coeficiente <i>a</i> do valor (R)		
	Estimado	Observado	Dif. (%)	Estimado	Observado	Dif (%)	Estimado	Observado	Dif (%)
<i>D₅₀</i>	11,20	9,56	-14,64	1,47	1,29	-11,98	4,77	4,53	-4,92
<i>D₆₀</i>	12,00	12,33	2,76	2,23	2,26	1,38	52,80	54,33	2,90
<i>D₇₀</i>	12,71	14,36	13,01	3,17	3,45	8,91	18,37	18,78	2,22
<i>D₈₀</i>	13,36	15,32	14,65	4,30	4,74	10,11	43,53	48,03	10,34
<i>D₉₀</i>	13,97	14,10	0,92	5,64	5,62	-0,29	38,11	36,72	-3,66
<i>D₁₀₀</i>	14,53	16,32	12,30	7,18	7,78	8,46	68,46	74,49	8,81
<i>D₁₁₀</i>	15,06	18,32	21,62	8,93	10,28	15,16	89,34	109,35	22,40
<i>D₁₂₀</i>	15,56	18,42	18,40	10,90	12,29	12,83	119,47	138,57	15,99
<i>D₂₄₀</i>	20,18	24,14	19,64	53,31	60,83	14,10			
Média	14,26	15,97	11,98	7,68	8,45	10,01	76,88	87,08	13,26

Nota: o valor da madeira utilizado nesta tese foi o valor praticado no mercado local (Machadinho D'Oeste, Vale do Anari e Ariquemes) para madeira em pé, a preço corrente de outubro de 2002, sendo a taxa de câmbio de US\$1,00=R\$3,70.

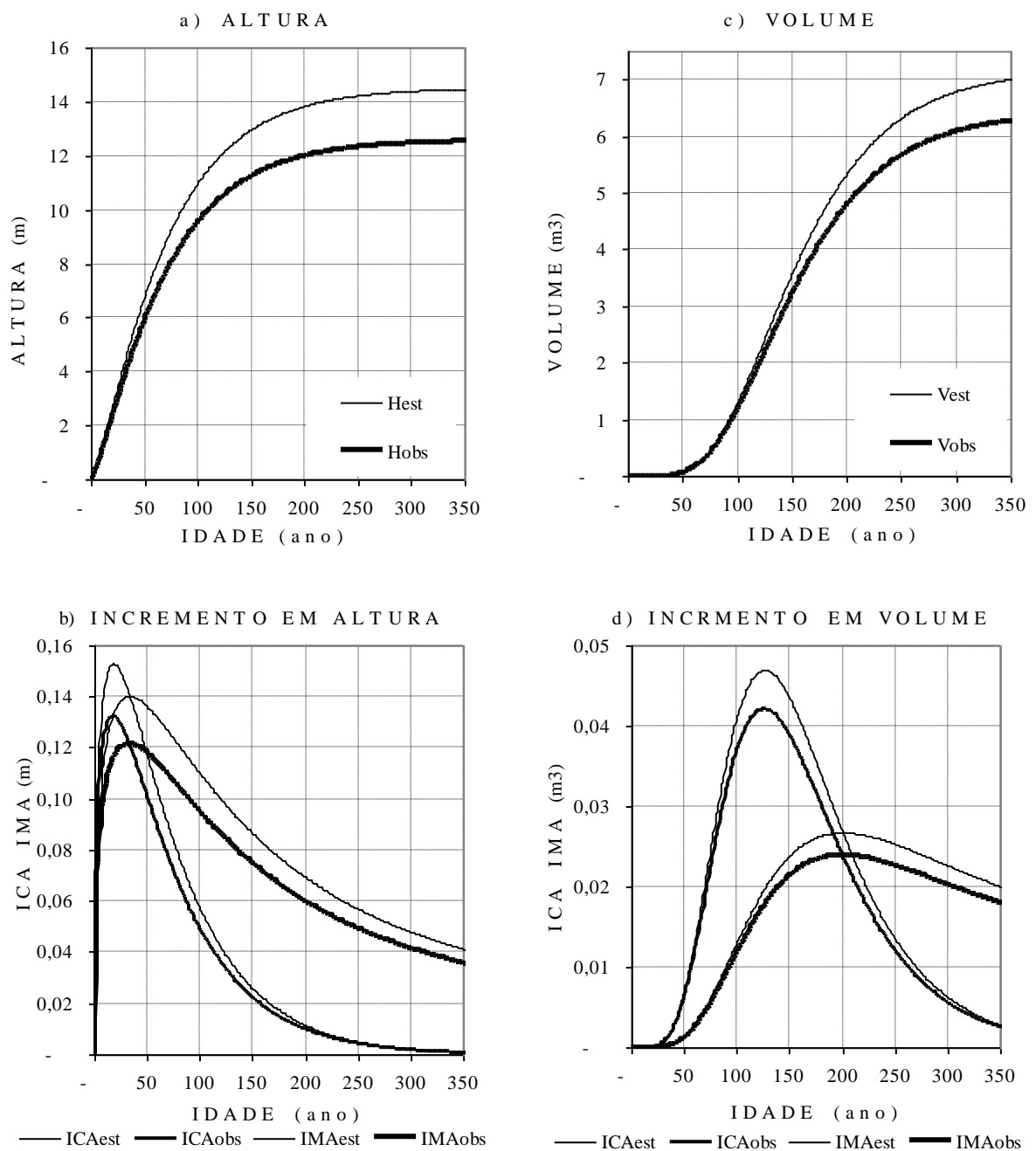
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 33, podem ser observadas as curvas de crescimento em altura e volume da árvore tomadas como exemplo para corrigir os valores dos coeficientes *a* do modelo, resultando em curvas anamórficas que podem ser demonstradas pelas razões entre valores observados e estimados do próprio coeficiente, como do porte atingido aos 200 anos de idade em altura, volume e valor como segue:

H: coeficiente $a_{12,5925} / 14,5300 = \text{porte } 12,0000 / 13,8464 = 0,8667$ ou -13,33%

V: coeficiente $a_{6,4283} / 7,1754 = \text{porte } 4,7895 / 5,3462 = 0,8959$ ou -10,41%

R: coeficiente $a_{64,2826} / 71,7536 = \text{porte } 47,8954 / 53,4618 = 0,8959$ ou -10,41%



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 33. Curvas de crescimento e incrementos estimados em altura e volume pelo *MCBC* e seus respectivos valores corrigidos em função da diferença entre *Hest* = 13,85 m e *Hobs* = 12,00 m aos 200 anos de idade de uma árvore da classe $D_{max} = 100\text{cm}$ da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

5.2.7 Exemplo de aplicação do *MCBC* em ciclos de corte

Como exemplo de aplicação do *MCBC* desenvolvido, apresenta-se a seguir uma simulação de ciclos de corte (*CC*) sucessivos de uma espécie da floresta nativa visando maximizar a produtividade. Para tanto, foram utilizados os dados de *Podocarpus rospigliosii* da Seção 5.1.3., que apresentou o seguinte modelo de crescimento em diâmetro:

$$y = 144,799407 * (1 - e^{(-0,005507 * t)})^{1,645862}.$$

Assumindo-se que o modelo anterior representa o crescimento de uma árvore de povoamento sem exploração madeireira, foram ajustados os valores dos coeficientes a , b , e c para as variáveis (H , G e V), aplicando-se as mesmas equações de relação hipsométrica e de volume apresentadas na Seção 5.2.2., resultando nos valores da coluna CC_I da Tabela 26.

Tabela 26. Coeficientes das variáveis H , D , G e V do $MCBC$, ajustados em função do IMA constante em volume assumido para crescimento de árvore a partir do primeiro ciclo de corte (CC) até o corte final, visando obter máxima produtividade de madeira de *Podocarpus rospigliosii* de floresta nativa

Var.	Parâmetro	CC_1 (*)	CC_2	CC_3	CC_4	Corte Final
I	Inicial	383	408	433	458	483
I	Final	408	433	458	483	508
V	Inicial	10,2876289142	10,9936612185	11,6373601790	12,2204786289	12,7458565893
V	Final	10,9936612185	11,6373601790	12,2204786289	12,7458565893	13,2170297071
V	IMA inicial	0,0268606499	0,0269452481	0,0268761205	0,0266822677	0,0263889370
V	IMA final	0,0269452481	0,0268761205	0,0266822677	0,0263889370	0,0260177750
V_{CC}	Inicial	10,2876289142	10,9936612185	11,6672924206	12,3409236227	13,0145548249
V_{CC}	Final	10,9936612185	11,6672924206	12,3409236227	13,0145548249	13,6881860270
V_{CC}	IMA inicial	0,0268606499	0,0269452481	0,0269452481	0,0269452481	0,0269452481
V_{CC}	IMA final	0,0269452481	0,0269452481	0,0269452481	0,0269452481	0,0269452481
V_{CC}	Coef. A	16,7540456964	16,7540456964	16,7540456964	16,7540456964	16,7540456964
V_{CC}	Coef. B	-0,0055070000	-0,0058143461	-0,0065574213	-0,0075269632	-0,0088603336
V_{CC}	Coef. C	3,7702503122	4,3031042291	6,0066629268	9,4510870652	18,1109216065
G_{CC}	Coef. A	1,6467339830	1,6467339830	1,6467339830	1,6467339830	1,6467339830
G_{CC}	Coef. B	-0,0055070000	-0,0058143461	-0,0065574213	-0,0075269632	-0,0088603336
G_{CC}	Coef. C	3,2917240000	3,7569472296	5,2442874820	8,2515396970	15,8122539296
D_{CC}	Coef. A	144,7994070000	144,7994070000	144,7994070000	144,7994070000	144,7994070000
D_{CC}	Coef. B	-0,0055070000	-0,0058143461	-0,0065574213	-0,0075269632	-0,0088603336
D_{CC}	Coef. C	1,6458620000	1,8784736148	2,6221437410	4,1257698485	7,9061269648
H_{CC}	Coef. A	16,6947450325	16,6947450325	16,6947450325	16,6947450325	16,6947450325
H_{CC}	Coef. B	-0,0055070000	-0,0058143461	-0,0065574213	-0,0075269632	-0,0088603336
H_{CC}	Coef. C	0,6174665255	0,7047337968	0,9837313123	1,5478361937	2,9660863105

Legenda: I = idade; V = volume de árvore povoamento não-explorado; V_{CC} , G_{CC} , D_{CC} e H_{CC} , respectivamente, volume, área basal, diâmetro e altura de árvores do povoamento explorado ciclicamente.

Notas: 1)- $IMAMax = 0,0269452481m^3$; $I_{MA} = 408$ anos; 2)- $V_{CC} = IMAMax * I$ (p.ex. $13,6881860270 = 0,0269452481 * 508$); 3)- valor do coeficiente b e c do V_{CC} obtido segundo metodologia de Seção 5.1.3. e das demais conforme metodologia da Seção 5.2.6.; 4)- CC cada 25 anos (408, 433, 458 e 483 anos e corte final aos 508 anos de idade); (*) os coeficientes dessa coluna referem-se à árvore de povoamento sem exploração.

Fonte: Desenvolvida e elaborada pelo autor.

O ciclo de corte foi simulado baseando-se nos seguintes fundamentos teóricos e aplicando-se os dados de *P. rospigliosii* constantes da Tabela 27:

- a)- a culminação de incremento médio em volume ($IMA_{max} = 0,0269452481m^3$ e $I_{MA} = 408$ anos) coincidirá com a capacidade de suporte de fitomassa (CSF) do sítio, dado em $m^3.ha^{-1}$ ($10,9936612185m^3.ha^{-1}$ para *P. rospigliosii*), e desse momento em diante manterá um volume constante baseado na seguinte equação: $CSB = \Delta V$

crescimento - ΔV mortalidade, sendo ΔV crescimento = ΔV mortalidade para o intervalo de tempo Δ de um ano;

- b)- a curva de crescimento de povoamento não-submetido às explorações cíclicas manterá o seu ritmo de crescimento em volume conforme equação ajustada do *MCBC* ($y=16,7540456964*(1-e^{(-0,005507*t)})^3,7702503122$));
- c)- desde que realizem-se explorações cíclicas, poderá ser mantido o crescimento da árvore com *IMA* constante equivalente ao *IMA_{max}* baseando-se na seguinte equação: $V_I = IMA_{max} * I$, ou seja, conforme Tabela 10: $V_{408} = 0,0269452481*408 = 10,9936612185$; ...; $V_{508} = 0,0269452481*508 = 13,6881860270$.
- d)- os coeficientes *b* e *c* de *V_{CC}* foram ajustados conforme metodologia de Seção 5.1.3. (p.ex. $a = 16,7540456964$; $t_1 = 408$ e $t_2 = 433$; $y_1 = 10,9936612185$ e $y_2 = 11,6672924206$ para segundo desbaste) e das demais, conforme metodologia da Seção 5.2.6. As curvas de crescimento em volume e dos incrementos médios encontram-se ilustradas com detalhes na Figura 23.

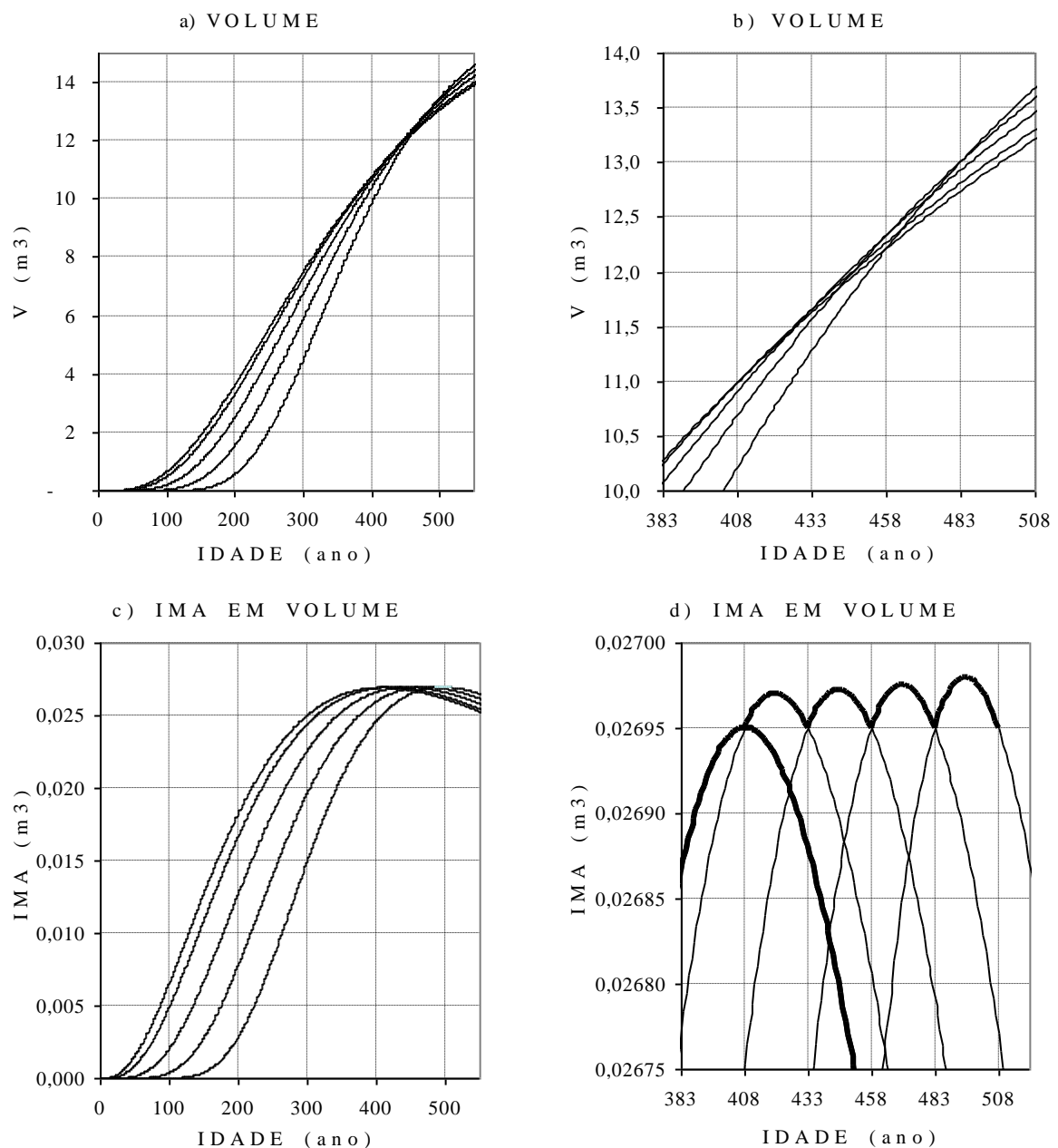
Para facilitar a interpretação da simulação, assumiu-se que a floresta nativa comportará uma *CSF* = $10,9936612185\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ de volume de fuste de uma árvore adulta de *P. rospigliosii*. A exploração foi simulada para 100ha de floresta, ou seja, com 100 árvores e com $1.099,36612185\text{m}^3$ de volume, iniciando aos 403 anos com periodicidade de 25 anos (4 *CC* sucessivos) e corte final aos 508 anos de idade.

O número de árvores (*NA*) da massa original (*MO*), massa eliminada (*ME*) e massa remanescente (*MR*), respectivamente, definida como sendo o total encontrado imediatamente antes da exploração, o total explorado e o remanescente imediatamente após a exploração ($MR=MO-ME$) que será destinada para futuras explorações, foi calculado aplicando-se a equação: $NA_{MO} = CSF/V_{CC}$, resultando nos seguintes valores: $NA_{MO} = 1.099,36612185/10,9936612185 = 100$ árvores aos 408 anos e, de igual maneira, 94,2263 árvores aos 433 anos, 89,0830 árvores aos 458 anos, 84,4720 árvores aos 483 anos e ficando 80,3150 árvores para o corte final realizado aos 508 anos de idade ($NA_{MO} = 1.099.36612185/13,6881860270 = 80,3150$ aos 508 anos). Pelas diferenças, é obtido o número de árvores da *ME* do primeiro, segundo, terceiro e quarto ciclos de corte que resultaram, respectivamente, 5,7737; 5,1434; 4,6109 e 4,1571 árvores (Tabela 27).

Tabela 27. Diferença em porte de árvore de povoamento submetido ao ciclo de corte (*CC*) periódico de *Podocarpus rospigliosii* em contraste com árvore de povoamento inexplorado, ajustado com o *MCBC*, segundo idade da árvore

Variável / idade (ano)	CC 408	CC 433	CC 458	CC 483	Corte Final 508
<i>V</i> (m ³)	10,99	11,64	12,22	12,75	13,22
<i>G</i> (m ²)	1,14	1,20	1,25	1,30	1,34
<i>D</i> (cm)	120,47	123,50	126,17	128,51	130,56
<i>H</i> (m)	15,58	15,73	15,85	15,96	16,06
<i>V_{CC}</i> (m ³)	10,99	11,67	12,34	13,01	13,69
<i>G_{CC}</i> (m ²)	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38
<i>D_{CC}</i> (cm)	120,47	123,64	126,71	129,68	132,57
<i>H_{CC}</i> (m)	15,58	15,73	15,88	16,02	16,15
Diferença ($(V_{CC}-V)/V*100$)	-	0,26	0,99	2,11	3,56
Diferença ($(G_{CC}-G)/G*100$)	-	0,22	0,86	1,84	3,11
Diferença ($(D_{CC}-D)/D*100$)	-	0,11	0,43	0,91	1,54
Diferença ($(H_{CC}-H)/H*100$)	-	0,04	0,16	0,34	0,58

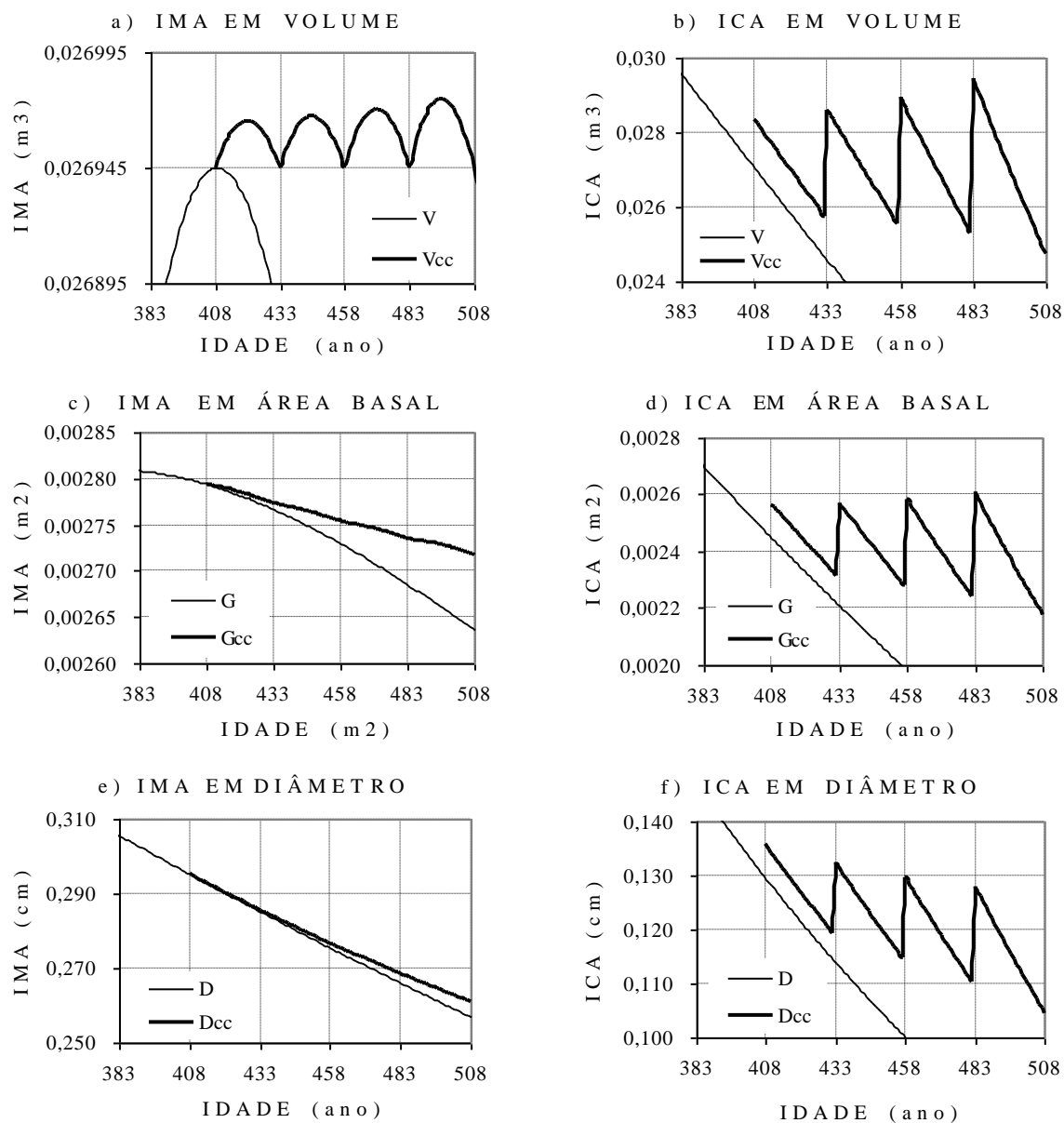
Fonte: Elaborada pelo autor.



Notas: a) Curva com maior velocidade de crescimento inicial pertence à árvore do povoamento inexplorada; b) detalhes de intersecções das curvas de crescimento em volume próximos aos pontos de tangente; c) curvas de incremento médio anual em volume, com pontos de culminações coincidindo com o ciclo de corte e com valores máximos constantes; d) detalhes das curvas, onde a curva todo em negrito pertence à árvore de povoamento inexplorada e as demais para cada ciclo de corte
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 34. Curvas de crescimento em volume e respectivas curvas de incremento médio anual, modeladas aplicando o *MCBC*, para simular a máxima produtividade de madeira de *Podocarpus rospigliosii* de floresta nativa.

A simulação mostrou que a exploração cíclica de madeira da floresta nativa favoreceu o crescimento da massa remanescente, e aumentando com a idade as diferenças em relação ao porte da árvore de floresta inexplorada (Tabela 27), atingindo, aos 508 anos de idade, um acréscimo de 3,56% em volume e 3,11% em área basal e menos expressivos para o diâmetro (1,54%) e volume (0,58%). Essas diferenças são resultantes das curvas de incrementos ajustados pelo *MCBC*, conforme ilustrado nas Figuras 34 e 35.



Legenda: *V*, *G* e *D*: curva de incremento decrescente de povoamento não-explorada; *Vcc*, *Gcc* e *Dcc*: curvas de incremento de povoamento submetido à exploração aos 408, 433, 458, 483 anos e corte final aos 508 anos de idade (linha em negrito).
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35. Curvas de *IMA* e *ICA* de povoamento inexplorado e explorado com ciclo de corte (*CC*) a cada 25 anos com *Podocarpus rospigliosii*, ajustadas aplicando o *MCBC*, maximizando a produtividade da madeira, mantendo constante o IMA_{max} em volume.

Na Tabela 28, estão apresentados os resultados das produções dos ciclos de corte e do corte final de uma floresta de 100ha, onde foram exploradas árvores adultas de *Podocarpus rospigliosii*. De acordo com a simulação, caso essa floresta permanecesse inexplorada, em um período de 100 anos (408 a 508 anos de idade), ocorreria uma mortalidade natural com perda de 16,82 árvores de um total de 100 árvores originais e uma redução de 2,63m³ de área basal (-2,31%), porém, mantendo-se um nível de estoque de volume de madeira de 1.099,37m³ que é equivalente à *CSF* desse sítio. A mesma floresta submetida à exploração cíclica e corte final não apresentou perda de árvores devido ao controle de nível de competição em área basal e volume, resultando em uma produção total de 1.333,85m³ de madeira, resultando em um

índice de produtividade de 121,33 em relação ao povoamento não-explorado (Tabela 28 e Figura 36).

Para sustentar a produção florestal baseada nessa espécie, é necessário que haja presença de regeneração natural com uma diferença máxima de idade de 100 anos, resultando em uma produtividade permanente de $0,134\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, contribuindo com um aporte de $3,335\text{m}^3$ de madeira para cada ciclo de corte de 25 anos. Aplicando-se o mesmo procedimento, pode ser prognosticada a produção real dessa mesma espécie em função da abundância e nível de regeneração da mesma. Aplicando-se o mesmo procedimento englobando todas as espécies de valor comercial presente de uma floresta nativa, torna-se possível simular a produção e produtividade total por unidade de superfície e no horizonte temporal.

Tabela 28. Variação natural de povoamento inexplorado e produção de povoamento submetido aos ciclos de corte sucessivos (CC) e corte final (CF) de *Podocarpus rospigliosii*, ajustado pelo MCBC, visando maximizar a produção e produtividade de volume de madeira de 100ha de floresta nativa

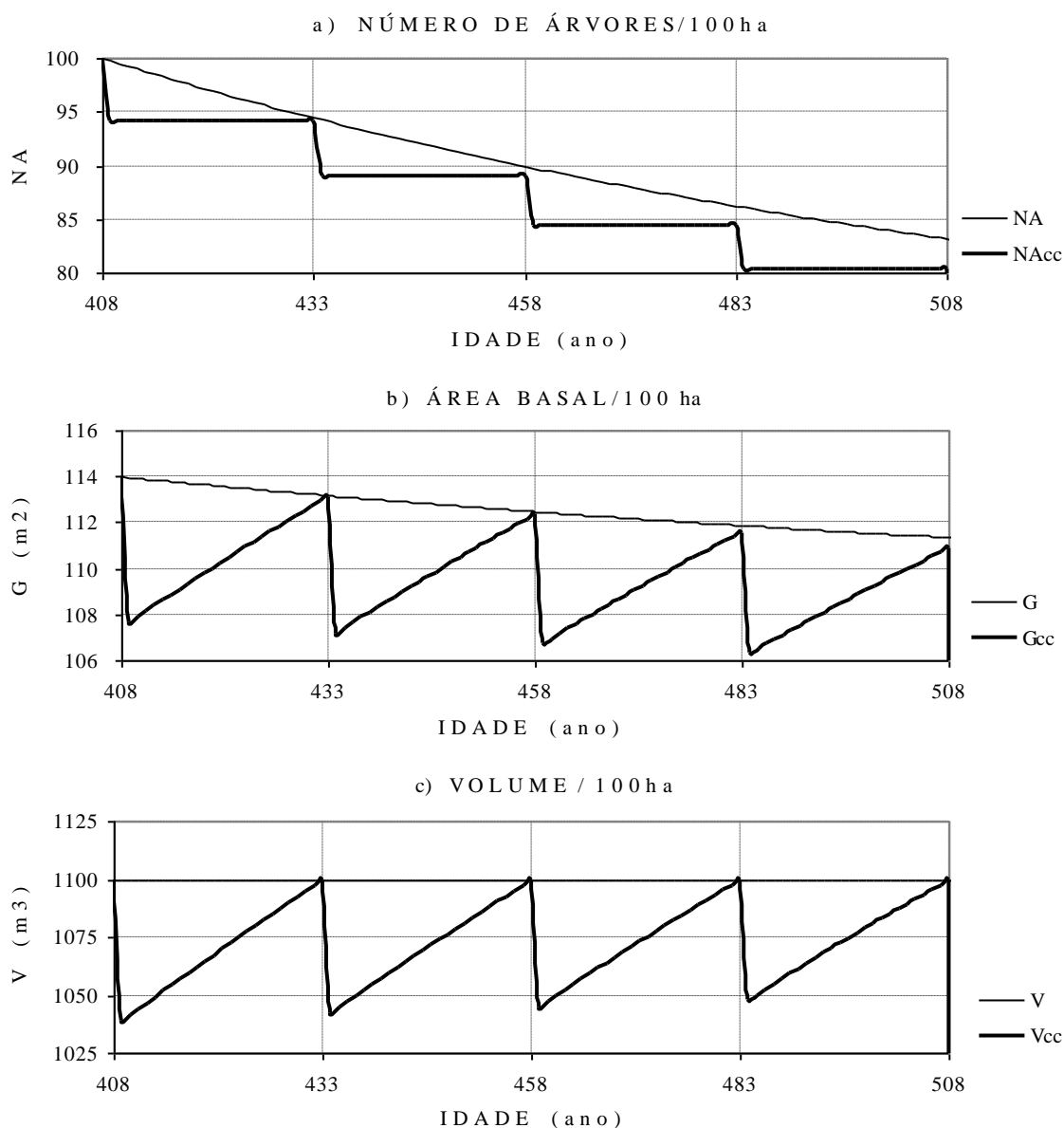
Variável	CC 408	CC 433	CC 458	CC 483	CF 508	Prod. Total	Ind. Prod.
NA – MO (*)	100,00	94,47	89,96	86,25	83,18	83,18	100,00
G – MO (**)	113,99	113,17	112,47	111,87	111,36	111,36	100,00
V – MO (**)	1.099,37	1.099,37	1.099,37	1.099,37	1.099,37	1.099,37	100,00
NA _{CC} – MO	100,00	94,23	89,08	84,47	80,31		
NA _{CC} – ME	5,77	5,14	4,61	4,16	80,31	100,00	120,22
NA _{CC} – MR	94,23	89,08	84,47	80,31	-		
G _{CC} – MO	113,99	113,13	112,33	111,58	110,86		
G _{CC} – ME	6,58	6,18	5,81	5,49	110,86	134,92	121,16
G _{CC} – MR	107,41	106,96	106,52	106,08	-		
V _{CC} – MO	1.099,37	1.099,37	1.099,37	1.099,37	1.099,37		
V _{CC} – ME	63,47	60,01	56,90	54,10	1.099,37	1.333,85	121,33
V _{CC} – MR	1.035,89	1.039,36	1.042,46	1.045,26	-		

Legenda: NA = número de árvores; G = área basal; V = volume de fuste; sem e com sub-índice CC povoamento inexplorado e explorado; MO = massa original (imediatamente antes da exploração); ME = massa eliminada (explorada); MR = massa remanescente (destinado às explorações futuras).

Nota: (*) redução devido à mortalidade natural de povoamento inexplorado; (**) nível máximo de estoque de acordo com a capacidade de suporte de fitomassa do sítio.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Baseando-se nesse modelo teórico, pode-se afirmar que o MCBC é relativamente simples de ser aplicado no manejo de floresta nativa, com a vantagem de permitir moldar o crescimento de árvores individuais na escala temporal. Como vantagem do modelo desenvolvido, pode ser mencionada a possibilidade de prognosticar o crescimento futuro da árvore com dados de duas medições consecutivas no horizonte temporal. Adicionalmente, existindo estudos de relações alométricas consistentes entre as variáveis, permite desenvolver equações de crescimento compatíveis para as variáveis não-mensuradas no campo baseando-se nos dados de uma variável da árvore observada no campo (p.ex. equações compatíveis de crescimento em *H*, *G* e *V* geradas a partir dos dados de crescimento em *D* de *P. rospigliosii*).



Fonte: Elaborada pelo autor.

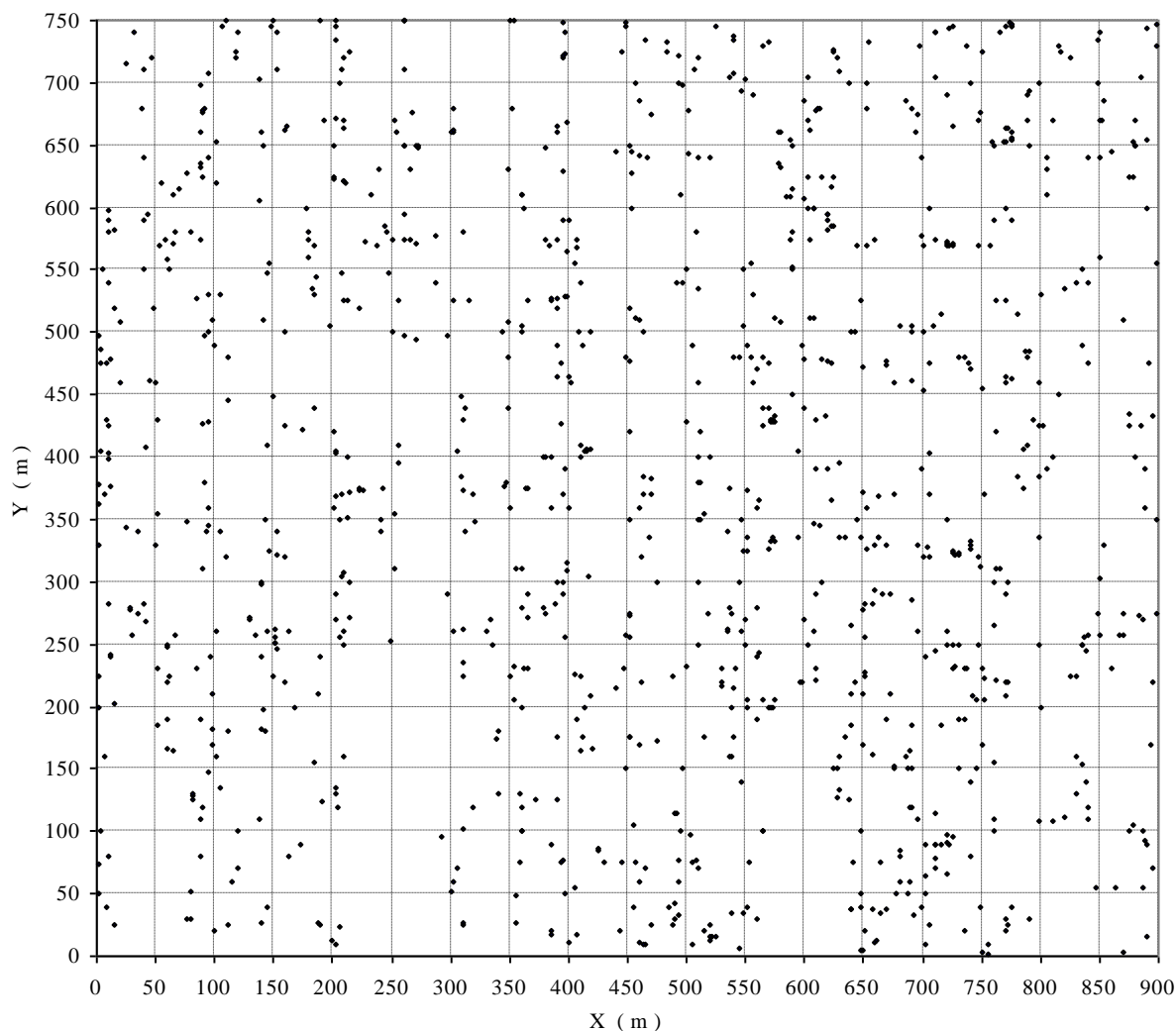
Figura 36. Número de árvores, área basal e volume de *Podocarpus rospigliosii* ajustados com o *MCBC* de povoamento nativo inexplorado e explorado com ciclo de corte (*CC*) a cada 25 anos visando maximizar a produção e produtividade da madeira de 100ha de floresta nativa.

O *MCBC*, mesmo sendo testado nesta tese simulando a dinâmica de crescimento de uma floresta sem intervenção humana, mostrou que pode ser devidamente adaptado e calibrado para ser aplicado em manejo florestal com produção de madeira para fins industriais, onde os principais parâmetros, como a área basal e o volume de estoque em crescimento, sofrem variações em função dos ciclos de corte e, conseqüentemente, afetam o crescimento da massa remanescente, conforme SILVA (1995).

5.3 Inventário Florestal da Resex Aquariquara

5.3.1 Inventário florístico

O censo de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara acusou a presença de 1.061 indivíduos (EOPORÉ, 1996), distribuídos espacialmente conforme ilustradas na Figura 37, cujos dados, utilizados para a modelagem, encontram-se listados na Tabela A1, em anexo.



Fonte: Dados primários do inventário florestal, EOPORÉ (1996), elaborada pelo autor.

Figura 37. Distribuição espacial das árvores, com $DAP \geq 40\text{cm}$, em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Foram identificadas 123 espécies (Tabela A2, em anexo), 31 famílias botânicas com 77 gêneros (Tabela A3, em anexo), sendo que, desses totais 20 espécies que somaram 59 árvores não puderam ser identificadas botanicamente. As famílias que mais destacaram foram as Caesalpinaceae com 198 árvores, 10 gêneros e 14 espécies, seguidos de Sapotaceae com 101 árvores, 5 gêneros e 10 espécies, Fabaceae com 98 árvores, 10 gêneros e 14 espécies,

Mimosaceae com 81 árvores, 7 gêneros e 9 espécies, Burceraceae com 74 árvores, 1 gênero e 3 espécies, Anacardiaceae com 49 árvores, 2 gêneros e 2 espécies, Chrysobalanaceae com 40 árvores, 2 gêneros e 3 espécies, e Annonaceae, com 39 árvores, com 1 gênero e 1 espécie. Cada uma das 23 famílias restantes apresentou uma abundância média inferior a 0,50 árvore por hectare (ECOPORÉ, 1996).

Visando facilitar a interpretação dos resultados, os dados obtidos no talhão de 67,5ha foram multiplicados pelo fator $100/67,5=1,48148$ e convertidos em equivalente a 100ha de floresta.

Na Tabela 29, estão listadas, em ordem decrescente de valores, as espécies mais importantes quanto à abundância (número de árvores), dominância em área basal e em volume do fuste, e valor comercial de estoque de madeira, cujos valores totalizaram, em 100ha, respectivamente, 1.572 árvores, 450m^2 , 3.948m^3 e R\$22.142,00 (a preço corrente de outubro de 2002).

A espécie mais abundante foi o breu-vermelho com 102 árvores, seguido de roxinho com 98, maracatiara com 67, envireira com 58, tachi-preto com 43, tauari-corrimboque com 40, tachi-branco com 39 e castanheira, ipê-roxo, pinho-cuiabano e abiurana-preta com 37 árvores cada uma. Assim, a frequência média de número de árvores por hectare das quatro espécies mais abundantes foi, respectivamente, de 1,02, 0,98, 0,67 e 0,58 árvore, apresentando as demais 119 espécies menos de 0,5 árvore por hectare, resultando em uma floresta com elevada diversidade biológica, com índice de Shannon-Weaver = 4,21.

As espécies castanheira, maracatiara, tauri-corrimboque, breu-vermelho e envireira foram as primeiras cinco espécies com maior dominância em área basal, enquanto que, para o volume, foram a castanheira, maracatiara, tauri-corrimboque, roxinho e envireira. A castanheira que, com 2,4% de número total de árvores acumulou 8,0% do total de área basal e 9,2% do volume dessa floresta, destaca-se das demais espécies, por alcançar grandes dimensões (diâmetro máximo de 230cm e altura máxima de fuste de 22 metros).

Em relação ao valor comercial do estoque de madeira, que atingiu R\$22.142,00 em 100ha, a preço corrente de outubro de 2002 (Tabela 30), destacaram-se ipê-roxo com R\$5.526,00, cedro-rosa com R\$1.554,00, maracatiara com R\$1.401,00, tauari-corrimboque com R\$1.333,00, roxinho com R\$1.147,00 envireira com R\$1.144,00 e apresentando as demais espécies uma participação relativa inferior a 4% sobre o valor total. A participação relativa de grupo de preço unitário ($\text{R}\$.\text{m}^{-3}$) foi a seguinte: Grupo 1 com 2 espécies com madeira de $\text{R}\$5,00.\text{m}^{-3}$ participando com 5,7% em volume e 2,8% em valor; Grupo 2 com 22 espécies com madeira de $\text{R}\$6,50.\text{m}^{-3}$ participando com 78,8% em volume e 47,9% em valor; Grupo 3 com 5 espécies com madeira de $\text{R}\$17,70.\text{m}^{-3}$ participando com 7,2% em volume e 11,9% em valor; Grupo 4 com 3 espécies com madeira de $\text{R}\$34,00.\text{m}^{-3}$ participando com 1,6% em volume e 5,4% em valor; Grupo 5 com única espécie com madeira de $\text{R}\$48,00.\text{m}^{-3}$ participando com 5,6% em volume e 25,0% em valor; Grupo 6 com única espécie com madeira de $\text{R}\$69,00.\text{m}^{-3}$ participando com 1,1% em volume e 7,0% em valor.

Como a inflação acumulada no período de outubro de 2002 até janeiro de 2009 foi igual a 1,52796422, medida pelo INPC - índice nacional de preço ao consumidor, as cifras antes mencionadas são equivalentes aos atuais R\$33.832,18 de estoque de madeira comercial por 100ha ou $\text{R}\$338,32.\text{ha}^{-1}$, com preço unitário variando entre $\text{R}\$7,64.\text{m}^{-3}$ do Grupo 1 até $\text{R}\$105,43.\text{m}^{-3}$ do Grupo 6.

Tabela 29. Lista de espécies mais importantes, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, quanto ao número de indivíduos, área basal, volume e valor comercial da madeira em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Número de árvores			Área basal			Volume de fuste			Valor da madeira		
Espécie	(n)	(%)	Espécie	(m ²)	(%)	Espécie	(m ³)	(%)	Espécie	(R\$)	(%)
Breu-verm.	102	6,5	Castanheira	36,0	8,0	Castanheira	363	9,2	Ipê-roxo	5526	25,0
Roxinho	98	6,2	Roxinho	22,5	5,0	Maracatiara	236	6,0	Cedro-rosa	1554	7,0
Maracatiara	67	4,2	Maracatiara	22,4	5,0	Tauari-corr.	212	5,4	Maracatiara	1401	6,3
Envireira	58	3,7	Tauari-corr.	20,1	4,5	Roxinho	190	4,8	Tauari-corr.	1333	6,0
Tachi-preto	43	2,7	Breu-verm.	19,3	4,3	Envireira	185	4,7	Roxinho	1147	5,2
Tauari-corr.	40	2,5	Envireira	18,2	4,1	Cedro-mara	147	3,7	Envireira	1144	5,2
Tachi-branco	39	2,5	Faveira-ferro	17,9	4,0	Faveira-ferro	132	3,3	Cedro-mara	836	3,8
Castanheira	37	2,4	Cedro-mara	15,4	3,4	Ipê-roxo	126	3,2	Jatobá	824	3,7
Ipê-roxo	37	2,4	Pinho-cuiabano	14,4	3,2	Pinho-cuiabano	124	3,1	Faveira-ferro	707	3,2
Pinho-cuiabano	37	2,4	Ipê-roxo	12,9	2,9	Breu-verm.	120	3,0	Breu-verm.	704	3,2
Abiurana-preta	37	2,4	Tachi-branco	11,4	2,5	Tachi-branco	96	2,5	Caxeta-br.	631	2,9
Faveira-ferro	36	2,3	Tachi-preto	9,5	2,1	Angelim-saia	81	2,1	Pinho-cuiabano	613	2,8
Mirindiba-am.	34	2,2	Cumaru-ferro	8,7	1,9	Tachi-preto	79	2,0	Tachi-branco	573	2,6
Caraempé-roxo	34	2,2	Angelim-saia	8,6	1,9	Cumaru-ferro	77	1,9	Sucupira-am.	561	2,5
Gogó-de-guar.	31	2,0	Abiurana-preta	8,0	1,8	Maparajuba-br.	73	1,8	Sucupira-br.	547	2,5
Cumaru-ferro	31	2,0	Mirindiba-am.	8,0	1,8	Abiurana-preta	67	1,7	Azedinho	532	2,4
Maparajuba-br.	31	2,0	Maparajuba-br.	7,4	1,7	Mirindiba-am.	62	1,6	Angelim-saia	527	2,4
Seringueira	28	1,8	Gogó-de-gua.	7,3	1,6	Caraempé-roxo	62	1,6	Cumaru-ferro	458	2,1
Faveira-br.	27	1,7	Caraempé-roxo	7,1	1,6	Gogó-de-guar.	59	1,5	Tachi-preto	434	2,0
Xixá-miúdo	27	1,7	Faveira-br.	6,2	1,4	Faveira-br.	47	1,2	Caxeta-am.	332	1,5
Cedro-mara	27	1,7	Seringueira	5,6	1,3	Seringueira	47	1,2	Freijó-cinza	293	1,3
Abiu-bravo	24	1,5	Xixá-miúdo	5,6	1,2	Jatobá	46	1,2	Abiu-bravo	259	1,2
Ucuúba-am.	22	1,4	Abiu-bravo	5,5	1,2	Maparajuba-am.	46	1,2	Abiurana-am.	219	1,0
Louro-chumbo	22	1,4	Ucuúba-am.	5,5	1,2	Abiu-bravo	46	1,2	Louro-chumbo	213	1,0
Abiurana-am.	22	1,4	Guariúba-am.	5,2	1,1	Ucuúba-am.	43	1,1	Angelim-amarg.	212	1,0
Caraempé-br.	19	1,2	Maparajuba-am.	5,0	1,1	Xixá-miúdo	43	1,1	Maçaranduba	160	0,7
Angelim-amarg.	19	1,2	Jatobá	4,9	1,1	Guariúba-am.	41	1,0	Garapeira	124	0,6
Maparajuba-am.	19	1,2	Louro-chumbo	4,9	1,1	Caraempé-br.	40	1,0	Sucupira-preta	105	0,5
Guariúba-am.	18	1,1	Orelha-de-mac.	4,7	1,1	Orelha-de-mac.	39	1,0	Angelim-pedra	84	0,4
Caxeta-br.	18	1,1	Abiurana-am.	4,7	1,0	Caxeta-br.	39	1,0	Abiurana-br.	28	0,1
Pororoca / Cuiar.	18	1,1	Caxeta-br.	4,6	1,0	Abiurana-am.	37	0,9	Pau-garrote	27	0,1
Outras	471	30,0	Outras	112,9	25,1	Outras	942	23,9	Outras	31	0,1
Total	1572	100	Total	450,2	100	Total	3948	100	Total	22142	100

Nota: Vide na Tabela A2 (em anexo), a lista de todas as espécies com nome sem abreviações e valores dos demais atributos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptado pelo autor.

5.3.2 Distribuição das árvores em classes de idade e tamanho

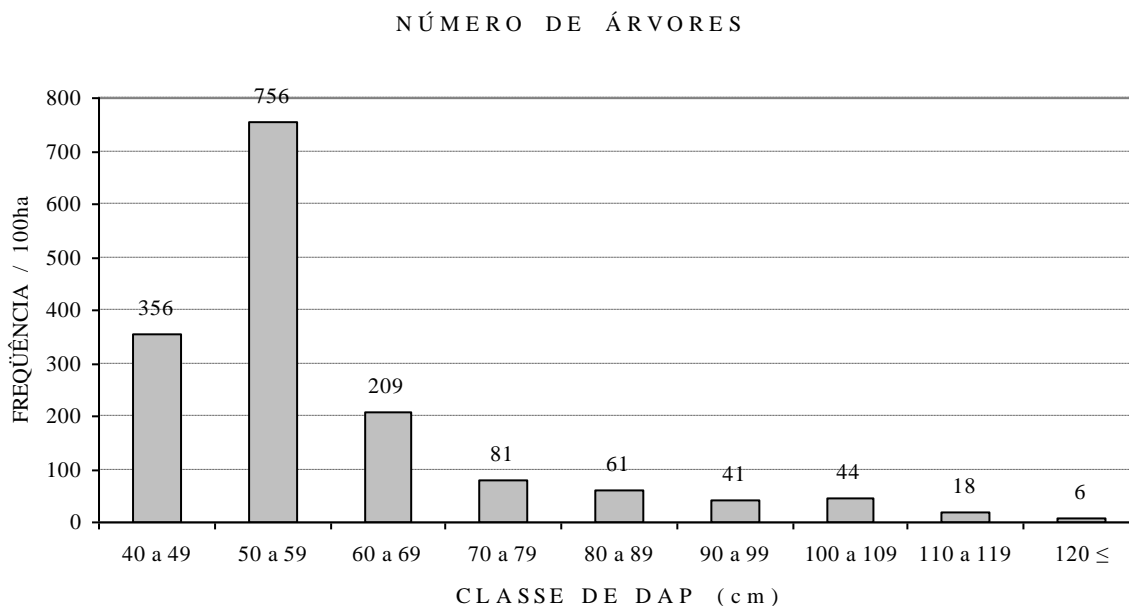
De um total de 1.572 árvores, com $DAP \geq 40$ cm, existentes em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, 356 árvores (23%) enquadraram-se na primeira classe diamétrica compreendida entre 40 a 50cm, seguidas de 756 árvores (48%) na classe de 50 a 60cm, 209 árvores (13%) na classe entre 60 a 70cm e 81 árvores (5%) na classe de 70 a 80cm. Distribuição das árvores em classes diamétricas fora do padrão esperado de “J” invertido foi constatada para todas as classes de D_{max} com frequência da primeira classe ($40 \leq D < 50$) menor que o da segunda classe ($50 \leq D < 60$), bem como desvios nas classes para as árvores de

tamanho D_{90} , D_{110} e D_{240} (Tabela 30 e Figura 38). Distribuições irregulares de árvores em classes diamétricas foram relatadas para várias espécies por LAMPRECHT (1990) na Venezuela e por JANKAUSKIS (1987) em Santarém, no estado do Pará.

Tabela 30. Frequência de número de árvores, com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classe de D_{max} , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe de D_{max}	Número de árvores por classe diamétrica (centro da classe, em cm)									Total	Diâmetro Médio (cm)
	45	55	65	75	85	95	105	115	120 ≤		
D_{50}	26,7	-	-	-	-	-	-	-	-	26,7	43,17
D_{60}	54,8	60,7	-	-	-	-	-	-	-	115,6	48,68
D_{70}	32,6	84,4	19,3	-	-	-	-	-	-	136,3	51,71
D_{80}	32,6	91,9	31,1	23,7	-	-	-	-	-	179,3	55,36
D_{90}	96,3	183,7	29,6	-	14,8	-	-	-	-	324,4	52,23
D_{100}	50,4	154,1	41,5	11,9	11,9	11,9	-	-	-	281,5	56,55
D_{110}	37,0	90,4	31,1	10,4	5,9	3,0	13,3	-	-	191,1	58,43
D_{120}	23,7	87,4	53,3	29,6	20,7	22,2	28,1	14,8	-	280,0	69,68
D_{240}	1,5	3,0	3,0	5,9	7,4	4,4	3,0	3,0	5,9	37,0	99,86
Total	355,6	755,6	208,9	81,5	60,7	41,5	44,4	17,8	5,9	1.571,9	57,89

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptado pelo autor.

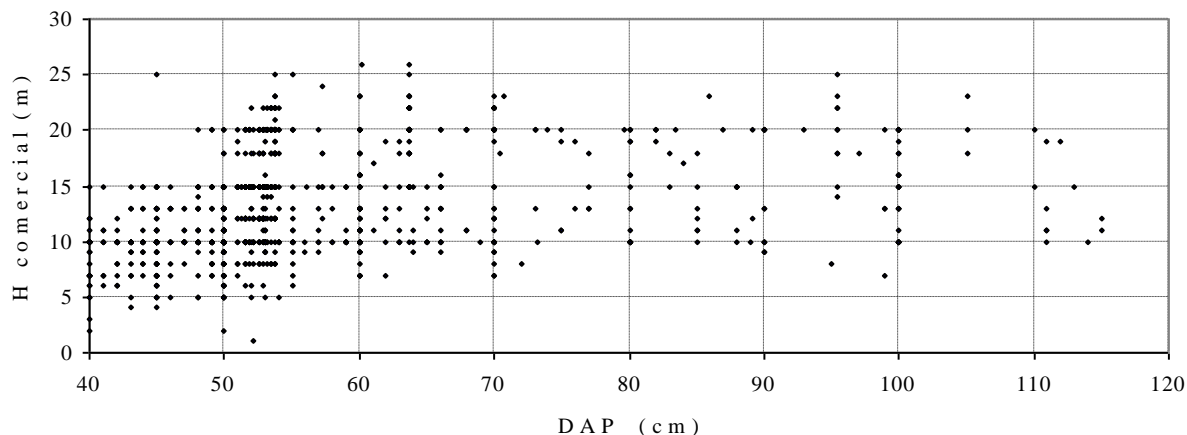


Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1966), adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 38. Frequência de número de árvores, com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classe de diâmetro, em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

As árvores da Resex Aquariquara apresentaram uma relação hipsométrica média de 13,13m em altura comercial do fuste e volumétrica de $2,51\text{m}^3$ de volume de fuste para um diâmetro médio de 57,89cm, conforme ilustrado nas Figuras 39 e 40.

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

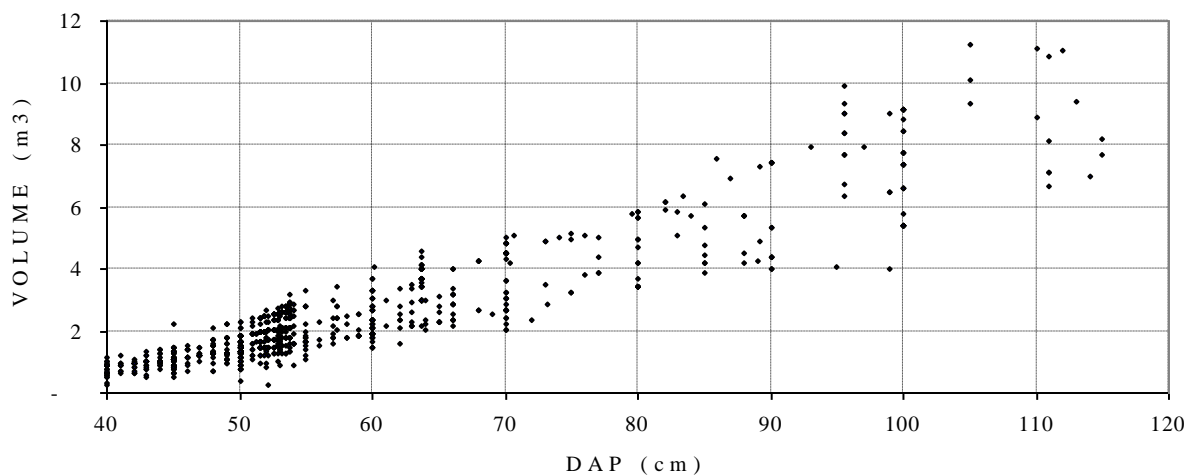


Nota: Não estão ilustrados os dados de 4 árvores com DAP de 170, 190, 220 e 230cm e com 15, 13, 20 e 15 m de H , respectivamente.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), elaborada pelo autor.

Figura 39. Relação hipsométrica entre altura comercial do fuste com o diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

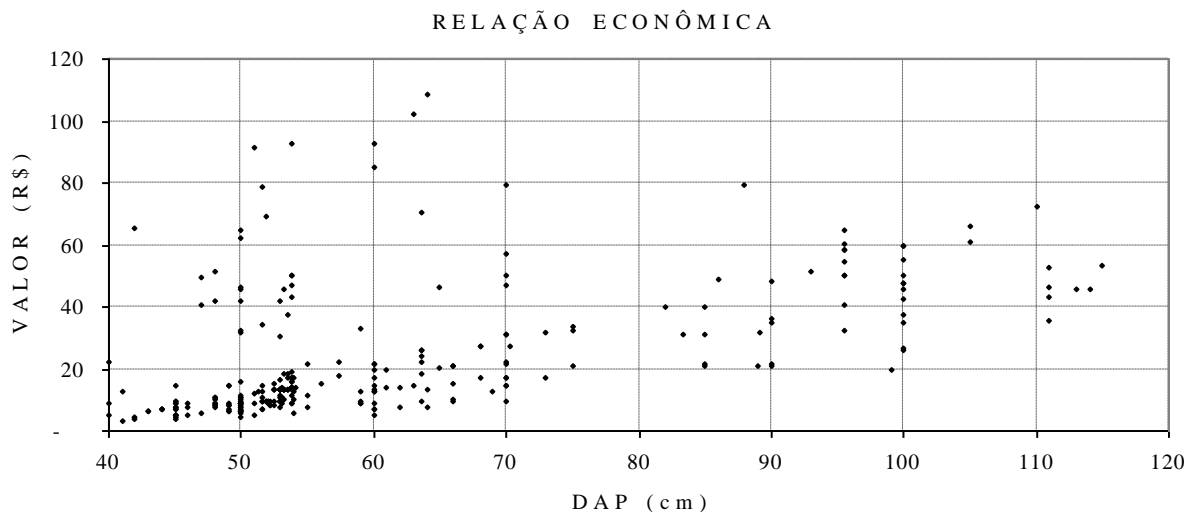
RELAÇÃO VOLUMÉTRICA



Nota: Não estão ilustrados os dados de 4 árvores com DAP de 170, 190, 220 e 230cm e com 21,3, 23,8, 44,5 e 39,0m³ de V , respectivamente.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

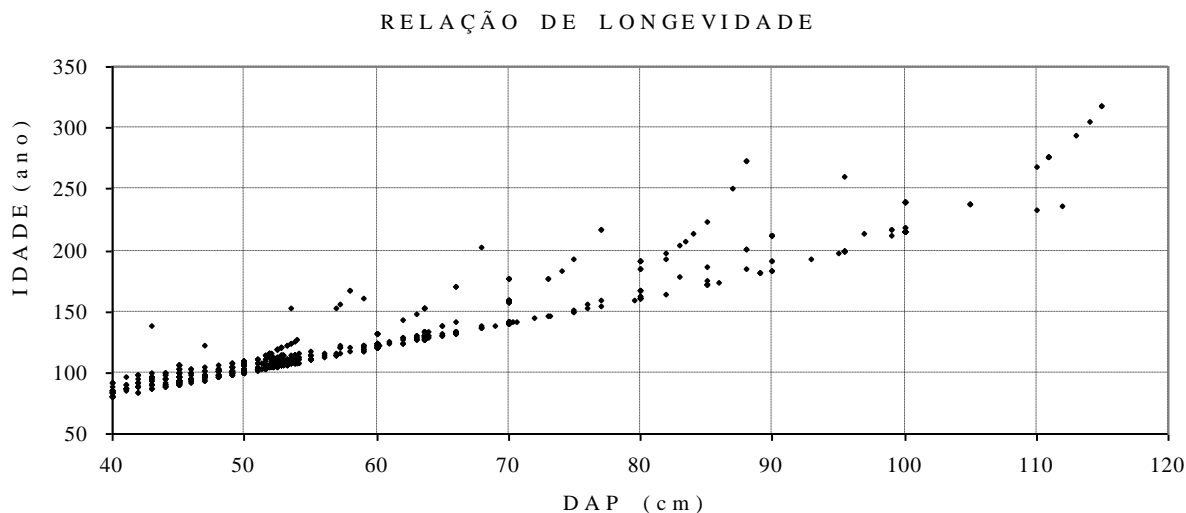
Figura 40. Relação volumétrica entre volume de fuste e diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.



Nota: Não estão ilustrados os dados de 5 árvores com *DAP* de 71, 80, 85, 100 e 111cm e com 245, 291, 255, 440 e 522 reais, respectivamente.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), e dados sobre o valor da árvore obtida através de pesquisa de campo do autor, adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 41. Relação econômica entre valor da madeira (árvore em pé) e diâmetro de 569 árvores comerciais com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.



Nota: Não estão ilustrados os dados de 5 árvores com *DAP* de 99, 170, 190, 220 e 230cm e com 352, 342, 396, 535 e 637 anos de idade, respectivamente.

Fonte: Dados primários de *DAP* do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), e da idade estimada pelo autor, adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 42. Relação de longevidade entre a idade e diâmetro de árvores com $DAP \geq 40$ cm, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Conforme dados da Tabela 31, as somas dos valores de dados primários de 1.572 árvores, em 100ha de floresta, alcançaram totais de $450m^2$ de área basal, $3.948m^3$ de volume e R\$22.142,00 em valor da madeira, resultando uma média de 123 anos em idade, 13m em altura de fuste, 58cm de diâmetro e $2,51m^3$ de volume de fuste valorado em R\$26,00 por árvore em pé (média de árvores comerciais).

Tabela 31. Estatísticas de dados primários, das árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classes de D_{max} , encontradas em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
NA_{Total}	26,7	115,6	136,3	179,3	324,4	281,5	191,1	280,0	37,0	1.571,9
I_{Total} (ano)	2.604	12.293	14.682	20.713	35.202	33.338	23.777	41.813	8.772	193.194
H_{Total} (m)	241	1.321	1.750	2.396	3.738	3.684	2.748	4.144	618	20.640
D_{Total} (cm)	1.151	5.625	7.048	9.924	16.946	15.917	11.166	19.511	3.699	90.987
G_{Total} (m ²)	4	22	29	44	72	74	55	116	36	450
V_{Total} (m ³)	25	167	242	385	562	620	508	1.076	364	3.948
R_{Total} (R\$)	5	767	432	1.641	1.495	3.815	2.999	10.988	-	22.142
$I_{Média}$ (ano)	97,66	106,38	107,72	115,55	108,50	118,44	124,41	149,33	236,85	122,91
$H_{Média}$ (m)	9,06	11,44	12,84	13,36	11,52	13,09	14,38	14,80	16,68	13,13
$D_{Média}$ (cm)	43,17	48,68	51,71	55,36	52,23	56,55	58,43	69,68	99,86	57,89
$G_{Média}$ (m ²)	0,15	0,19	0,21	0,25	0,22	0,26	0,29	0,41	0,97	0,29
$V_{Média}$ (m ³)	0,93	1,45	1,78	2,15	1,73	2,20	2,66	3,84	9,82	2,51
$R_{Média}$ (R\$)	3,38	32,35	9,72	22,15	10,74	20,94	26,99	41,43	-	26,31
ICV (%)	11,11	17,42	17,37	22,87	25,25	27,20	29,29	33,02	50,56	35,71
HCV (%)	24,68	30,34	31,84	32,86	35,83	29,94	33,31	31,80	22,55	33,94
DCV (%)	5,29	9,46	10,65	15,63	16,97	20,53	25,75	29,14	49,85	29,76
GCV (%)	10,46	18,49	21,66	32,24	39,03	46,45	58,90	59,49	112,29	87,48
VCV (%)	23,84	36,26	39,16	47,50	60,93	53,89	69,28	65,65	112,09	104,19
RCV (%)	0,00	62,25	41,91	87,04	114,02	168,80	89,52	163,13	-	169,29

Legenda: NA = número de árvores; I = idade da árvore; H = altura comercial; D = diâmetro à altura do peito; G = área basal; V = volume; R = valor da madeira; sub-índice $_{Total}$ = soma dos valores; $_{Média}$ = média aritmética; $_{CV}$ = coeficiente de variação (%); $D_{50}, \dots, D_{240}, D_{Total}$ = classe de tamanho da árvore (D_{max}).

Nota: Idade da árvore estimada pelo modelo de crescimento de Bertalanffy. Para R (média e coeficiente de variação de valor da madeira considerando somente dados de árvores com valor comercial).

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996) mais dados adaptados nesta tese, elaborada pelo autor.

5.3.3 Valor comercial de madeira das árvores

Do total populacional de 123 espécies com 1.572 árvores que ocorrem em 100ha, 89 espécies (74,2%) e 720 árvores (45,8%) não são comercializadas no mercado regional, as quais ocuparam 196m² de área basal (43,5%) e acumularam 1.689m³ de madeira (42,8%), indicando que pouco mais de 40% da madeira da floresta de Resex Aquariquara não podem ser exploradas comercialmente (Tabela 32). Além dos aspectos antes citados, foram quantificadas as árvores com defeitos no fuste, tais como tronco ocado, tortuosidade, esgalhamento e bifurcação, atribuindo, em função da soma desses defeitos um índice de aproveitamento, com peso 1,00, 0,75, 0,50 e 0,00, respectivamente para árvores com fuste perfeito (100% de rendimento no desdobro), moderadamente defeituoso com 75% de rendimento, severamente defeituoso com 50% de rendimento, e fuste imprestáveis para a exploração comercial da madeira (antieconômico) com nenhum rendimento de madeira no desdobro (Tabela 32). A frequência relativa de árvores com fuste com IA=0,00 foi de 2,5%, e as com IA=0,50, 0,75 e 1,00, respectivamente de 3,0%, 27,0% e 67,5%. Cabe ressaltar que, sem a aplicação do IA, o volume total e o valor da madeira poderiam atingir, respectivamente, 2.260m³ e R\$ 24.121,00, e com o IA foram de 2.080m³ e R\$22.142,00, podendo-se, assim, atribuir aos defeitos uma perda total de 180m³ em volume de madeira (-8,0%) e R\$1.979,00 em valor monetário (-8,2%).

Tabela 32. Número de árvores, área basal, volume e valor da madeira, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de valor comercial da madeira e índice de aproveitamento da tora, em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe	IA	N	N (%)	G (m ²)	G (%)	V (m ³)	V (%)	R (R\$)	R (%)
S_{vc}	1,00	473	30,1	128,0	28,4	1.175	29,8	0	0,0
S_{vc}	0,75	196	12,4	54,2	12	415	10,5	0	0,0
S_{vc}	0,50	22	1,4	5,7	1,3	41	1,0	0	0,0
S_{vc}	0,00	30	1,9	7,7	1,7	58	1,5	0	0,0
Sub-tot		720	45,8	195,7	43,5	1.689	42,8	0	0,0
C_{vc}	1,00	588	37,4	180,0	40	1.681	42,6	17.969	81,2
C_{vc}	0,75	228	14,5	61,8	13,7	478	12,1	3.855	17,4
C_{vc}	0,50	25	1,6	9,8	2,2	79	2,0	317	1,4
C_{vc}	0,00	10	0,7	2,9	0,7	22	0,5	0	0,0
Sub-tot		852	54,2	254,6	56,5	2.260	57,2	22.142	100,0
Total	1,00	1.061	67,5	308,1	68,4	2.856	72,3	17.969	81,2
Total	0,75	424	27,0	116,0	25,8	893	22,6	3.855	17,4
Total	0,50	47	3,0	15,5	3,5	119	3,0	317	1,4
Total	0,00	40	2,5	10,7	2,4	80	2,0	0	0,0
Total		1.572	100,0	450,3	100,0	3.948	100,0	22.142	100,0

Legenda: Classe de valor comercial da madeira, sendo: S_{vc} = espécies sem valor comercial, C_{vc} = espécies com valor comercial e Total = $S_{vc} + C_{vc}$; IA = índice de aproveitamento da tora, em função dos seus defeitos; N = número de árvores; G = área basal; V = volume do fuste; R = valor da madeira, sendo que valor de cada árvore é obtido como segue: $R = PU * IA * V$, onde PU = preço unitário em R\$.m³.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), elaborada pelo autor.

5.3.4 Distribuição das árvores em classe de idade

A idade de cada árvore da Resex Aquariquara, estimada pelo modelo de crescimento de Bertalanffy ($I = Ln(((y/a)^{(1/b)})) - I) * (-1) / -b$), variou entre 80 a 637 anos de idade e a média foi de 123 anos para árvores com $DAP \geq 40$ cm. Na classe de idade de 100 a 119 anos, teve maior frequência com 796 árvores, seguidas das classes de 80 a 99 e de 120 a 129 anos, respectivamente, com 279 e 225 árvores em 100ha de floresta (Tabela 33).

Tabela 33. Número de árvores com $DAP \geq 40$ cm por classe de idade, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe D_{max}	Classe de idade (ano)											Total	Idade Média (ano)	
	80 a 99	100 a 119	120 a 139	140 a 159	160 a 179	180 a 199	200 a 219	220 a 239	240 a 259	260 a 279	≥ 280			
D_{50}	11,9	13,3	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,7	97,66
D_{60}	40,0	53,3	16,3	3,0	3,0	-	-	-	-	-	-	-	115,6	106,38
D_{70}	32,6	83,0	10,4	8,9	-	-	1,5	-	-	-	-	-	136,3	107,72
D_{80}	32,6	91,9	29,6	16,3	3,0	3,0	3,0	-	-	-	-	-	179,3	115,55
D_{90}	96,3	183,7	29,6	-	-	4,4	4,4	1,5	1,5	3,0	-	-	324,4	108,50
D_{100}	34,1	170,4	41,5	11,9	7,4	1,5	11,9	-	-	1,5	1,5	-	281,5	118,44
D_{110}	20,7	106,7	31,1	10,4	4,4	4,4	-	13,3	-	-	-	-	191,1	124,41
D_{120}	7,4	93,3	63,7	29,6	16,3	25,2	25,2	4,4	-	8,9	5,9	-	280,0	149,33
D_{240}	-	-	1,5	1,5	10,4	7,4	7,4	3,0	-	-	5,9	-	37,0	236,85
D_{Total}	275,6	795,6	225,2	81,5	44,4	45,9	53,3	22,2	1,5	13,3	13,3	-	1.571,9	122,91

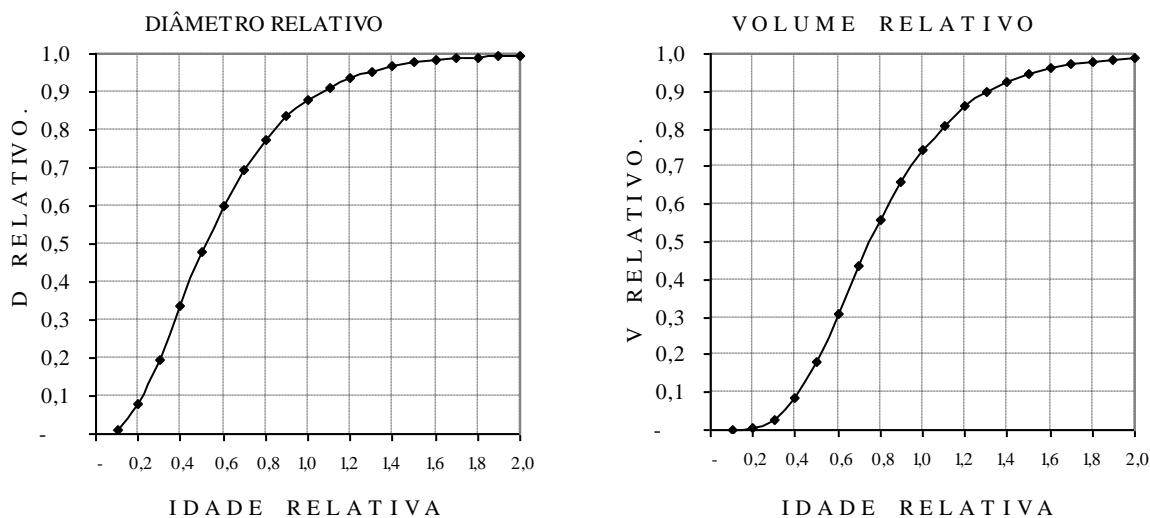
Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), elaborada pelo autor.

5.4 Modelo de Entrada (Input) e Saída (Output) de Árvores do Sistema

Para simular a dinâmica de crescimento florestal, além dos dados obtidos até as seções anteriores, necessitam-se incluir um modelo de entrada (*input*) e de saída (*output*) do sistema de árvores da floresta, temas esses que serão abordadas nas próximas seções. Como foi proposta nesta tese uma nova metodologia para esta questão, foram incluídas informações básicas que deram suporte para o seu desenvolvimento.

5.4.1 Distribuição de número de árvores vivas em classe de idade relativa

Tomando como base os dados de *MCBC* apresentados nas Tabelas 23 e 24, respectivamente, da Seção 5.2.3 e 5.2.4, constata-se que as árvores mantêm um porte relativo constante nas idades de culminações dos seus incrementos para todas as árvores das classes de D_{max} . A *I_{IMA}* em volume, de acordo com o *MCBC*, apresenta os seguintes valores nominais segundo classe de D_{max} : $D_{50}=100$, $D_{60}=120$, $D_{70}=140$, $D_{80}=160$, $D_{90}=180$, $D_{100}=200$, $D_{110}=220$ e $D_{240}=480$ anos. Substituindo-se a idade nominal por idade relativa ($IR=I/I_{IMA}$) na *I_{IMA}* em volume, o diâmetro atinge um porte equivalente a 87,94% do seu valor máximo ($IR_{0,8794}$) e o volume a 74,51% do seu máximo ($IR_{0,7451}$), conforme ilustrado na Figura 43.



Nota: Idade relativa = 1 para a idade correspondente à culminação de incremento médio anual em volume de fuste; diâmetro relativo = D_t/D_{max} e volume relativo = V_t/V_{max} , sendo t a idade da árvore e max o valor assintótico (coeficiente a).
Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados da Tabela 24 da seção 5.2.4.

Figura 43. Relação entre idade relativa com o diâmetro e volume relativo, ajustado pelo *MCBC* para o crescimento de árvores, de todas as classes de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Sob o ponto de vista de manejo florestal, a máxima produtividade volumétrica de madeira, baseado no *MCBC* ajustado para simular o crescimento de árvores da Resex Aquariquara, poderá ser obtida ao explorarem as árvores das classes de D_{max} com os seguintes diâmetros: $D_{50} \rightarrow D=44,0$, $D_{60} \rightarrow D=52,8$, $D_{70} \rightarrow D=61,6$, $D_{80} \rightarrow D=70,4$, $D_{90} \rightarrow D=79,2$, $D_{100} \rightarrow D=87,9$, $D_{110} \rightarrow D=96,7$, $D_{120} \rightarrow D=105,5$ e $D_{240} \rightarrow D=211,1$ centímetros de *DAP*, os quais representam 87,9% do diâmetro assintótico de cada classe e com $IR=1,00$, conforme ilustrado na Figura 43.

Da mesma forma, para monitorar o crescimento de árvores a partir das classes de $IR \geq 0,50$, devem ser medidas, segundo classe de D_{max} , as árvores a partir de seguintes diâmetros: $D_{50} \rightarrow D=23,8$, $D_{60} \rightarrow D=28,6$, $D_{70} \rightarrow D=33,3$, $D_{80} \rightarrow D=38,1$, $D_{90} \rightarrow D=42,9$, $D_{100} \rightarrow D=47,6$, $D_{110} \rightarrow D=52,4$, $D_{120} \rightarrow D=57,2$ e $D_{240} \rightarrow D=114,3$ cm de DAP .

Para o manejo florestal é importante tomar como referência a idade relativa e o porte relativo da árvore, pois esses parâmetros guardam uma relação constante para as árvores de todas as classes de D_{max} e, além disso, caracterizam a fase de desenvolvimento de cada árvore (juvenil, intermediária, maturação e senescente). Baseando-se nessas informações, é possível controlar a produção e produtividade de cada árvore e, conseqüentemente, do povoamento florestal.

Assim sendo, a idade nominal de cada árvore, apresentada na Tabela 33 da Seção 5.3.4., foi transformada em idade relativa, aplicando-se a seguinte fórmula: $IR = I/I_{IMA}$, onde I é a idade nominal da árvore e I_{IMA} a idade de culminação em incremento médio anual em volume da árvore (Tabela 34 e Figura 44).

Tabela 34. Distribuição de árvores com $DAP \geq 40$ cm em classe de idade relativa, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

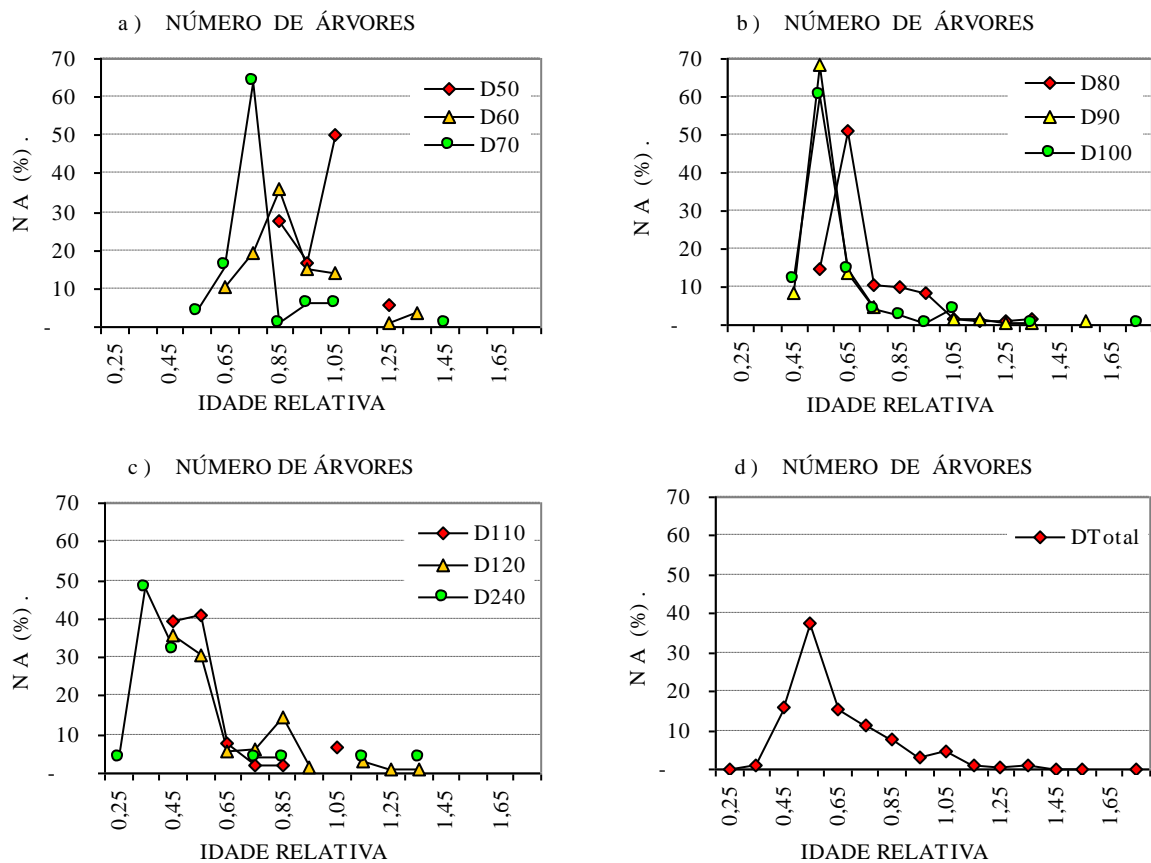
Clas.	Número de árvores por centro de classe da idade relativa (IR)															Total	
	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65		1,75
D_{50}	-	-	-	-	-	-	7,4	4,4	13,3	-	1,5	-	-	-	-	-	26,7
D_{60}	-	-	-	-	11,9	22,2	41,5	17,8	16,3	-	1,5	4,4	-	-	-	-	115,6
D_{70}	-	-	-	5,9	22,2	87,4	1,5	8,9	8,9	-	-	-	1,5	-	-	-	136,3
D_{80}	-	-	-	26,7	91,9	19,3	17,8	14,8	3,0	1,5	1,5	3,0	-	-	-	-	179,3
D_{90}	-	-	28,1	222,2	44,4	14,8	-	-	4,4	4,4	1,5	1,5	-	3,0	-	-	324,4
D_{100}	-	-	34,1	170,4	41,5	11,9	7,4	1,5	11,9	-	-	1,5	-	-	-	1,5	281,5
D_{110}	-	-	75,6	78,5	14,8	4,4	4,4	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	191,1
D_{120}	-	-	100,7	85,9	16,3	17,8	40,0	4,4	-	8,9	3,0	3,0	-	-	-	-	280,0
D_{240}	1,5	17,8	11,9	-	-	1,5	1,5	-	-	1,5	-	1,5	-	-	-	-	37,0
D_{Total}	1,5	17,8	250,4	589,6	243,0	179,3	121,5	51,9	71,1	16,3	8,9	14,8	1,5	3,0	-	1,5	1.571,9

Nota: $IR = 1$ corresponde à idade de culminação em IMA em volume de árvores da classe de D_{max} : $D_{50} = 100$, $D_{60} = 120$, $D_{70} = 140$, $D_{80} = 160$, $D_{90} = 180$, $D_{100} = 200$, $D_{110} = 220$, $D_{120} = 240$ e $D_{240} = 480$ anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Os resultados (Tabela 34) indicaram que 38% (590 árvores) do total de 1.572 árvores inventariadas enquadram-se na classe de idade relativa entre 0,5 a 0,6, seguindo-se 16% na classe de $IR_{1,45}$, 15% na classe $IR_{0,65}$, 11% na classe $IR_{0,75}$ e menos de 10% nas demais classes. Constatou-se também a freqüência de 1.455 árvores com $IR_{<1,0}$ e apenas 117 árvores (7,4%) apresentaram $IR_{\geq 1,00}$.

Cabe alertar que os dados apresentados na Tabela 34 e ilustradas na Figura 44 não incluem as árvores de diferentes classes de D_{max} de forma balanceada em todas as classes de IR , uma vez que, no inventário florestal, foram incluídas somente as árvores com $DAP \geq 40$ cm, resultando, segundo classes de D_{max} , nos seguintes valores de IR : $D_{50} \rightarrow IR_{\geq 0,84}$, $D_{60} \rightarrow IR_{\geq 0,67}$, $D_{70} \rightarrow IR_{\geq 0,58}$, $D_{80} \rightarrow IR_{\geq 0,52}$, $D_{90} \rightarrow IR_{\geq 0,48}$, $D_{100} \rightarrow IR_{\geq 0,44}$, $D_{110} \rightarrow IR_{\geq 0,42}$, $D_{120} \rightarrow IR_{\geq 0,40}$ e $D_{240} \rightarrow IR_{\geq 0,28}$. Assim, por exemplo, não foram inventariadas na Resex Aquariquara, das árvores da classe de $D_{max}=50$, as árvores das classes da $IR_{0,25}$ até $IR_{0,75}$, e estando incluídas a partir da $IR_{0,85}$, porém, desta última, somente árvores compreendidas entre $84 \leq IR < 90$ em vez de $80 \leq IR < 90$ e somente a partir de $IR_{0,95}$ abrangendo a amplitude total dessas classes ($95 \leq IR < 100$).



Nota: $IR = 1$ corresponde à idade de culminação em *IMA* em volume de árvores da classe de D_{max} : $D_{50} = 100$, $D_{60} = 120$, $D_{70} = 140$, $D_{80} = 160$, $D_{90} = 180$, $D_{100} = 200$, $D_{110} = 220$, $D_{120} = 240$ e $D_{240} = 480$ anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

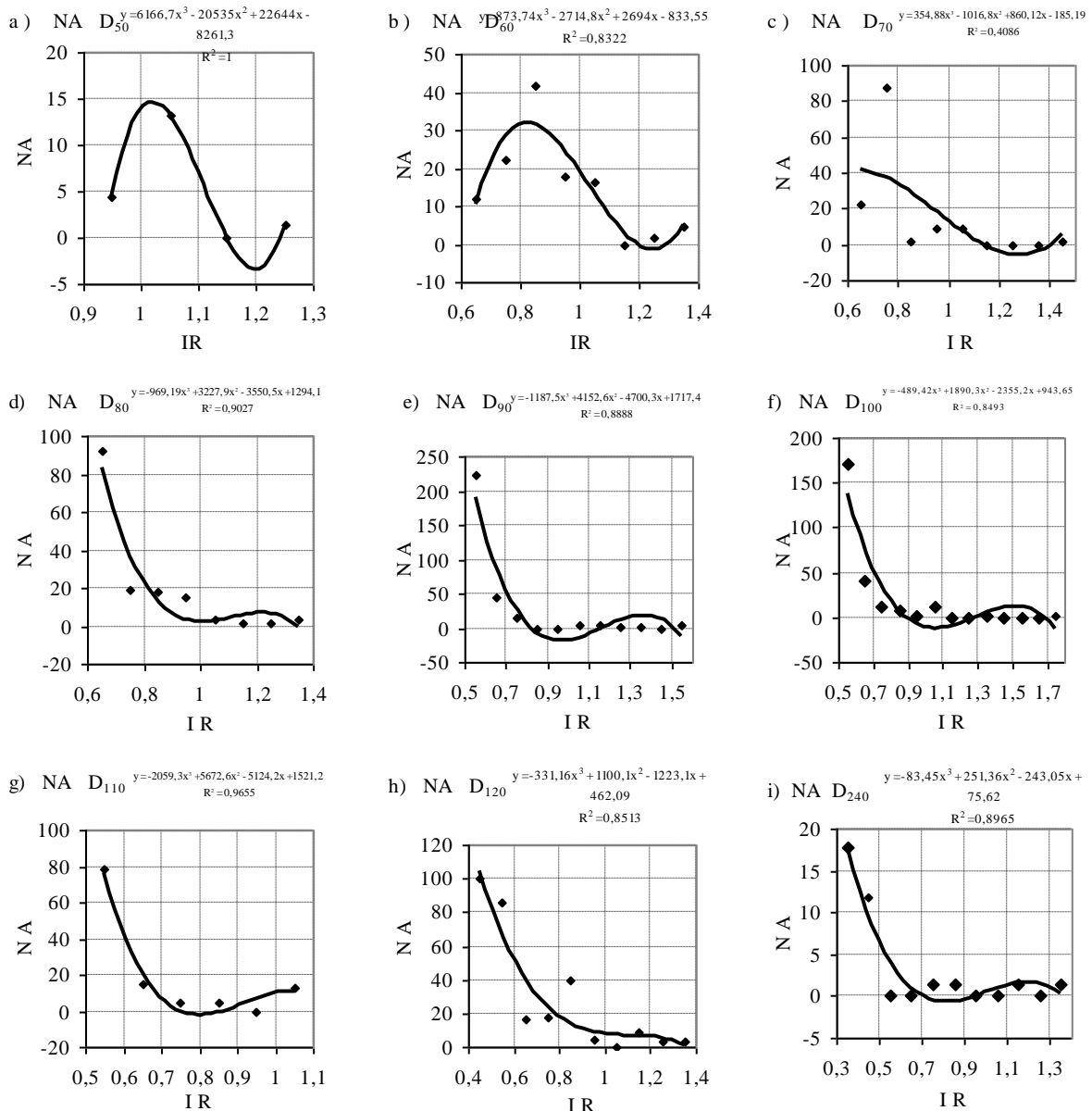
Figura 44. Distribuição relativa de número de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , em classes de idade relativa (IR), da floresta de Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Conforme ilustrações da Figura 44, nas distribuições de número de árvores em classe de IR , podem ser observadas variações quanto às frequências (regular e decrescente da Figura 44d, concentrada em uma classe da Figura 44b, diminuição e aumento irregulares de D_{120} da Figura 44c) e também as ausências de árvores nas classes de IR intermediárias em todas as classes de D_{max} , com a exceção na classe de D_{80} (Tabela 34). Esses fatos apontados indicam que as árvores agrupadas em espécies em classe de tamanho máximo de seu DAP apresentam uma distribuição irregular de árvores em classes de idades relativa de maneira semelhante ao encontrado para a classe diamétrica (vide Tabela 30 da seção 5.3.2.).

Visando averiguar a forma de distribuição de número de árvores em classe, foi aplicado o modelo de polinômio de terceira ordem ($Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_{11} X^2 + \beta_{111} X^3 + \varepsilon$) para cada classe de D_{max} (Figura 45). Os resultados (Figura 45) apresentaram formas distintas de distribuições, como nos casos de D_{50} , D_{60} e D_{70} , que apresentaram um aumento de número de árvore no início, seguida de decréscimo até chegar a zero e novamente um aumento no final. Nas demais classes de D_{max} , o número de árvores decresceu e no final apresentaram uma ligeira tendência de crescimento. Adicionalmente, pode ser notado que a velocidade de decréscimo de número de árvore não foi constante entre as classes sucessivas de IR , sendo este maior no início e menos acentuado no final.

O modelo polinomial (Figura 45) não é apropriado para ajustar a distribuição de árvores em classes de IR das árvores da Resex Aquariquara, uma vez que, em determinada classe de IR , o seu valor passa a ser negativo (em 7 classes de um total de 9 classes de D_{max}),

fato este inexistente na realidade. Como alternativa, poderia ser utilizado o modelo logarítmico, porém, como a taxa de decréscimo não é constante entre as classes sucessivas, apresentam uma subestimação de número de árvores das classes iniciais e sobreestimação das árvores das classes finais de *IR*. Para o perfil de dados de árvores da Resex Aquariquara, o modelo que poderia apresentar o melhor ajuste seriam o exponencial, seguido de potência, porém, estes não são passíveis de serem aplicados em conjunto de dados com ausência de árvores em classes de *IR* intermediárias, como ocorreu em 8 classes de D_{max} com exceção de D_{80} .

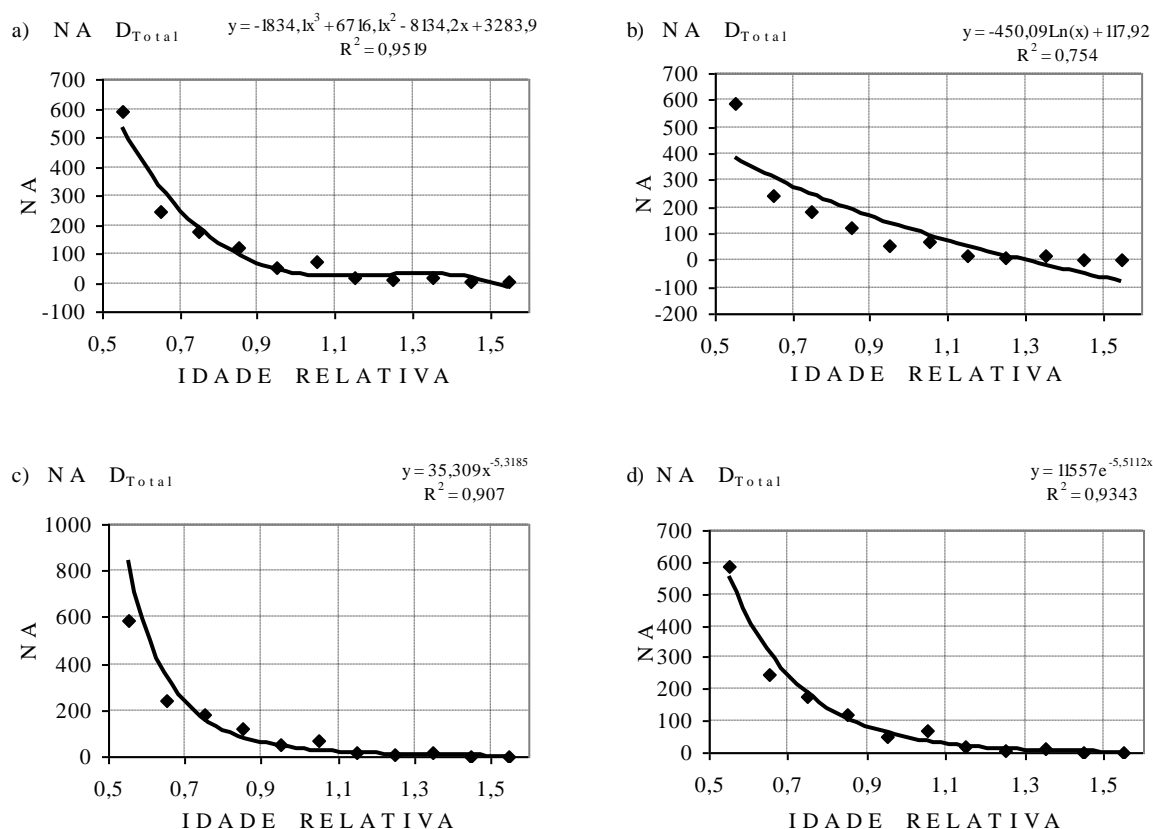


Nota: *IR* = 1 corresponde à idade de culminação em *IMA* em volume de árvores da classe de D_{max} ; $D_{50} = 100$, $D_{60} = 120$, $D_{70} = 140$, $D_{80} = 160$, $D_{90} = 180$, $D_{100} = 200$, $D_{110} = 220$, $D_{120} = 240$ e $D_{240} = 480$ anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 45. Modelo de distribuição ajustado pelo polinômio de terceira ordem de número de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , em função das classes de idade relativa (*IR*), de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Por último, foram aplicados para os dados de todas as classes de D_{max} , de $IR_{0,55}$ até $IR_{1,55}$ da Tabela 34, os quatro modelos de regressão linear, resultando o melhor ajuste o polinomial de terceira ordem ($R^2=0,95$), seguido de exponencial ($R^2=0,93$), potência ($R^2=0,91$) e, por último, logarítmico com $R^2=0,75$ (Figura 46).



Nota: $IR = 1$ corresponde à idade de culminação em *IMA* em volume de árvores da classe de D_{max} : $D_{50} = 100$, $D_{60} = 120$, $D_{70} = 140$, $D_{80} = 160$, $D_{90} = 180$, $D_{100} = 200$, $D_{110} = 220$, $D_{120} = 240$ e $D_{240} = 480$ anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 46. Distribuição de árvores com $DAP \geq 40$ cm de todas as classes de D_{max} , ajustados em função da idade relativa aplicando os modelos a) polinômio de terceira ordem, b) logarítmico, c) potência e d) exponencial, de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Cada um dos modelos apresentou possibilidades de fornecer dados de diminuições de número de árvores por classes de IR , porém, acompanhados de vários problemas para serem aplicados na simulação de crescimento e sobrevivência, principalmente em se tratando de modelo para árvores individuais, destacando-se, entre outros, os seguintes:

- a)- a impossibilidade de incluir no modelo a quantidade de árvores maior que a existente na classe antecedente nas IR iniciais, como apresentadas pelas classes de D_{max} D_{50} , D_{60} e D_{70} e também nas IR finais de várias classes;
- b)- presença de grande quantidade de espécies com abundância muito baixa, sendo quase impossível dar tratamentos específicos dentro do modelo para tais espécies;
- c)- não poder solucionar as questões de ausência de árvores em determinadas classes de IR (distribuição descontínua em quase todas as classes de D_{max});
- d)- inconveniências em trabalhar com número fracionário de árvores no horizonte temporal de simulação e /ou com número reduzido de indivíduos por classe de IR como no caso de D_{240} .

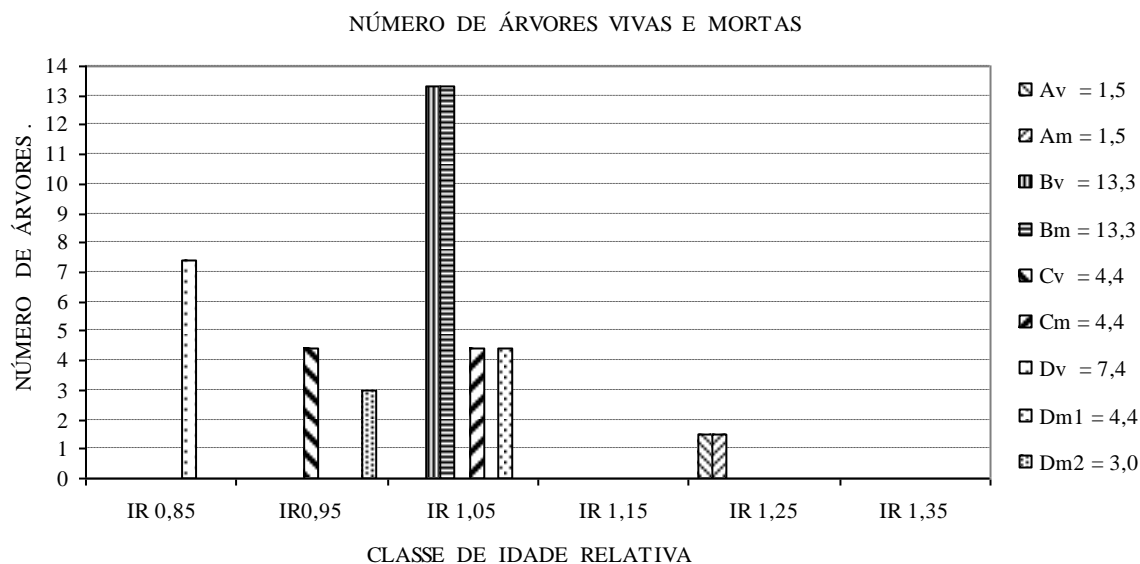
Em função das questões antes expostas, nesta tese foram aplicadas soluções alternativas que pudessem melhor representar o modelo de distribuições de número de árvores em classes de IR , conforme dados observadas de cada classe de D_{max} da Resex Aquariquara.

5.4.2 Distribuição de número de árvores mortas em classe de idade relativa

Sobre os dados da Tabela 34 (distribuição das árvores em classes de IR), foi a metodologia descrita na seção 4.7. Tomando-se como exemplo a distribuição das árvores de D_{50} dessa tabela, onde estão presentes nas classes $IR_{0,85}=7,4$, $IR_{0,95}=4,4$, $IR_{1,05}=13,3$, $IR_{1,15}=0$, $IR_{1,25}=1,5$ e $IR_{1,35}=0$ árvores, pode ser considerado que 1,5 árvores da $IR_{1,25}$ e 8,9 árvores da $IR_{1,05}$ ($13,3-4,4=8,9$) pertencem às espécies com regeneração esporádica por estarem isoladas ou com um número maior de árvores que da classe de IR anterior.

Por outro lado, considerando o tamanho do tubo (fluxo), das 7,4 árvores da $IR_{0,85}$, 4,4 avançarão para as classes superiores e 3 ocuparão espaço vazio da classe $IR_{0,95}$, porém com impossibilidade de atingir a classe $IR_{1,05}$. No final, as árvores que sobreviverão até o limite superior da classe, conforme metodologia descrita na seção 4.7, somam 1,5 na $IR_{1,25}$, 22,1 ($13,3+4,4+4,4=22,1$) na $IR_{1,05}$ e 3,0 na ($7,4+4,4=3,0$) na $IR_{0,95}$, conforme cifras apresentadas na Tabela 35 e ilustradas na Figura 47 o fluxo das árvores da classe D_{50} .

Mesmo não sendo encontrada nenhuma referência bibliográfica sobre a aplicação da “teoria de modelo de tubo” (SHINOZAKI *et al.* 1964 e 1964a) e “hipótese de desenvolvimento específico” (LAMPRECHT, 1990), para dimensionar e calcular fluxo de número de árvores em classes de IR , o método proposto e aplicado nesta tese mostrou ser coerente com a forma em que se encontram distribuídas as árvores em classes de IR da Resex Aquariquara.



Legenda: árvores vivas por classe de IR : Av , Bv , Cv e Dv ; árvores mortas por classe de IR : Am , Bm , cm e $Dm1$ e $Dm2$.

Nota: Das 7,4 árvores vivas da classe de $IR_{0,85}$ (Dv), passaram somente 4,4 árvores ($Dm1$) para a classe $IR_{1,05}$, por apresentar o tubo na $IR_{0,95}$ um tamanho de 4,4, ficando as 3,0 árvores na classe $IR_{0,95}$ ($Dm2$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 47. Número de árvores vivas por classe de idade relativa da classe D_{50} , presentes em 100ha de florestas da Resex Aquariquara e número dessas mesmas árvores mortas por classe de idade relativa, estimado aplicando-se os fundamentos da “teoria de modelo de tubo” de Shinozaki e “desenvolvimento específico” de Lamprecht.

Na Tabela 35, apresenta-se a frequência de número de árvores mortas nas classes de *IR*. Houve maior concentração de árvores mortas na *IR*_{0,55} com 456 árvores, ou seja, com 29% do total, seguindo-se 17% *IR*_{0,65}, 12% na *IR*_{0,85} e 11% na *IR*_{1,05}. Com as passagens de classes de *IR* das árvores vivas presentes nas classes de *IR* da Tabela 34, fez-se diminuir a frequência de número de árvores (mortas) das classes inferiores (-90% na *IR*_{0,45} e -23% na *IR*_{0,55}) e, conseqüentemente, aumentou nas classes superiores (+47% na *IR*_{0,75}, +54% na *IR*_{0,85}, 143% na *IR*_{0,95} e +142% na *IR*_{1,05}).

Tabela 35. Frequência de número de árvores com *DAP*≥40cm mortas por classe de idade relativa, segundo classe de *D_{max}*, de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe	Centro da classe de idade relativa (<i>IR</i>)															Total	
	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65		1,75
<i>D</i> ₅₀	-	-	-	-	-	-	-	3,0	22,2	-	1,5	-	-	-	-	-	26,7
<i>D</i> ₆₀	-	-	-	-	-	-	7,4	25,2	77,0	-	-	5,9	-	-	-	-	115,6
<i>D</i> ₇₀	-	-	-	-	-	102,2	4,4	4,4	23,7	-	-	-	1,5	-	-	-	136,3
<i>D</i> ₈₀	-	-	-	-	32,6	19,3	22,2	59,3	14,8	7,4	8,9	14,8	-	-	-	-	179,3
<i>D</i> ₉₀	-	-	-	63,0	87,4	59,3	-	-	-	3,0	3,0	5,9	-	3,0	-	-	324,4
<i>D</i> ₁₀₀	-	-	-	106,7	72,6	37,0	34,1	7,4	20,7	-	-	1,5	-	-	-	1,5	281,5
<i>D</i> ₁₁₀	-	-	-	106,7	35,6	13,3	22,2	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	191,1
<i>D</i> ₁₂₀	-	-	-	80,0	32,6	32,6	93,3	26,7	-	3,0	3,0	8,9	-	-	-	-	280,0
<i>D</i> ₂₄₀	-	5,9	25,2	-	-	-	3,0	-	-	1,5	-	1,5	-	-	-	-	37,0
<i>D</i> _{Total}	-	5,9	25,2	456,3	260,7	263,7	186,7	125,9	171,9	14,8	16,3	38,5	1,5	3,0	-	1,5	1.571,9

Nota: *IR* = 1 corresponde à idade de culminação em *IMA* em volume de árvores da classe de *D_{max}*: *D*₅₀ = 100, *D*₆₀ = 120, *D*₇₀ = 140, *D*₈₀ = 160, *D*₉₀ = 180, *D*₁₀₀ = 200, *D*₁₁₀ = 220, *D*₁₂₀ = 240 e *D*₂₄₀ = 480 anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

5.4.3 Taxa de sobrevivência das árvores por classe de idade relativa

Para calcular a taxa de sobrevivência, foi adotado como critério que a idade da árvore

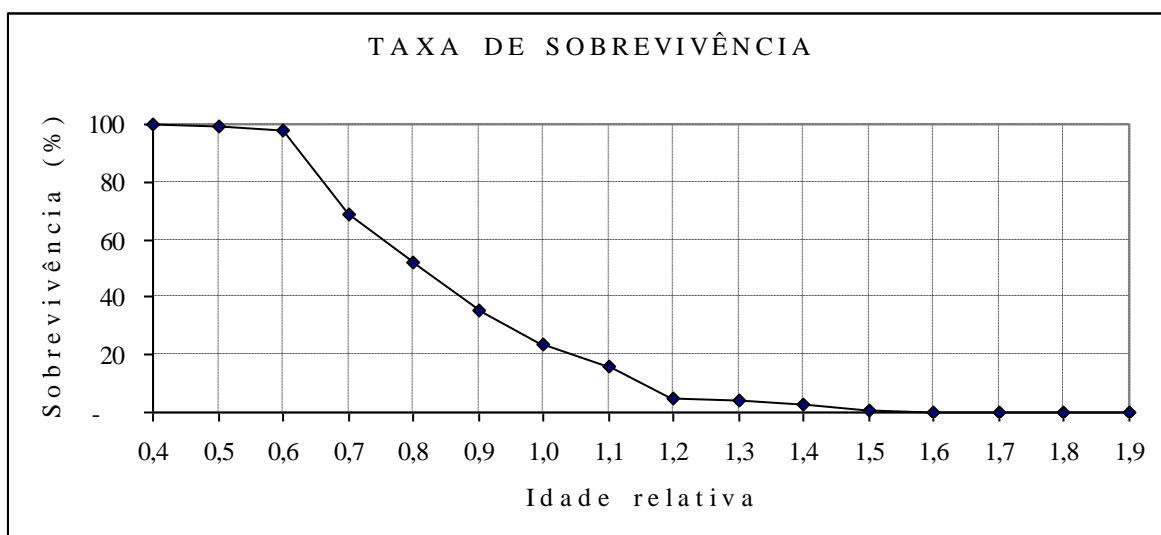
Tabela 36. Taxa de sobrevivência (%) de árvores com *DAP*≥40cm em classe de idade relativa, segundo classe de *D_{max}*, de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, Machadinho D'Oeste – RO

Clas.	Centro da classe de idade relativa (<i>IR</i>)															
	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75	1,85
<i>D</i> ₅₀	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,9	5,6	5,6	-	-	-	-	-	-
<i>D</i> ₆₀	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,6	71,8	5,1	5,1	5,1	-	-	-	-	-
<i>D</i> ₇₀	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	25,0	21,7	18,5	1,1	1,1	1,1	1,1	-	-	-	-
<i>D</i> ₈₀	100,0	100,0	100,0	100,0	81,8	71,1	58,7	25,6	17,4	13,2	8,3	-	-	-	-	-
<i>D</i> ₉₀	100,0	100,0	100,0	49,8	22,8	4,6	4,6	4,6	4,6	3,7	2,7	0,9	0,9	-	-	-
<i>D</i> ₁₀₀	100,0	100,0	100,0	62,1	36,3	23,2	11,1	8,4	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	-
<i>D</i> ₁₁₀	100,0	100,0	100,0	44,2	25,6	18,6	7,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D</i> ₁₂₀	100,0	100,0	100,0	71,4	59,8	48,1	14,8	5,3	5,3	4,2	3,2	-	-	-	-	-
<i>D</i> ₂₄₀	100,0	84,0	16,0	16,0	16,0	16,0	8,0	8,0	8,0	4,0	4,0	-	-	-	-	-
<i>D</i> _{Total}	100,0	99,6	98,0	69,0	52,4	35,6	23,8	15,7	4,8	3,9	2,8	0,4	0,3	0,1	0,1	-

Nota: *IR* = 1 corresponde à idade de culminação em *IMA* em volume de árvores da classe de *D_{max}*: *D*₅₀ = 100, *D*₆₀ = 120, *D*₇₀ = 140, *D*₈₀ = 160, *D*₉₀ = 180, *D*₁₀₀ = 200, *D*₁₁₀ = 220, *D*₁₂₀ = 240 e *D*₂₄₀ = 480 anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

morta será considerada o limite superior de cada classe de *IR*, sendo subtraído o número de árvores mortas do sistema somente na classe de *IR* imediatamente superior à classe que ocorreu a mortalidade (Tabela 36 e Figura 48). Conforme dados, as árvores começam a morrer, no modelo ajustado, com maior intensidade, ao atingir 60% da *I_{MA}* em volume (baixa de 98% da classe anterior para 69%) e apenas 15,7% das árvores sobrevivem além dessa idade relativa.



Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 48. Taxa de sobrevivência de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, de todas as classes de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.

5.4.4 Distribuição das árvores em classe de longevidade

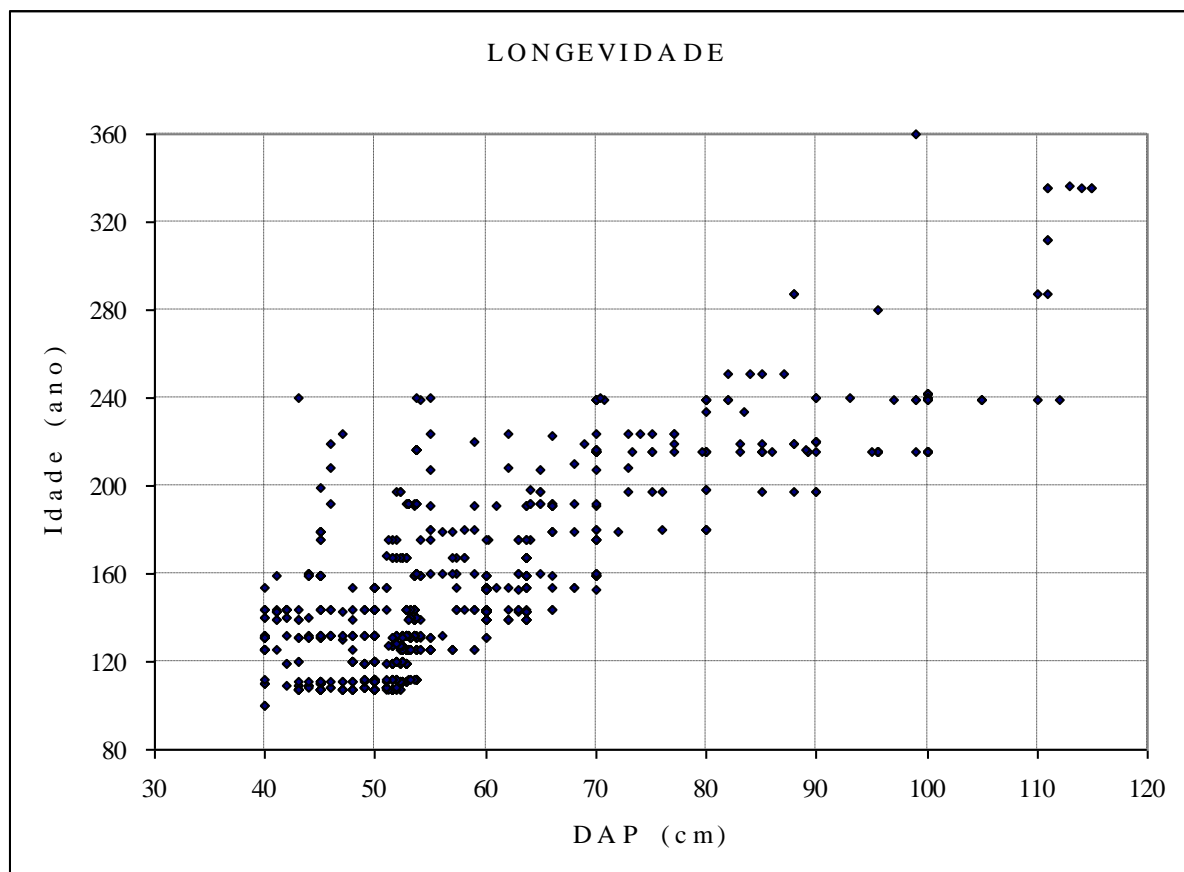
As longevidades das árvores da Resex Aquariquara situaram-se nas idades compreendidas entre 100 aos 671 anos, resultando em uma longevidade média de 151,65 anos, sendo a mesma de 109,17 anos para as árvores da classe D_{50} e 275,89 anos para as de D_{240} (Tabela 37 e Figura 49). O tempo médio de sobrevivência estimado foi de 28,69 anos, a meia-vida dessa floresta (expectativa que 50% do total de árvore da geração atual com $DAP \geq 40\text{cm}$ chegue a morrer) foi de 21 anos e a morte da última árvore em 129 anos. LIEBERMANN *et al.*(1990) encontraram para floresta tropical não-perturbada de La Selva (Costa Rica) o tempo de meia-vida de 34 anos, ressaltando que foram incluídas árvores com $DAP \geq 10\text{cm}$. ROLIM *et al.*(1990) constataram mortalidade concentrada em um ano na Floresta Atlântica de Linhares (ES), indicando que este fenômeno pode manifestar-se irregularmente.

Tabela 37. Número de árvores com $DAP \geq 40$ cm por classe de longevidade, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe de D_{max}	Número de árvores por classe de longevidade (ano)							Total	Longevidade Média (ano)
	≤ 139	$140 \leq 179$	$180 \leq 219$	$220 \leq 259$	$260 \leq 299$	$300 \leq 339$	≥ 340		
D_{50}	26,7	-	-	-	-	-	-	26,7	109,61
D_{60}	109,6	5,9	-	-	-	-	-	115,6	129,17
D_{70}	112,6	22,2	1,5	-	-	-	-	136,3	120,76
D_{80}	51,9	96,3	16,3	14,8	-	-	-	179,3	155,55
D_{90}	250,4	59,3	3,0	8,9	3,0	-	-	324,4	125,22
D_{100}	189,6	66,7	22,2	-	1,5	-	1,5	281,5	147,13
D_{110}	106,7	48,9	22,2	13,3	-	-	-	191,1	153,93
D_{120}	-	112,6	125,9	26,7	3,0	11,9	-	280,0	194,37
D_{240}	-	-	5,9	25,2	-	-	5,9	37,0	275,89
D_{Total}	847,4	411,9	197,0	88,9	7,4	11,9	7,4	1.571,9	151,65

Nota: Longevidade mínima de 100 anos e máxima de 671 anos de idade.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.



Nota: estão excluídos os pontos referentes a 4 árvores com DAP de 170, 190, 220 e 230cm e longevidade de 383, 431, 575 e 671 anos, respectivamente.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Figura 49. Longevidade estimada de árvores com $DAP \geq 40$ cm de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.

5.4.5 Distribuição das árvores por classe de tempo de permanência no sistema

Estimada a idade de ingresso da árvore com 40cm de diâmetro e a sua longevidade, foi calculado o tempo de permanência de cada árvore no sistema de simulação, que variou entre um mínimo de 17 anos até um máximo de 539 anos, com média de 63,5 anos (Tabela 38). A maior frequência de número de árvores verificou-se na classe de 40 a 49 anos de permanência com 847 árvores (35%), seguindo-se 444 árvores (28%) com tempo inferior ou igual a 39 anos e 206 árvores (13%) na classe entre 60 a 79 anos de permanência.

Tabela 38. Frequência de número de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, por classe de tempo de permanência entre ingresso e saída do sistema segundo classe de D_{max} , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Classe de D_{max}	Número de árvores por classe de tempo de permanência no sistema (ano)								Total	Permanência Média (ano)
	≤ 39	40 à 59	60 à 79	80 à 99	100 à 119	120 à 139	140 à 159	160 ≤		
D_{50}	25,2	1,5	-	-	-	-	-	-	26,7	26,28
D_{60}	13,3	96,3	-	5,9	-	-	-	-	115,6	49,63
D_{70}	103,7	7,4	23,7	-	-	1,5	-	-	136,3	40,59
D_{80}	32,6	19,3	81,5	14,8	7,4	8,9	14,8	-	179,3	73,24
D_{90}	163,0	146,7	-	-	-	3,0	3,0	8,9	324,4	40,03
D_{100}	106,7	83,0	32,6	34,1	1,5	20,7	-	3,0	281,5	58,73
D_{110}	-	106,7	35,6	13,3	22,2	-	13,3	-	191,1	62,55
D_{120}	-	80,0	32,6	32,6	-	93,3	26,7	14,8	280,0	99,75
D_{240}	-	5,9	-	-	25,2	-	-	5,9	37,0	143,40
D_{Total}	444,4	546,7	205,9	100,7	56,3	127,4	57,8	32,6	1.571,9	63,54

Nota: Tempo de permanência mínimo de 17 anos e máximo de 539 anos.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

5.5 Simulação da Dinâmica de Crescimento de Árvores Individuais e da Massa Florestal

Tendo já desenvolvidos os modelos de crescimento e definidos os principais parâmetros a serem utilizados na modelagem para simular a dinâmica de crescimento de uma floresta nativa, foram processados dados de cada uma das 1.061 árvores com $DAP \geq 40$ cm da Resex Aquariquara, e, tomando como base os valores e atributos dessas árvores obtidos no inventário florestal realizado no ano T_0 , foram realizadas simulações da dinâmica de crescimento dessa floresta no horizonte temporal de 1.500 anos ($T_1 \rightarrow 1.500$).

5.5.1 Esquema de aplicação do modelo de simulação no horizonte temporal

Visando elucidar o modelo de fluxo de sucessão de ciclos de árvores (ingressos e saídas) aplicado nesta tese, foram tomados como exemplos os dados referentes a três árvores (A_1 , A_9 e A_{18} constante na Tabela A1, em anexo) da classe de tamanho de D_{50} . Essas árvores apresentaram, na ocasião de inventário florestal (T_0), respectivamente, idade de 83,85, 100,14 e 121,61 anos, diâmetro de 40, 44 e 47cm, área basal de 0,126, 0,152 e 0,173m², altura de 11, 10 e 8 m, volume de 0,925, 1,040 e 1,000m³, conforme dados apresentados na coluna T_0 da Tabela A1. A seguir, quando forem citados os dados de três árvores na seqüência, fica-se subentendido que se referem, respectivamente, às árvores A_1 , A_9 e A_{18} tomadas como exemplo.

Foi assumido que a simulação começa um ano após a realização de inventário florestal ($T_{0+i}=T_i$) e, para uma duração no horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{I \rightarrow 1.500}$), cada árvore entra no sistema com a idade acrescida de 1 ano (84,85, 101,14 e 122,61 anos), e, conseqüentemente, também com os valores dos variáveis acrescidos de crescimento de período de um ano, de acordo com sua idade inicial e taxa de crescimento, conforme valores apresentados na coluna T_i da Tabela 39.

Para cada árvore que entra no sistema foi estabelecido o tempo de permanência, ou seja, até atingir a idade de morte, conforme metodologia apresentada na Seção 5.4., que foi de 16, 9 e 8 anos, logo entra no sistema aos 84,85, 101,14 e 122,64 anos, sai aos 99,85, 109,14 e 129,61 anos, e computados os valores do incremento das variáveis desse período (coluna $T_{Saída 1}$ da Tabela 39). Assim, ao saírem do sistema todas as árvores do $T_{Saída 1}$, a floresta fica completamente substituída pelas novas árvores oriundas da regeneração natural, desaparecendo todas as árvores inventariadas no T_0 , conforme ilustradas na Figura 50.

Conforme metodologia desenvolvida (Seção 5.4.), cada árvore morta será substituída pela outra da mesma espécie e mantendo os mesmos atributos da árvore morta, tais como relação hipsométrica e qualidade de fuste, porém, com a idade correspondente à árvore com

Tabela 39. Exemplo de ciclos iniciais de ingressos e saídas de três árvores (A_1 , A_9 e A_{18}), com $DAP \geq 40$ cm, simulado no horizonte temporal ($T_{I \rightarrow 1.500}$) com os respectivos valores das variáveis, da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	T_0	T_1	$T_{Saída 1}$	$T_{Ingresso 1}$	$T_{Saída 2}$	$T_{Ingresso 2}$	$T_{Saída 2}$	$T_{Ingresso 3}$	$T_{Saída 4}$
T_{A1} (ciclo)	0	1	16	17	33	34	50	51	67
T_{A9} (ciclo)	0	1	9	10	35	36	61	62	87
T_{A18} (ciclo)	0	1	8	9	54	55	100	101	146
I_{A1} (ano)	83,85	84,85	99,85	83,85	99,85	83,85	99,85	83,85	99,85
I_{A9} (ano)	100,14	101,14	109,14	84,14	109,14	84,14	109,14	84,14	109,14
I_{A18} (ano)	121,61	122,61	129,61	84,61	129,61	84,61	129,61	84,61	129,61
D_{A1} (cm)	40,00	40,30	43,94	40,00	43,94	40,00	43,94	40,00	43,94
D_{A9} (cm)	44,00	44,19	45,50	40,09	45,50	40,09	45,50	40,09	45,50
D_{A18} (cm)	47,00	47,10	47,69	40,23	47,69	40,23	47,69	40,23	47,69
G_{A1} (m ²)	0,126	0,128	0,152	0,126	0,152	0,126	0,152	0,126	0,152
G_{A9} (m ²)	0,152	0,153	0,163	0,126	0,163	0,126	0,163	0,126	0,163
G_{A18} (m ²)	0,173	0,174	0,179	0,127	0,179	0,127	0,179	0,127	0,179
H_{A1} (m)	11,00	11,03	11,39	11,00	11,39	11,00	11,39	11,00	11,39
H_{A9} (m)	10,00	10,02	10,13	9,66	10,13	9,66	10,13	9,66	10,13
H_{A18} (m)	8,00	8,01	8,04	7,55	8,04	7,55	8,04	7,55	8,04
V_{A1} (m ³)	0,92	0,94	1,15	0,92	1,15	0,92	1,15	0,92	1,15
V_{A9} (m ³)	1,04	1,05	1,12	0,84	1,12	0,84	1,12	0,84	1,12
V_{A18} (m ³)	1,00	1,00	1,03	0,70	1,03	0,70	1,03	0,70	1,03
R_{A1} (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R_{A9} (R\$)	3,38	3,41	3,65	2,73	3,65	2,73	3,65	2,73	3,65
R_{A18} (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: T = horizonte temporal; I = idade da árvore; D = diâmetro; G = área basal; H = altura; V = volume; R = valor de árvore em pé; Subíndice A_1 , A_9 , A_{18} = respectivamente dados das árvores A_{0001} , A_{0009} , A_{0018} da Tabela A1.

Nota: As árvores A_{0001} e A_{0018} não são comerciais.

idade mais próxima de árvore com diâmetro de 40cm, entretanto nunca inferior a 40cm (Figura 50), resultando, nos exemplos, em árvores com idades de 83,85, 84,14 e 84,61 anos e com diâmetro de 40,00, 40,09 e 40,23cm ($T_{Ingresso\ 1}$) e saem aos 99,85, 109,14 e 129,61 anos ($T_{Saída\ 2}$), aumentando o tempo de permanência para 17, 26 e 46 anos no sistema. Esses mesmos valores de ingresso e saída serão repetidos continuamente no horizonte temporal, como pode ser observado na Tabela 39 e nas ilustrações da Figura 50.

Cabe ressaltar que os valores referentes às árvores inventariadas no ano T_0 que encontravam-se na floresta original, permanecem no sistema no ano T_1 e saem do sistema no $T_{Saída\ 1}$ são diferentes das que entram e saem com um ciclo completo a partir de $T_{Ingresso\ 1}$ e $T_{Saída\ 2}$ e que se repetem continuamente nos ciclos sucessivos. No exemplo, as árvores originais entram no sistema com 84,85, 101,14 e 122,64 anos, permanecem 16, 9 e 8 anos e saem com 99,85, 109,14 e 129,61 anos de idade, enquanto que as árvores dos ciclos posteriores que se repetem entram com 83,85, 84,14 e 84,61 anos, permanecem 17, 26 e 46 anos e saem com 99,85, 109,14 e 129,61 anos de idade.

Na Figura 50, está ilustrada a simulação dos modelos desenvolvidos para as árvores individuais simulados no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), onde pode ser observado o perfil de crescimento das variáveis de cada árvore, bem como do sistema de ingressos e saídas das árvores do sistema.

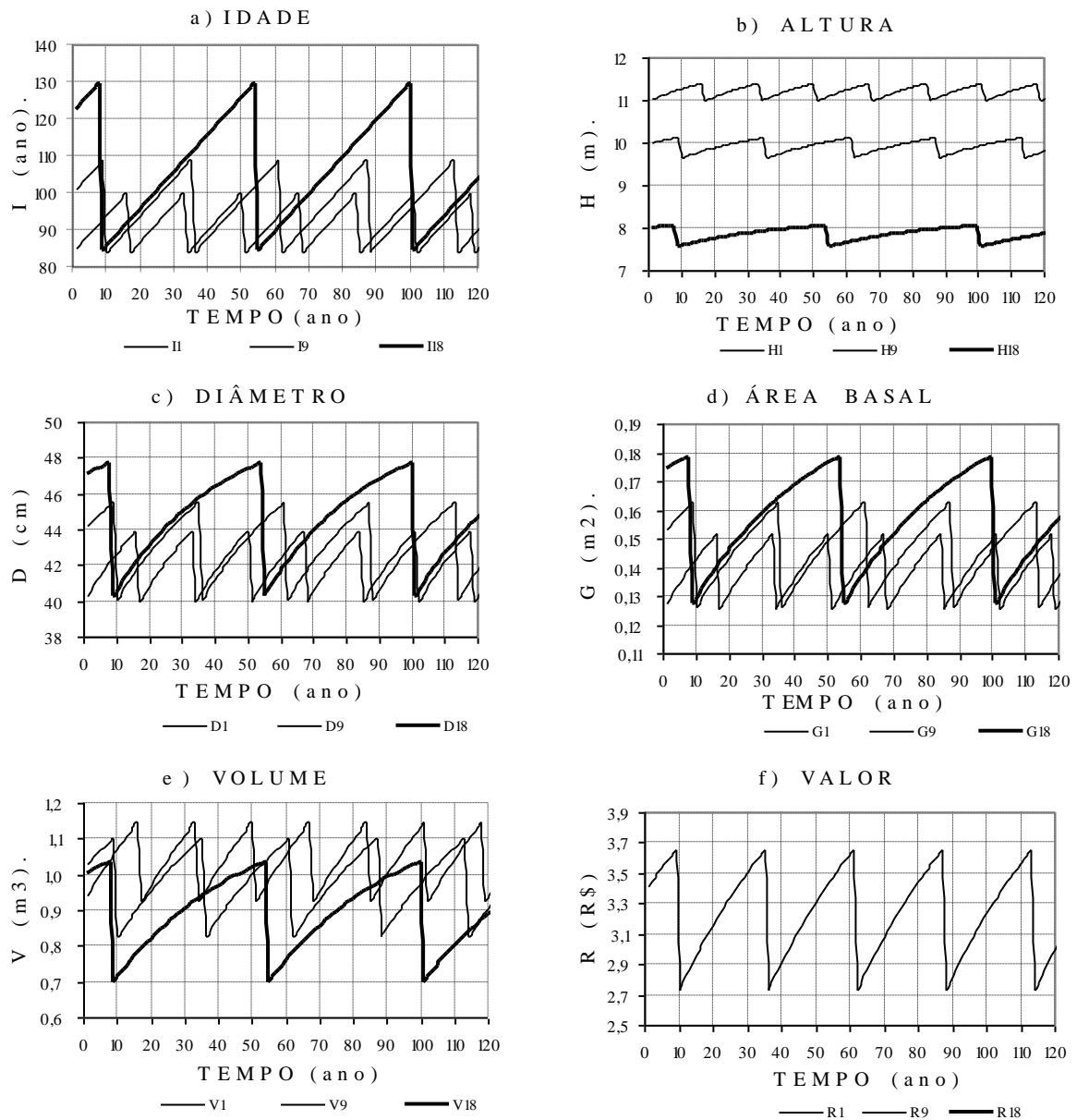
Observando a Figura 1a, pode-se perceber que a A_1 é a árvore menos longeva e a A_{18} a mais longeva e ocupa posição intermediária a A_9 , com tempo de permanência distinto para cada árvore. Em função do tempo de permanência diferenciada entre as três árvores, ao longo do horizonte temporal surgem distintas combinações de idades entre as mesmas. Assim, no horizonte temporal de 120 anos, as árvores ingressaram 7, 5 e 3 vezes no sistema. Incluindo maior número de árvores no sistema, pode-se deduzir que tanto os ingressos como as mortalidades ocorrem aleatoriamente ao longo do horizonte temporal.

Por outro lado, as Figura 50c, 50b e 50e indicam que a A_{18} , apesar de atingir maior diâmetro que as demais árvores, por apresentar uma altura relativamente pequena, seu volume máximo é menor que os volumes das A_1 e A_9 . Cabe também observar na Figura 50f que, como as árvores A_1 e A_{18} não são comerciais, o valor da madeira de árvore em pé passa a depender somente da A_9 .

Conforme dados da Tabela 39, podem ser notados três tipos de árvores dentro do sistema: as árvores que apresentam o valor da idade no T_1 diferente de $T_{Ingresso\ 1}$, as árvores com ciclos completos a partir de $T_{Ingresso\ 1}$; e as encontradas no final do horizonte temporal de com ciclo incompleto, ou seja, a idade da árvore no T_{120} diferente da apresentada no $T_{Saída\ 1}$ (vide exemplos na Figura 50). Essas árvores foram classificadas, respectivamente, como árvores com ciclo parcial no início (*CPI*), com ciclo completo (*CC*) e ciclo parcial no final (*CPF*).

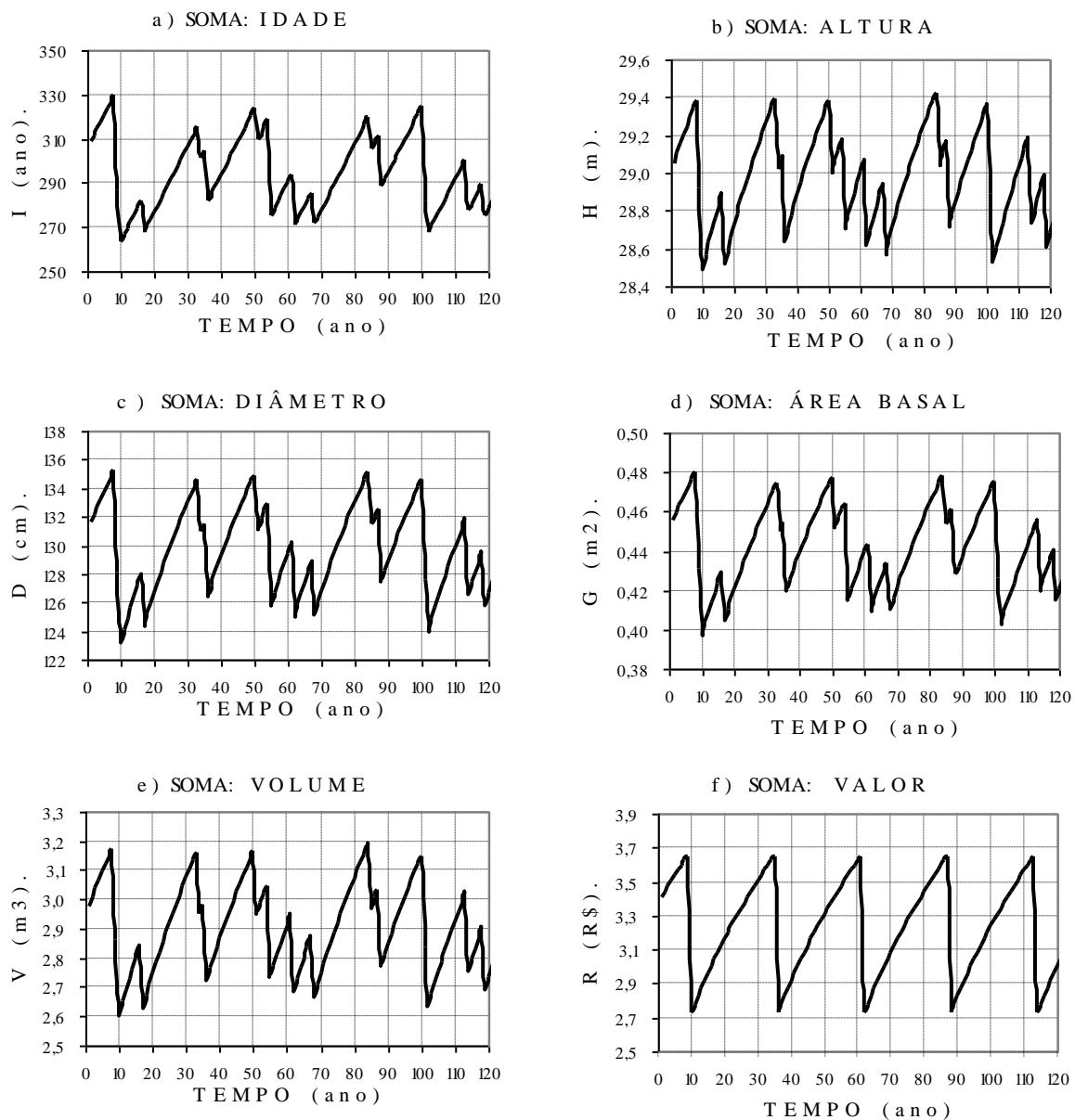
Os valores populacionais foram obtidos somando-se os valores apresentados pelas árvores individuais ($A_1+A_9+A_{18}$) para cada variável, cujos resultados estão ilustrados na Figura 51.

Observando-se as flutuações dos valores da soma, pode-se notar a influência da A_{18} , que apresenta *TP* bem maior que as demais árvores, variando acentuadamente o estoque com a saída dessas árvores no T_8 , T_{54} e T_{100} . Para o manejo florestal, a soma dos valores passa a representar o nível de estoque (volume ou área basal) de árvores em crescimento, podendo, dessa maneira, obter a taxa de ocupação em relação à capacidade de suporte de fitomassa (*CSF*) do sítio. Por outro lado, dividindo-se a soma total por número de árvores, resultam valores médios de cada variável. Além disso, a soma de *V* e *H* das árvores de valor comercial fornece dados sobre o metro linear de fuste e respectivos volumes que podem ser explorados comercialmente para o processamento industrial.



Notas: Árvores da classe de $D_{max}=50$; A_9 é comercial e as árvores A_1 e A_{18} não são comerciais, estando ausente da Figura 1f. Fonte: Elaborada pelo autor.

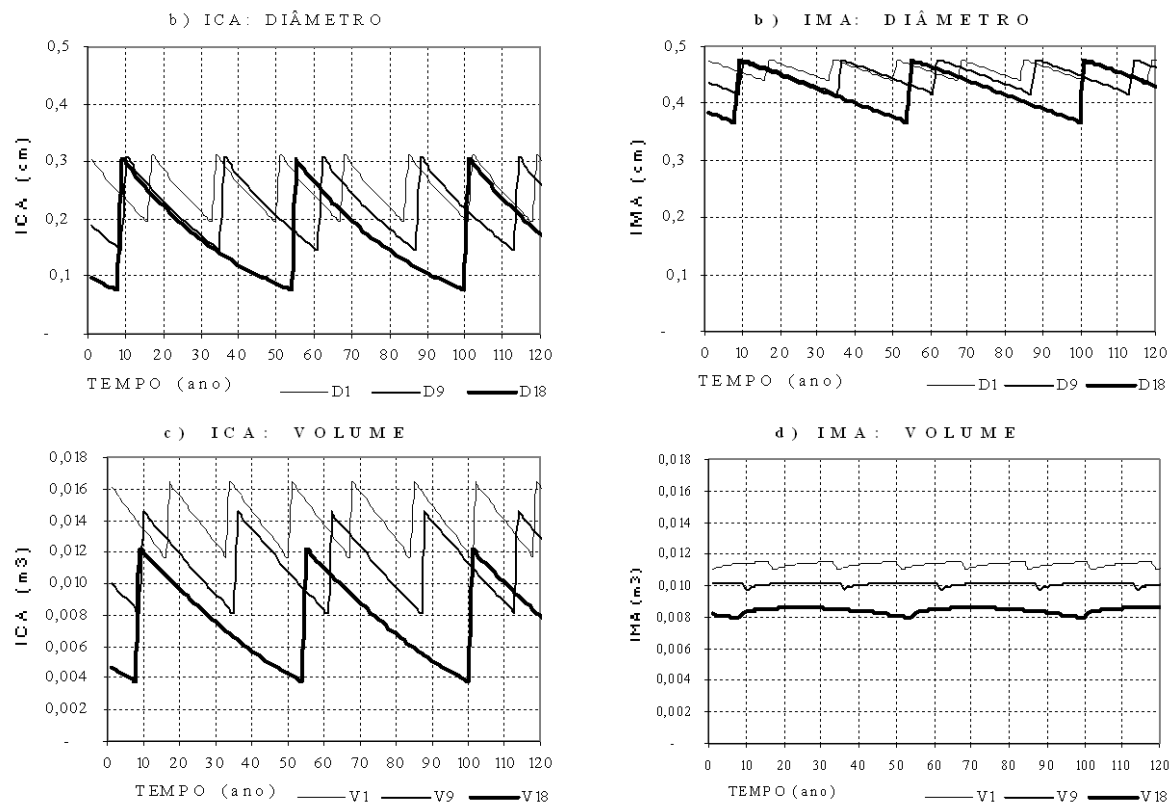
Figura 50. Simulação de crescimento das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, aplicando o MCBC, no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função da idade e de ingresso e saída do sistema.



Notas: Árvores da classe de $D_{max}=50$; as árvores A_1 e A_{18} não são comerciais, estando ausente da Figura 1f.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 51. Soma dos valores de variáveis das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o MCBC no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função do crescimento das árvores e de ingressos e saídas das árvores do sistema.

Na Figura 52, são ilustrados os incrementos correntes e médios anuais em diâmetro e em volume, parâmetros estes importantes para serem incluídos nas decisões de manejo florestal.



Nota: Árvores da classe de $D_{max}=50$.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 52. Incremento corrente anual e incremento médio anual em diâmetro e em volume das árvores A_1 , A_9 e A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o MCBC no horizonte temporal de 120 anos ($T_{1 \rightarrow 120}$), em função do crescimento das árvores e de ingressos e saídas das árvores do sistema.

Observando-se as Figura 52a e 52b, nota-se que o crescimento em diâmetro, por apresentarem $ICA < IMA$, e sendo as curvas descendentes, indicam que já passaram das idades de HCA e HMA . Ao contrário, para o volume (Figuras 50c e 50d) como HMA é de 100 anos para as árvores da classe de D_{50} , e como as árvores saem do sistema aos 99,85, 109,14 e 129,61 anos de idade, as curvas de IMA das A_9 e A_{18} estão situadas dentro da amplitude de variação de ICA e praticamente igualam-se ao limite inferior de ICA da A_1 .

Quanto à produção e produtividade, tomando-se como exemplo o V , pode ser tomado, para ambas, o valor correspondente à saída do sistema (morte) de 1,1472, 1,1035 e 1,0346m³ como produção total, as quais resultam uma produtividade (IMA) de 1,1472/99,85=0,0115, 1,1035/109,14=0,0101 e 1,0346/129,61=0,0080m³.ano⁻¹. Como na simulação foram incluídas árvores com $DAP \geq 40$ cm, a produtividade dentro do sistema passa a ser o incremento periódico anual (IPA), ou seja, a produção total dividida pelo tempo de permanência no sistema, como segue: 1,1472/17=0,0675, 1,1035/26=0,0424 e 1,0346/46=0,0225m³.ano⁻¹.

O valor médio da árvore durante sua permanência no sistema pode ser obtido de duas formas: $\sum y_{Ingresso \rightarrow Saída} / TP$ ou $(y_{Ingresso} + y_{Saída}) / 2$. A primeira fórmula calcula a média dos valores anuais apresentados pela árvore durante a sua permanência no sistema e a segunda, a média entre os valores apresentados no ingresso e na saída. Como, entre as variáveis, somente a idade apresenta um incremento linear, e as demais (H , D , G , V e R), uma curva não-linear, a primeira fórmula fornece uma média correta, como demonstrada na Tabela 40.

Tabela 40. Valor médio apresentado durante o tempo de permanência no sistema das variáveis das árvores A_1 , A_9 , A_{18} , com $DAP \geq 40$ cm, simuladas aplicando o *MCBC*, segundo fórmula utilizada para obter a média

Fórmula utilizada	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	<i>ICA V</i>	<i>IMA V</i>	<i>ICA D</i>	<i>IMA D</i>
$A_1 \sum y_{\text{Ingresso} \rightarrow \text{Saída}} / TP$	91,85	42,115	0,139	1,042	-	0,0140	0,0113	0,250	0,459
$A_9 \sum y_{\text{Ingresso} \rightarrow \text{Saída}} / TP$	96,64	43,115	0,146	0,977	3,233	0,0112	0,0101	0,220	0,448
$A_{18} \sum y_{\text{Ingresso} \rightarrow \text{Saída}} / TP$	107,11	44,772	0,158	0,898	-	0,0075	0,0084	0,169	0,422
$A_1 (y_{\text{Ingresso}} + y_{\text{Saída}}) / 2$	91,85	41,972	0,139	1,036	-	0,0141	0,0113	0,254	0,459
$A_9 (y_{\text{Ingresso}} + y_{\text{Saída}}) / 2$	96,64	42,796	0,144	0,965	3,191	0,0113	0,0100	0,228	0,447
$A_{18} (y_{\text{Ingresso}} + y_{\text{Saída}}) / 2$	107,11	43,961	0,153	0,868	-	0,0080	0,0081	0,191	0,422
A_1 Diferença (%)	0,00	-0,34	-0,54	-0,57	-	0,07	-0,69	1,38	-0,12
A_9 Diferença (%)	0,00	-0,74	-1,22	-1,31	-1,31	0,81	-1,44	3,69	-0,19
A_{18} Diferença (%)	0,00	-1,81	-3,13	-3,42	-	5,96	-3,21	13,21	-0,07

Legenda: y = valor apresentada da variável; variável e unidade: I = idade (ano), D = diâmetro (cm), G = área basal (m^2), V = volume (m^3), R = valor (R\$); *IMA* = incremento médio anual, *ICA* = incremento corrente anual.

Nota: diferença do valor obtido aplicando a segunda fórmula em relação à primeira.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados da Tabela 40 demonstraram que as diferenças entre as médias obtidas aplicando-se a primeira e a segunda fórmula variaram em função da idade relativa e tempo de permanência de cada árvore no sistema. Essas diferenças resultam como consequência das formas das curvas de crescimento das variáveis apresentadas na Figura 1 e curvas dos incrementos apresentadas na Figura 52.

Por último, os mesmos procedimentos apresentados nos exemplos desta seção foram aplicados para simular a dinâmica de crescimento de 1.061 árvores com $DAP \geq 40$ cm, inventariadas em 67,5ha de Floresta Ombrófila Aberta da Resex Aquariquara, cujos resultados serão apresentados nas seções subsequentes.

5.5.2 Simulação da dinâmica de crescimento da massa florestal da Resex Aquariquara, no horizonte temporal de 1.500 anos

Na simulação de qualquer modelo desenvolvido, há necessidade de testar se o mesmo é estável no horizonte temporal e detectar os fatores que causam os desvios. Baseando-se na hipótese de que os desvios surgem em função da presença de árvores com seus atributos que se destacam das demais árvores médias, foi examinado o tempo de permanência (TP) das árvores da Resex Aquariquara, que apresentaram uma média de 63,50 anos com desvio padrão (dv) de 43,37 anos.

O número de árvores com TP maior que $X_{\text{média}} + 2dv$ ($TP > 152,23$ anos) somou 22 árvores, das quais 6 de D_{90} variando entre 166 a 202 anos, 2 de D_{100} com 191 e 271 anos, 10 de D_{120} variando entre 193 a 241 anos e 4 árvores da D_{240} variando entre 251 a 539 anos, sendo a média de TP dessas 22 árvores de 242,14 anos.

A árvore com maior TP foi de 539 anos, entrando no sistema aos 133,17 e saindo com 671,17 anos, ou seja, com a idade de saída 5,0 vezes maior que à do ingresso, e, de igual maneira para as demais variáveis, apresentaram as seguintes variações: 7,78 e 15,05 m de H (1,9 vezes), 40,03 e 232,08cm de D (5,8 vezes), 0,13 e 4,23 m^2 de G (33,6 vezes) e 0,71 e 39,79 m^3 de V , que é 56,0 vezes maior. A influência desse tipo de árvore altera o nível de estoque em crescimento da população de maneira bastante acentuada em função da amplitude de variação, sobretudo em área basal e volume.

Assim, testando-se um modelo com simulação num horizonte temporal de curta duração, poder-se-ia provocar distorções nos resultados, induzindo-se a concluir que existe uma tendência tanto em diminuir ou aumentar os valores populacionais (modelos instáveis), quando na realidade poderia ser um modelo estável caso fosse testado para um horizonte temporal de longa duração (vide estatísticas da Tabela 48 em contraste com às da Tabela 47, mais adiante). Para evitar tais problemas, nesta tese foi tomado um horizonte temporal de 1.500 anos, onde a árvore com maior *TP* entra no sistema pelo menos duas vezes ($1.500/539=2,78$) e, para média das 22 maiores, em torno de 6 vezes ($1.500/242,14=6,19$).

A partir de 1.061 árvores com $DAP \geq 40$ cm presentes em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, aplicando-se o *MCBC*, foram gerados na simulação, no horizonte temporal de 1.500 anos, dados de crescimento envolvendo 36.060 árvores (*NA*), das quais 1.058 com *CPI* (2,93%), 33.977 árvores com *CC* (94,22%) e 1.025 com *CPF* (2,84%) e distribuídas entre 9 classes de D_{max} . Como a simulação para cada árvore foi realizada para um horizonte temporal de 1.500 anos, o número de dados (*ND*) do banco de dados (Tabela 41) foi de 1.991.500 dados para cada variável e 9.549.000 para o total de variáveis (*I, H, D, G, V, R*).

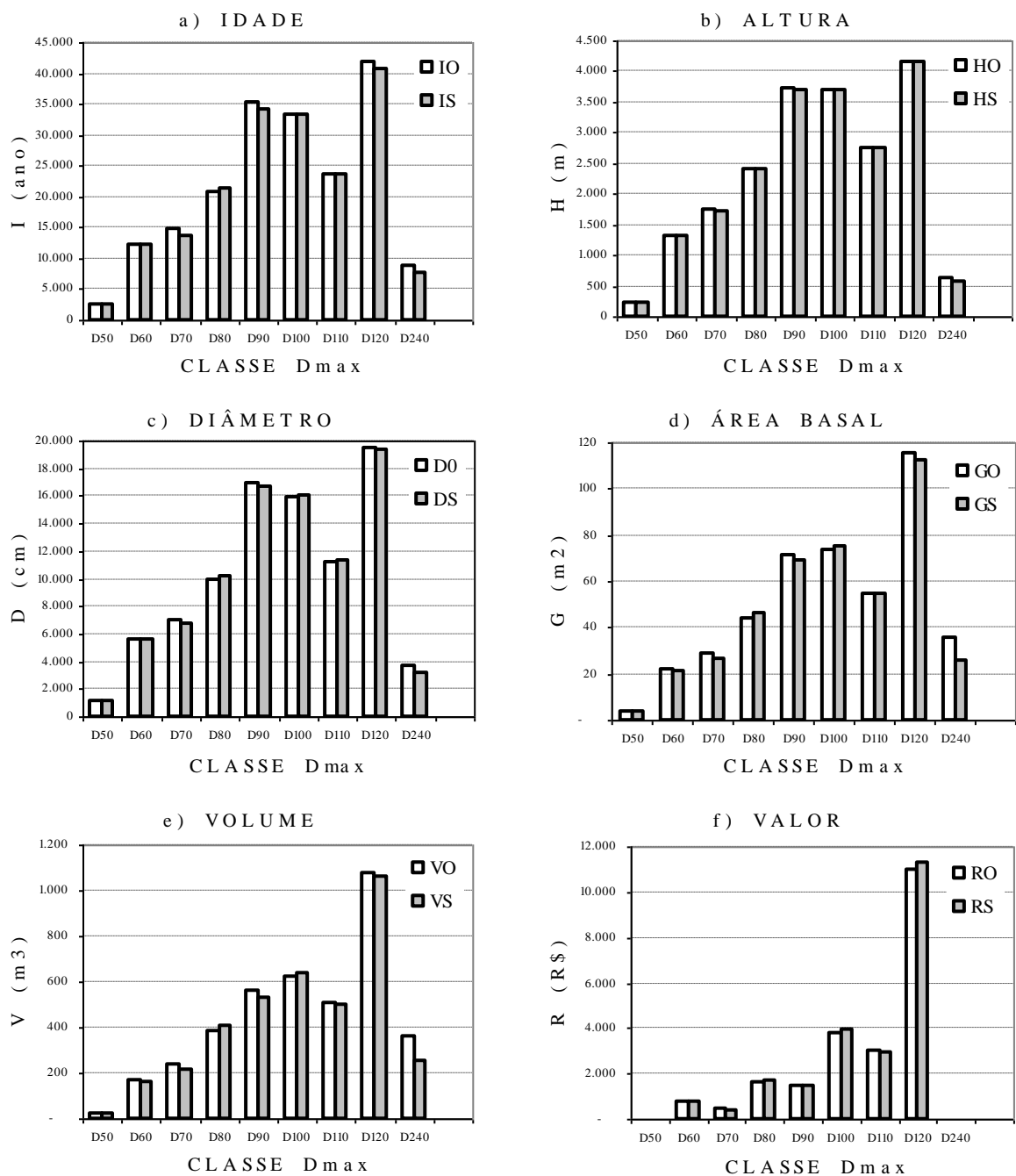
Tabela 41. Número de árvores (*NA*) e de dados (*ND*) envolvidos na simulação de crescimento aplicando-se o *MCBC* para um horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} e de ciclo, geradas a partir de 1.061 árvores inventariadas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste –RO

Classe	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>
D_{max}	<i>CPI</i>	<i>CC</i>	<i>CPF</i>	<i>Total</i>	<i>CPI</i>	<i>CC</i>	<i>CPF</i>	<i>Total</i>	<i>Total Geral</i>
D_{50}	18	1.052	17	1.087	215	26.588	197	27.000	162.000
D_{60}	76	2.409	78	2.563	1.778	113.555	1.667	117.000	702.000
D_{70}	92	3.774	91	3.957	1.200	135.067	1.733	138.000	828.000
D_{80}	121	2.994	117	3.232	4.840	171.820	4.840	181.500	1.089.000
D_{90}	218	10.573	209	11.000	3.662	320.852	3.986	328.500	1.971.000
D_{100}	190	5.956	181	6.327	5.452	273.697	5.851	285.000	1.710.000
D_{110}	129	3.594	118	3.841	3.808	184.789	4.903	193.500	1.161.000
D_{120}	189	3.291	189	3.669	8.513	265.412	9.575	283.500	1.701.000
D_{240}	25	334	25	384	976	34.317	2.207	37.500	225.000
Total	1.058	33.977	1.025	36.060	30.444	1.526.097	34.959	1.591.500	9.549.000

Legenda: *CPI* = ciclo parcial no início, com idade no $T_i >$ que idade de ingresso; *CC* = ciclo completo; *CPF* = ciclo parcial no final (idade no $T_{1500} <$ idade de saída).

Fonte: Elaborada pelo autor.

As médias das somas dos valores simulados das variáveis das árvores no horizonte temporal de 1.500 anos ($\underline{S} = \sum y_{T1 \rightarrow 1.500} / 1.500$) das classes de D_{max} foram comparadas com os valores observados na ocasião do inventário florestal ($O = \sum y_{T0}$), sendo os dados processados referentes a 67,5ha de florestas da Resex Aquariquara transformados em equivalentes a 100ha de florestas para facilitar a interpretação. Os resultados estão ilustrados na Figura 42 e com dados na Tabela 53.



Legenda: O = valor observado, S = valor simulado.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 53. Média dos valores simulados de horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), aplicando o *MCBC* para árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classe de D_{max} , e valores observados inventário florestal no ano T_0 , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

As médias anuais dos valores simulados para a população total no horizonte temporal de 1.500 anos (sem classes de D_{max}), em relação aos valores observados no T_0 , resultaram valores ligeiramente subestimados, com exceção para o valor, sendo a diferenças os seguintes: idade -2,09%, altura -0,33%, diâmetro -0,96%, área basal -3,41%, volume -3,81% e valor 1,81% (Tabela 42). As simulações mostraram que o *MCBC* desenvolvido e a metodologia

para modelar a dinâmica de crescimento de floresta da Resex Aquariquara mostraram ser adequados.

Com relação aos resultados das médias das 53 variáveis e por classes de D_{max} simulados, 37 (70%) apresentaram valores subestimados e 16 (30%) valores sobreestimados. Das 9 classes de D_{max} , a classe D_{80} apresentou todas as variáveis sobreestimadas, o mesmo acontecendo para a classe D_{100} , com a exceção da altura, que resultou uma pequena subestimação (-1,17%); a classe D_{120} apresentou valores predominantemente subestimados. As diferenças maiores que 10% ocorreram para o V de D_{70} (-11,46%), R de D_{70} (-11,85%), I de D_{240} (-13,93%), D de D_{240} (-14,72%), G de D_{240} (-28,96%) e a maior foi para V de D_{240} com -30,04% (Tabela 42 e Figura 53).

Tabela 42. Média dos valores simulados de horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), aplicando o *MCBC* para árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , e valores observados inventário florestal no ano T_0 , em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

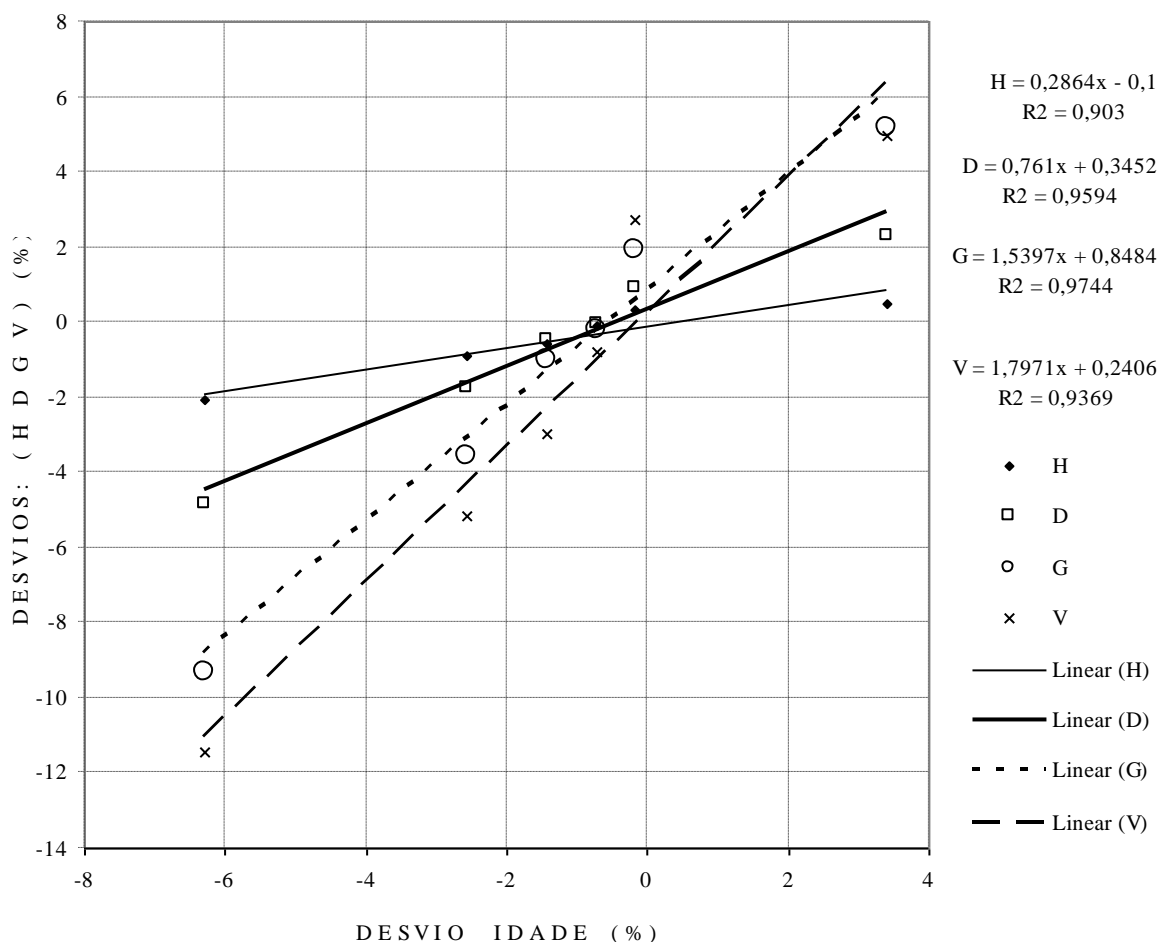
Variável	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
I_O	2.604	12.293	14.682	20.713	35.202	33.338	23.777	41.813	8.772	193.194
I_S	2.585	12.117	13.756	21.415	34.296	33.280	23.546	40.607	7.550	189.152
H_O	241	1.321	1.750	2.396	3.738	3.684	2.748	4.144	618	20.640
H_S	241	1.314	1.713	2.408	3.703	3.697	2.753	4.156	587	20.572
D_O	1.151	5.625	7.048	9.924	16.946	15.917	11.166	19.511	3.699	90.987
D_S	1.151	5.600	6.707	10.150	16.646	16.067	11.291	19.348	3.154	90.114
G_O	3,91	21,69	28,95	44,19	71,51	73,64	54,61	115,81	35,93	450,25
G_S	3,91	21,48	26,27	46,47	68,98	75,07	54,98	112,25	25,53	434,92
V_O	24,80	167	242	385	562	620	508	1.076	364	3.948
V_S	24,61	162	214	404	533	637	504	1.065	254	3.798
R_O	5,01	767	432	1.641	1.495	3.815	2.999	10.988	-	22.142
R_S	4,79	765	381	1.719	1.446	3.985	2.923	11.320	-	22.544
I_{DIF}	-0,73	-1,43	-6,30	3,39	-2,58	-0,17	-0,97	-2,88	-13,93	-2,09
H_{DIF}	-0,11	-0,56	-2,09	0,51	-0,92	0,33	0,17	0,30	-4,95	-0,33
D_{DIF}	-0,04	-0,45	-4,84	2,28	-1,77	0,94	1,13	-0,84	-14,72	-0,96
G_{DIF}	-0,19	-1,01	-9,29	5,16	-3,55	1,93	0,67	-3,06	-28,96	-3,41
V_{DIF}	-0,78	-2,95	-11,46	4,99	-5,16	2,75	-0,87	-1,03	-30,04	-3,81
R_{DIF}	-4,35	-0,18	-11,85	4,75	-3,31	4,45	-2,54	3,02		1,81

Legenda: I = idade da árvore (ano); H = altura comercial (m); D = diâmetro à altura do peito (cm); G = área basal (m^2); V = volume (m^3); R = valor da madeira (R\$); sub-índice $_o$ = valor observado no T_0 ; $_s$ = média aritmética do valor simulado no $T_{1 \rightarrow 1.500}$; DIF = diferença entre valor simulado ($T_{1 \rightarrow 1.500}$) em relação ao valor observado (T_0), em %; D_{50} , ..., D_{240} , D_{Total} = classe de D_{max} .

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como o *MCBC* é ajustado em função da idade, ocorrendo desvios nas médias simuladas desta variável ocorrem desvios nas demais variáveis, sendo que estes efeitos são maiores para o volume, diminuindo gradativamente para a área basal, diâmetro e altura, conforme comprovam o valor do coeficiente β_1 da regressão linear ajustadas para estimar o desvio da média anual $T_{1 \rightarrow 1.500}$ em relação ao valor do T_0 ajustados para as variáveis H , D , G , V e R em função dos desvios de I (Figura 54).

RELAÇÃO ENTRE DESVIOS: (H D G V) COM A IDADE



Nota: Desvio (%) = $(S-O)/O \cdot 100$, sendo $\underline{S} = \sum y_{T1 \rightarrow 1.500} / 1.500$ e $O = \sum y_{T0}$ para cada variável y.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 54. Desvios relativos de H, D, G e V em função dos desvios relativos de I, e retas ajustadas através de regressão linear, segundo classe de D_{max} estimada pelo MCBC, para árvores com $DAP \geq 40$ cm de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO.

Para analisar os resultados de outra forma, os valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos ($S_{T1} \rightarrow T_{1500}$) foram transformados em índices, atribuindo como base = 100 o valor observado do inventário florestal no ano zero (O_{T0}), ou seja, $S_{T1}/O_{T0} \cdot 100$, $S_{T2}/O_{T0} \cdot 100$, ..., $S_{Tn-1}/O_{T0} \cdot 100$, $S_{T1500}/O_{T0} \cdot 100$ para cada variável considerada.

A menor amplitude de variação de valores simulados, no horizonte temporal de 1.500 anos, foi encontrada para a variável H (98,01 a 101,14) e a maior para o R (89,08 a 114,42), não sendo constatado nenhum desvio superior a 15% para todas as variáveis em relação ao valor observado. A média dos valores simulados variou entre um mínimo de 96,19 (para a variável V) e um máximo de 101,81 (para a variável R). O maior desvio padrão foi de 4,01 e o maior coeficiente de variação de 3,94, ambos da variável R (Tabela 43).

A frequência de valores anuais simulados, no horizonte temporal de 1.500 anos, com um desvio inferior a $\pm 5\%$ em relação ao valor observado, foi de 100% para H, de 99,93% para D e de 98,60% para I. A frequência de valores subestimados ocorreu para V (32,93% na classe de desvios de -5,00 a -9,99 e 2,47% na classe de -10,00 a -14,99), e também para G (26,07% na classe de desvios de -5,00 a -9,99 e 1,00% na classe de -10,00 a -14,99). Ao contrário, a frequência de valores superestimados ocorreu para R (17,47% na classe de desvio de 5,00 a

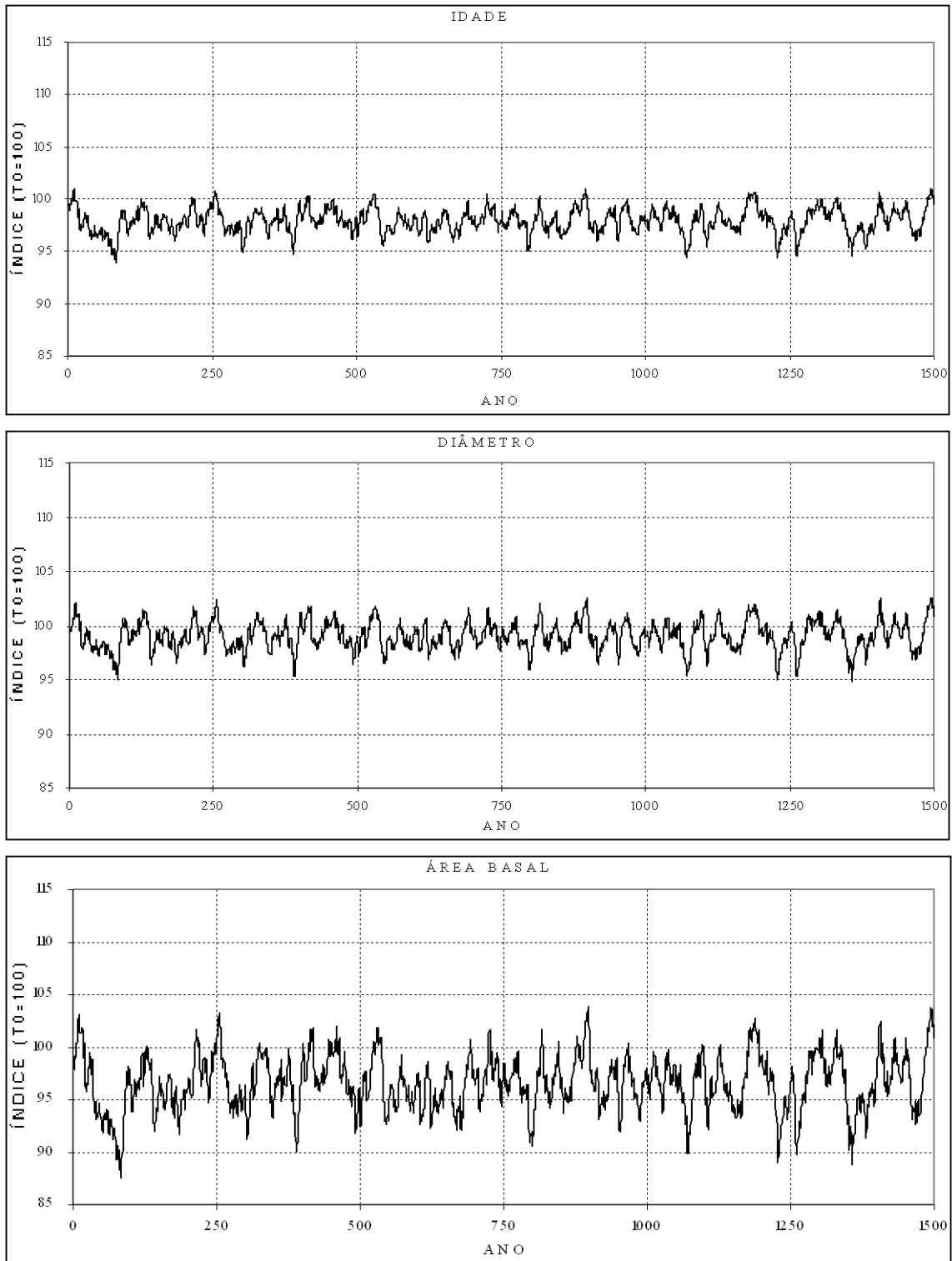
9,99 e 2,80% na classe de 10,00 a 14,99), conforme dados apresentados na Tabela 43 e ilustrados nas Figuras 50 e 51.

Tabela 43. Valores anuais simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, segundo variáveis, de árvores com $DAP \geq 40$ cm da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Frequência (%) por classe de desvio relativo					Valores simulados (índice)			Desvio Padrão	Coef. de variação (%)
	-10,00 a -14,99	-5,00 a -9,99	-4,99 a 4,99	5,00 a 9,99	10,00 a 14,99	mínimo	máximo	médio		
<i>I</i>	-	1,40	98,60	-	-	93,94	101,01	97,91	1,18	1,21
<i>D</i>	-	0,07	99,93	-	-	94,80	102,59	99,04	1,31	1,33
<i>G</i>	1,00	26,07	72,93	-	-	87,53	103,95	96,59	2,62	2,72
<i>H</i>	-	-	100,00	-	-	98,01	101,14	99,67	0,55	0,55
<i>V</i>	2,47	32,93	64,53	0,07	-	86,09	105,37	96,19	3,15	3,28
<i>R</i>	0,13	4,13	75,47	17,47	2,80	89,08	114,42	101,81	4,01	3,94
Média	0,60	10,77	85,24	2,92	0,47	91,57	104,75	98,54	3,12	3,16

Legenda: *I* = idade; *D* = diâmetro; *G* = área basal; *H* = altura comercial; *V* = volume do fuste; *R* = valor da árvore em pé.

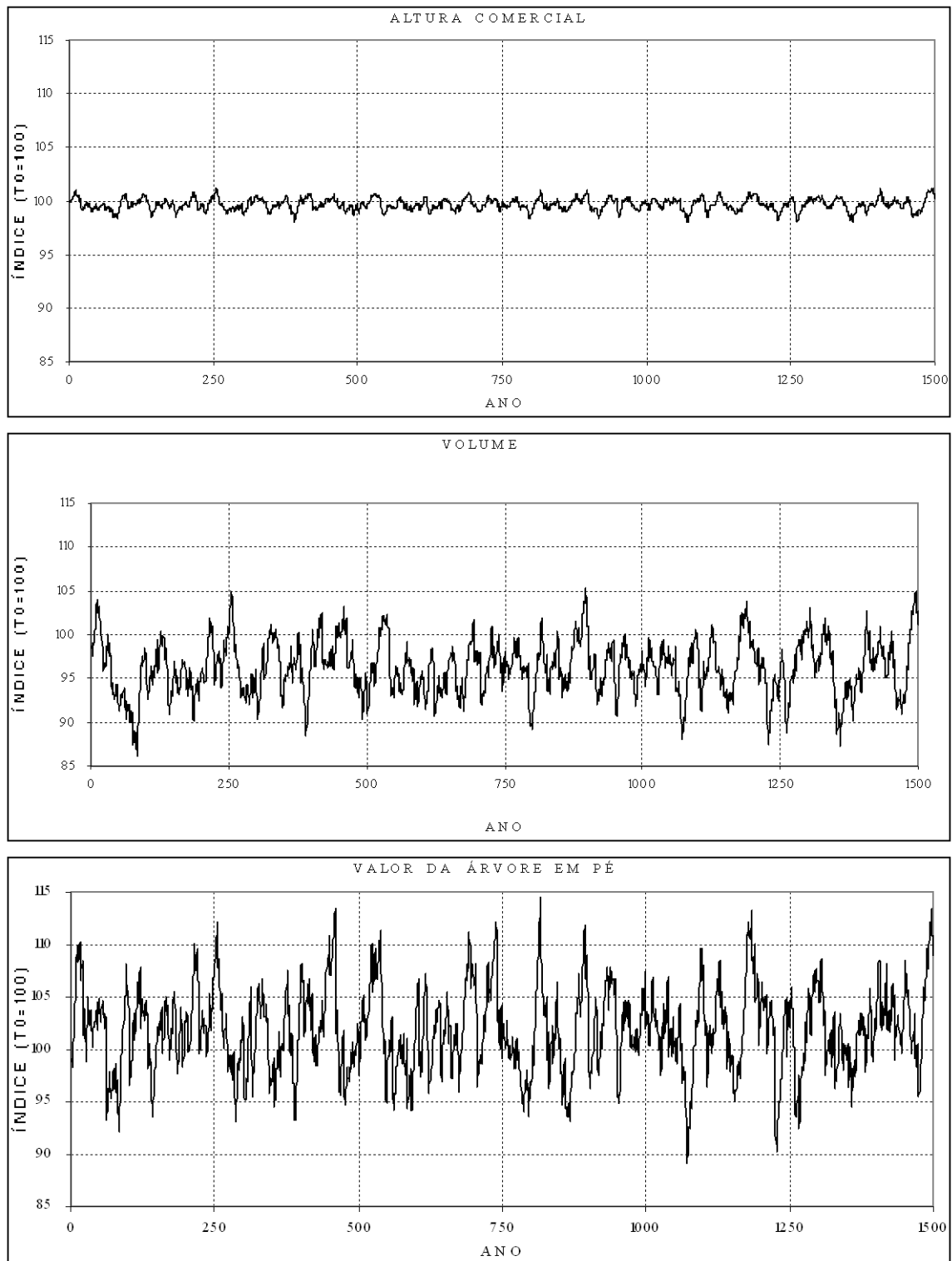
Fonte: Elaborada pelo autor.



Nota: Índice base, valor observado no ano zero = 100.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 55. Variação da idade, diâmetro e da área basal, simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.



Nota: Índice base, valor observado no ano zero = 100.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 56. Variação da altura comercial, volume do fuste e do valor da árvore em pé, simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO.

5.5.3 Análise estatística dos valores simulados da massa florestal da Resex Aquariquara

O perfil de dados simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, analisados, sob o ponto de vista estatístico, aplicando-se o teste de Lilliefors (Tabela 44), indicou que, de um total de 59 dados, 44% (26 dados) apresentaram todos os atributos de uma distribuição normal, porém 56% (33 dados) apresentaram alguns tipos de problemas relacionados com a curtose, assimetria e/ou homogeneidade de variância. A natureza dos dados gerados nas simulações, que consiste na soma de valores dos atributos de cada árvore de uma floresta (idade, diâmetro, volume, etc.) numa série temporal de 1.500 anos, pode até apresentar uma distribuição normal, porém, para fins de análises, foi considerada uma distribuição fora desse padrão, sendo, portanto, aplicados os métodos não-paramétricos.

Tabela 44. Distribuição normal pelo teste de Lilliefors, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de tamanho, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO

Var.	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
<i>I</i>	0,0694	0,0279	0,0155*	0,0339	0,0239	0,0220*	0,0214*	0,0305	0,0151*	0,0213*
<i>H</i>	0,0719	0,0549	0,0208*	0,0353	0,0261	0,0274	0,0582	0,0220*	0,0537	0,0537
<i>D</i>	0,0656	0,0372	0,0221*	0,0320	0,0216*	0,0257	0,0267	0,0291	0,0394	0,0132*
<i>G</i>	0,0696	0,0336	0,0213*	0,0351	0,0210*	0,0210*	0,0169*	0,0241	0,0160*	0,0211*
<i>V</i>	0,0732	0,0434	0,0146*	0,0330	0,0228*	0,0239	0,0223*	0,0279	0,0197*	0,0213*
<i>R</i>	0,0897	0,0191*	0,0258	0,0000*	21,2500	0,0000*	39,8830	0,0000*		0,0219*

Legenda: *I* = idade; *H* = altura comercial; *D* = diâmetro à altura do peito; *G* = área basal; *V* = volume; *R* = valor da madeira; D_{50} , ..., D_{240} , D_{Total} = classe de tamanho da árvore.

Nota: Valor tabelado de teste de Lilliefors ($p=0,05$) = 0,023; valores com asteriscos apresentam todos os atributos de uma distribuição normal.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores simulados, no geral, apresentaram um baixo coeficiente de variação, e, de um total de 59 dados analisados, 38 apresentaram valores situados abaixo de 5%, 18 compreendidas entre 5% a 10% e 3 restantes com coeficiente de 12,27%, 17,03% e 19,04% cada (Tabela 45). A variável altura apresentou valores mais baixos, seguido de idade e diâmetro ocupando valores intermediários e os valores mais elevados a área basal, volume e

Tabela 45. Coeficiente de variação, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classes de tamanho, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO

Var.	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
<i>I</i>	3,05	2,68	2,90	2,87	2,20	2,99	3,95	2,72	6,26	1,18
<i>H</i>	0,57	0,76	0,97	1,11	0,95	1,49	1,87	1,23	3,38	0,55
<i>D</i>	1,45	1,64	2,47	2,67	2,42	3,52	4,53	2,99	8,52	1,33
<i>G</i>	2,89	3,19	4,82	4,87	4,73	6,47	8,69	5,47	17,03	2,64
<i>V</i>	3,44	4,26	5,58	5,73	5,50	7,58	10,00	6,07	19,04	3,20
<i>R</i>	8,57	6,33	7,43	8,30	6,54	9,29	12,27	5,90	-	3,96

Legenda: *I* = idade; *H* = altura comercial; *D* = diâmetro à altura do peito; *G* = área basal; *V* = volume; *R* = valor da madeira; D_{50} , ..., D_{240} , D_{Total} = classe de tamanho da árvore.

Fonte: Elaborada pelo autor..

valor da madeira. Pode-se notar, adicionalmente, que as variáveis das classes de tamanho das árvores D_{240} atingiram maiores valores, seguidas das classes D_{110} e D_{100} . Cabe ressaltar que, na classe de D_{240} , por não incluir espécie comercial, não existem dados referentes ao valor da madeira (R).

Os valores simulados de um ecossistema florestal estável no horizonte temporal, a rigor apresentam, em curto prazo, flutuações contínuas das médias, porém, em longo prazo não devem apresentar tendências de aumentos ou diminuições das médias. Para testar esta hipótese, foi aplicada regressão linear (BATISTA, 2000) tomando como variável independente o tempo de simulação ($T_I \rightarrow T_{1.500}$) e como variável dependente cada uma das 59 séries de dados simulados (Tabelas 46 e 47). De um total de 59 variáveis analisadas, 55 (93%)

Tabela 46. Estatísticas da regressão linear entre valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, de soma dos valores de idade, altura e diâmetro, das árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO

Variável	Coefficiente a	Coefficiente b	P (Anova)	R^2 calculado	$Y_{(T_I)}$	$Y_{(T_{1500})}$	Dif. (%)
I_{50}	1.745,5200	-0,00049641	0,8759	-0,0651	1.745,52	1.744,78	-0,04
I_{60}	8.176,0500	0,00590527	0,6512	-0,0531	8.176,06	8.184,91	0,11
I_{70}	9.286,2200	-0,00095008	0,9528	-0,0665	9.286,22	9.284,79	-0,02
I_{80}	14.466,2000	-0,00886560	0,7202	-0,0582	14.466,19	14.452,90	-0,09
I_{90}	23.139,5000	0,01343590	0,6576	-0,0536	23.139,51	23.159,65	0,09
I_{100}	22.460,0000	0,00499601	0,9006	-0,0657	22.460,00	22.467,49	0,03
I_{110}	15.842,5000	0,06762770	0,0704	0,1515	15.842,57	15.943,94	0,64
I_{120}	27.345,6000	0,08620180	0,0521	0,1845	27.345,69	27.474,90	0,47
I_{240}	5.093,4800	0,03667400	0,0548	0,1791	5.093,52	5.148,49	1,08
I_{Total}	127.555,0000	0,20452900	0,0232	0,2763	127.555,20	127.861,79	0,24
H_{50}	162,8290	-0,00000728	0,8962	-0,0656	162,83	162,82	-0,01
H_{60}	8.176,0500	0,00590527	0,6512	-0,0531	8.176,06	8.184,91	0,11
H_{70}	1.156,2200	0,00007741	0,9081	-0,0659	1.156,22	1.156,34	0,01
H_{80}	1.625,6900	-0,00043584	0,6863	-0,0559	1.625,69	1.625,04	-0,04
H_{90}	2.499,3500	0,00050034	0,7238	-0,0584	2.499,35	2.500,10	0,03
H_{100}	2.495,2300	-0,00007615	0,9726	-0,0667	2.495,23	2.495,12	0,00
H_{110}	1.856,9500	0,00169855	0,4120	-0,0218	1.856,95	1.859,50	0,14
H_{120}	2.804,0900	0,00162946	0,4269	-0,0246	2.804,09	2.806,53	0,09
H_{240}	396,4600	0,00046331	0,5630	-0,0444	396,46	397,15	0,18
H_{Total}	13.883,8000	0,00393623	0,3886	-0,0171	13.883,80	13.889,70	0,04
D_{50}	776,7590	-0,00008032	0,9048	-0,0658	776,76	776,64	-0,02
D_{60}	3.779,2100	0,00136519	0,7112	-0,0576	3.779,21	3.781,26	0,05
D_{70}	4.527,5000	-0,00026395	0,9684	-0,0667	4.527,50	4.527,10	-0,01
D_{80}	6.854,6700	-0,00323418	0,7666	-0,0609	6.854,67	6.849,82	-0,07
D_{90}	11.231,3000	0,00642797	0,6915	-0,0562	11.231,31	11.240,94	0,09
D_{100}	10.844,6000	0,00085049	0,9702	-0,0667	10.844,60	10.845,88	0,01
D_{110}	7.603,0100	0,02496650	0,2258	0,0312	7.603,03	7.640,46	0,49
D_{120}	13.035,0000	0,03373630	0,1477	0,0730	13.035,03	13.085,60	0,39
D_{240}	2.106,9200	0,02923000	0,0068	0,4210	2.106,95	2.150,77	2,08
D_{Total}	60.758,9000	0,09299800	0,0531	0,1825	60.758,99	60.898,40	0,23

Legenda: variável: I = idade; H = altura comercial; D = diâmetro à altura do peito; e sub-índice de cada variável corresponde à classe de tamanho da árvore.

Nota: Coeficiente a e b do modelo $Y = a + bx$; R^2 calculado, ajustado ao grau de liberdade. $Y(T_I)$ = valor calculado para o ano 1; $Y(T_{1500})$ = valor calculado para o ano 1.500; Dif. (%) = diferença de $T_{1.500}$ em relação ao T_I .

Fonte: Elaborada pelo autor.

não apresentaram relação linear com o tempo. As variáveis I_{Total} , V_{Total} , G_{Total} , D_{240} e G_{240} apresentaram uma relação linear ao nível de 95% de probabilidade, porém com valor de pendente (coeficiente b) muito baixo, resultando em uma diferença entre valores calculados para o ano $T_{1.500}$ em relação ao ano T_1 de apenas 0,24%, 0,62%, 0,64%, 2,08% e 3,91%, respectivamente. Seis variáveis adicionais (I_{110} , I_{120} , I_{240} , D_{Total} , G_{120} , V_{240}) apresentaram uma relação linear muito débil com o tempo, ou seja, com probabilidade de 90%.

De um total de 59 coeficientes b , 18 apresentaram sinais negativos e 41 apresentaram sinais positivos, todos com valores próximos ao zero, ou seja, valor do pendente quase nulo. As 53 variáveis apresentaram diferenças, entre valores calculados para $T_{1.500}$ em relação aos do T_1 , compreendidos entre +/- 1,0%, 4 variáveis entre 1 a 2% e 3 variáveis restantes entre 2 a 4%, confirmando a hipótese apresentada de que os modelos simulados apresentam resultados estáveis em relação ao tempo (os valores simulados não variam com o tempo).

Tabela 47. Estatísticas da regressão linear entre valores simulados no horizonte temporal de 1.500 anos, das somas dos valores de área basal, volume e valor da madeira das árvores com $DAP \geq 40$ cm, segundo classe de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste - RO

Variável	Coefficiente a	Coefficiente b	P (Anava)	R^2 calculado	$Y_{(T_1)}$	$Y_{(T_{1500})}$	Dif. (%)
G_{50}	2,6367	-0,00000057	0,9008	-0,0657	2,64	2,64	-0,03
G_{60}	14,4931	0,00001039	0,7069	-0,0573	14,49	14,51	0,11
G_{70}	17,7284	-0,00000256	0,9599	-0,0666	17,73	17,72	-0,02
G_{80}	31,4011	-0,00002817	0,7571	-0,0604	31,40	31,36	-0,13
G_{90}	46,5109	0,00005844	0,6564	-0,0535	46,51	46,60	0,19
G_{100}	50,6608	0,00001386	0,9430	-0,0664	50,66	50,68	0,04
G_{110}	36,8787	0,00030537	0,1120	0,1017	36,88	37,34	1,24
G_{120}	75,4427	0,00044559	0,0710	0,1505	75,44	76,11	0,89
G_{240}	17,1614	0,00044794	0,0116	0,1791	17,16	17,83	3,91
G_{Total}	292,9140	0,00125028	0,0068	0,4206	292,92	294,79	0,64
V_{50}	16,6108	-0,00000472	0,8899	-0,0655	16,61	16,60	-0,04
V_{60}	144,5620	0,00003388	0,9438	-0,0664	144,56	144,61	0,04
V_{70}	144,5620	0,00003388	0,9438	-0,0664	144,56	144,61	0,04
V_{80}	273,4120	-0,00040995	0,6605	-0,0539	273,41	272,80	-0,22
V_{90}	359,3660	0,00054428	0,6448	-0,0526	359,37	360,18	0,23
V_{100}	429,6400	0,00005197	0,9787	-0,0667	429,64	429,72	0,02
V_{110}	337,6880	0,00301989	0,1363	0,0813	337,69	342,22	1,34
V_{120}	716,0640	0,00391369	0,1322	0,0844	716,07	721,93	0,82
V_{240}	171,9360	0,00339921	0,0860	0,1298	171,94	177,03	2,96
V_{Total}	2.558,6700	0,01061420	0,0300	-0,0526	2.558,68	2.574,59	0,62
R_{50}	3,2370	-0,00000399	0,8092	-0,0629	3,24	3,23	-0,18
R_{60}	517,1230	0,00064173	0,7427	-0,0596	517,12	518,09	0,19
R_{70}	257,2380	-0,00042365	0,7098	-0,0575	257,24	256,60	-0,25
R_{80}	1.159,6500	0,00083140	0,8850	-0,0654	1.159,65	1.160,90	0,11
R_{90}	975,8010	-0,00007532	0,9842	-0,0667	975,80	975,69	-0,01
R_{100}	2.693,5400	-0,00474631	0,7503	-0,0600	2.693,54	2.686,42	-0,26
R_{110}	1.960,6900	0,01645450	0,2543	0,0200	1.960,71	1.985,37	1,26
R_{120}	7.613,6000	0,03780940	0,1596	0,0652	7.613,64	7.670,31	0,74
R_{Total}	15.180,9000	0,05048780	0,1598	0,0651	15.180,95	15.256,63	0,50

Legenda: variável: G = área basal; V = volume do fuste; R = valor da madeira.; e sub-índice de cada variável corresponde à classe de tamanho da árvore. Nota: Coeficiente a e b do modelo $Y = a + bx$; R^2 calculado, ajustado ao grau de liberdade. $Y(T_1)$ = valor calculado para o ano 1; $Y(T_{1500})$ = valor calculado para o ano 1.500; Dif. (%) = diferença de $T_{1.500}$ em relação ao T_1 . Fonte: Elaborada pelo autor.

Visando validar os resultados obtidos aplicando a regressão linear, foram também comparadas as médias de séries temporais de 1.500 anos de simulações, segmentando, a primeira, em 3 seqüenciais de 500 anos cada ($T_{1\rightarrow 500}$, $T_{501\rightarrow 1.000}$ e $T_{1.001\rightarrow 1.500}$), e a segunda, em 6 seqüências de 250 anos cada ($T_{1\rightarrow 250}$, $T_{251\rightarrow 500}$, $T_{501\rightarrow 750}$, $T_{751\rightarrow 1.000}$, $T_{1.001\rightarrow 1.250}$ e $T_{1.251\rightarrow 1.500}$), sobre os quais foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis para 95% de probabilidade, para averiguar a repetibilidade da simulação no horizonte temporal.

Para as 3 médias, a diferença mínima significativa, que é de 64,20, foi maior que todos os valores calculados (Tabela 48), indicando que todas as médias de cada uma das variáveis foram iguais, ou seja, que não apresentaram tendências para diminuir e/ou aumentar os seus valores com o decorrer do tempo. Os valores calculados de 49 médias, de um total de 59, apresentaram valores inferiores a 50% do valor tabelado, evidenciando as baixas diferenças entre as médias, principalmente das variáveis das árvores das classes de tamanho D_{90} , D_{120} e D_{50} , ao contrário das de classes D_{110} e D_{240} .

Tabela 48. Diferença máxima encontrada entre três médias seqüenciais com duração de 500 anos cada ($T_{1\rightarrow 500}$, $T_{501\rightarrow 1.000}$ e $T_{1.001\rightarrow 1.500}$), pelo teste de Kruskal-Wallis, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classes de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Var.	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
<i>I</i>	18,66	29,59	19,88	13,69	9,14	29,37	60,91	20,61	36,62	34,58
<i>H</i>	14,33	28,01	36,77	34,40	7,21	23,77	29,23	10,61	27,30	32,10
<i>D</i>	18,62	25,40	29,72	27,34	5,91	20,87	40,02	7,66	20,76	37,04
<i>G</i>	21,33	26,27	25,09	23,68	7,80	25,18	55,00	10,60	44,23	22,02
<i>V</i>	16,99	28,32	29,25	29,06	8,91	30,71	50,83	11,16	41,70	16,72
<i>R</i>	10,28	16,05	20,01	14,93	26,26	11,69	22,36	27,01		27,34

Legenda: *I* = idade; *H* = altura comercial; *D* = Diâmetro à altura do peito; *G* = área basal; *V* = volume; *R* = valor da madeira; D_{50} , ..., D_{240} , D_{Total} = classe de tamanho da árvore.

Nota: Diferença mínima significativa pelo teste de Kruskal-Wallis ($p=0,05$) = **64,20**, portanto todas as médias são iguais.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme dados da Tabela 49, das comparações entre seis médias de 59 variáveis, 49 (83%) apresentaram médias iguais e 10 (17%) médias diferentes. Essas diferenças surgiram em função de acúmulos simultâneos de árvores de pequenas dimensões e também de grandes

Tabela 49. Diferença máxima encontrada entre seis médias seqüenciais com duração de 250 anos cada ($T_{1\rightarrow 250}$, $T_{251\rightarrow 500}$, $T_{501\rightarrow 750}$, $T_{751\rightarrow 1.000}$, $T_{1.001\rightarrow 1.250}$ e $T_{1.251\rightarrow 1.500}$), pelo teste de Kruskal-Wallis, de valores simulados num horizonte temporal de 1.500 anos, de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, segundo classes de D_{max} , de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Var.	D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	D_{Total}
<i>I</i>	54,08	46,96	52,79	40,10	59,74	45,76	138,45*	82,95	488,99*	110,21
<i>H</i>	44,90	38,90	54,92	49,11	46,26	47,22	74,86	91,24	187,52*	62,50
<i>D</i>	46,94	44,38	46,15	54,15	44,34	36,41	106,41	74,75	308,66*	97,74
<i>G</i>	48,27	45,30	47,06	50,52	50,61	39,26	131,86*	76,19	532,60*	182,74*
<i>V</i>	50,23	4,30	57,58	45,18	60,05	49,88	119,46*	79,18	515,48*	180,07*
<i>R</i>	22,94	24,51	58,11	69,31	37,90	41,18	80,06	94,33		88,44

Legenda: *I* = idade; *H* = Altura comercial; *D* = Diâmetro à altura do peito; *G* = área basal; *V* = volume; *R* = Valor da madeira; D_{50} , ..., D_{240} , D_{Total} = classe de tamanho da árvore; * diferenças estatisticamente significativas.

Nota: Diferença mínima significativa pelo teste de Kruskal-Wallis ($p=0,05$) = **110,40**.

Fonte: Elaborada pelo autor.

dimensões no horizonte temporal, conforme pode ser observado nas oscilações das mesmas no tempo (Figuras 55 e 56) e também pelo valor do coeficiente de variação apresentado na Tabela 45.

5.6 Aplicação do Modelo Desenvolvido na Simulação de Manejo Florestal da Resex Aquariquara

Como o objetivo desta tese não foi aplicar um modelo de crescimento já desenvolvido para o manejo florestal, e sim, verificar se o modelo desenvolvido poderia servir para o manejo florestal, apresentam-se a seguir alguns aspectos dessas possibilidades.

Neste sentido, será apresentado como o estoque de árvores em crescimento se comporta na floresta e dentro desta o fluxo de entrada e saída de árvores que constituem fundamento para o manejo florestal.

Por último, ressalta-se que, no manejo florestal, visando à produção de madeira para abastecimento industrial, é imprescindível estimar a produção e produtividade da floresta, com as quais pode ser elaborado plano de manejo, que assegure o rendimento sustentado da floresta.

5.6.1 Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa total da floresta

Conforme sistema de modelagem adotado, o componente principal do modelo de dinâmica de crescimento da floresta é a massa total de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ que permanece continuamente no sistema e os componentes adicionais compostos de árvores que

Tabela 50. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

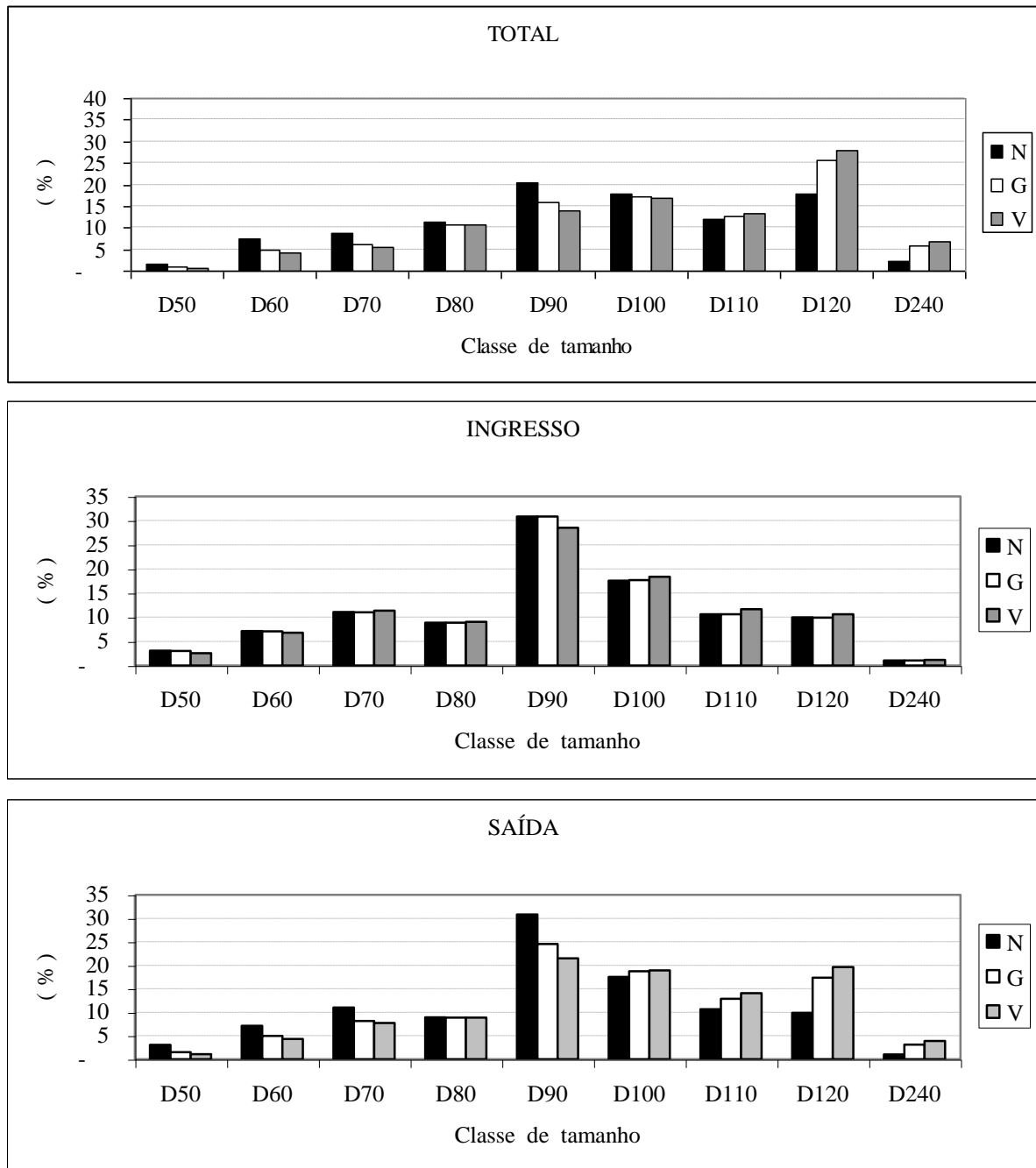
Variável	Unidade	Classe de D_{max}									Total
		D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	
N_T	(1)	26,67	115,56	136,30	179,26	324,44	281,48	191,11	280,00	37,04	1.571,85
N_I	(1)	1,06	2,46	3,82	3,07	10,65	6,06	3,67	3,44	0,35	34,57
N_S	(1)	1,06	2,46	3,82	3,08	10,66	6,07	3,68	3,42	0,35	34,59
$Imédia_T$	(ano)	96,95	104,88	100,93	119,50	105,71	118,23	123,20	145,03	203,86	120,34
$Imédia_I$	(ano)	84,30	80,60	81,17	83,28	86,20	89,39	92,38	95,59	133,53	87,56
$Imédia_S$	(ano)	108,59	126,73	116,07	140,28	115,73	134,74	143,18	176,14	238,12	132,00
G_T	(m ²)	3,91	21,48	26,26	46,49	68,97	75,07	54,97	112,26	25,53	434,94
G_I	(m ²)	0,13	0,31	0,49	0,39	1,36	0,78	0,47	0,44	0,05	4,41
G_S	(m ²)	0,17	0,56	0,91	1,00	2,76	2,11	1,45	1,96	0,35	11,27
V_T	(m ³)	24,60	162,13	214,20	404,60	533,00	636,56	503,64	1.065,19	254,39	3.798,31
V_I	(m ³)	0,83	2,21	3,71	2,95	9,31	6,00	3,81	3,46	0,37	32,65
V_S	(m ³)	1,10	4,29	7,67	8,78	21,29	18,74	13,94	19,45	3,85	99,11

Legenda: N = número de árvores; $Imédia$ = idade média das árvores; G = área basal; V = volume de fuste; IMA = incremento médio anual; sub-índice T = total, I = ingresso, S = saída.

Fonte: elaborada pelo autor.

ingressam no sistema ao atingir o limite inferior de 40cm de *DAP*. As mesmas saem do sistema com a mortalidade (Tabela 50 e Figura 57).

A massa total média de 100ha de floresta, composta de 1.572 árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ e com uma idade média de 120 anos, foi de 435m^2 de área basal e 3.798m^3 de volume de fuste (Tabela 50). Dentro desse sistema total, houve um fluxo anual médio de 34,57 árvores ingressando no sistema, com 40cm de *DAP* e com 87,56 anos de idade, que somaram $4,41\text{m}^2$ de área basal e $32,65\text{m}^3$ de volume, as quais saíram do sistema com uma idade média de 132,00 anos apresentando $11,27\text{m}^2$ de área basal e $99,11\text{m}^3$ de volume.



Legenda: N = número de árvores; G = área basal; V = volume do fuste; D = diâmetro máximo da árvore.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 57. Participação relativa média de cada classe de D_{max} sobre o total para as variáveis da massa total, do ingresso e da saída das árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ em 100ha de floresta da Resex Aquariquera, município de Machadinho D'Oeste – RO

As participações relativas de cada classe de tamanho das árvores sobre o total da massa florestal, ilustradas na Figura 57, mostraram que as árvores que compõem a classe D_{120} apresentaram maior estoque de volume e de área basal, seguindo-se as classes D_{100} e D_{90} , sendo estas também as que mais se destacaram quanto ao fluxo de ingressos e saídas das árvores do sistema.

5.6.2 Taxa média de ingresso e saída e produtividade da massa total da floresta

O modelo desenvolvido, baseado nos pressupostos assumidos nesta tese, indicou que os fluxos de ingresso e saída de número de árvores no sistema resultaram praticamente iguais, representando, cada um, com taxa anual de 2,20% em relação ao número total de árvores, porém, os mesmos foram, respectivamente, de 1,01% e 2,59% para a área basal e de 0,86% e 2,61% para o volume (Tabela 51).

SILVA *et al.* (1995), monitorando a massa remanescente de Floresta Nacional de Tapajós, encontraram uma taxa média anual de recrutamento de 3,1% e de mortalidade de 2,2%, valores estes maiores que os encontrados neste trabalho, talvez devido à exploração anterior de aproximadamente 75m^3 e 16 árvores comerciais por hectare.

O incremento médio anual de 100ha de floresta, calculado em função da idade média de cada conjunto, foi de $3,6142\text{m}^2$ de área basal para o total de árvores e de $0,0504\text{m}^2$ para as árvores que ingressaram e de $0,0854\text{m}^2$ para as que saíram do sistema. Os mesmos incrementos para o volume foram, respectivamente, de 31,5623, 0,3729 e $0,7508\text{m}^3 \cdot 100\text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (Tabela 51).

Tabela 51. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de N , G e V , e, IMA em G e V de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ da massa total de 100ha de floresta, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Unidade	Classe de D_{max}									Total
		D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	
$Taxa_I N$	(%)	3,96	2,13	2,80	1,71	3,28	2,15	1,92	1,23	0,96	2,20
$Taxa_I G$	(%)	3,42	1,46	1,85	0,84	1,97	1,04	0,85	0,39	0,18	1,01
$Taxa_I V$	(%)	3,37	1,36	1,73	0,73	1,75	0,94	0,76	0,33	0,15	0,86
$Taxa_S N$	(%)	3,96	2,13	2,80	1,72	3,28	2,16	1,92	1,22	0,96	2,20
$Taxa_S G$	(%)	4,37	2,60	3,48	2,15	4,00	2,81	2,64	1,74	1,38	2,59
$Taxa_S V$	(%)	4,46	2,65	3,58	2,17	3,99	2,94	2,77	1,83	1,51	2,61
$IMA G_T$	(m^2)	0,0403	0,2048	0,2602	0,3890	0,6525	0,6349	0,4462	0,7741	0,1252	3,6142
$IMA G_I$	(m^2)	0,0016	0,0039	0,0060	0,0047	0,0158	0,0087	0,0051	0,0046	0,0003	0,0504
$IMA G_S$	(m^2)	0,0016	0,0044	0,0079	0,0071	0,0239	0,0156	0,0101	0,0111	0,0015	0,0854
$IMA V_T$	(m^3)	0,2538	1,5459	2,1223	3,3858	5,0423	5,3841	4,0879	7,3447	1,2479	31,5623
$IMA V_I$	(m^3)	0,0098	0,0274	0,0457	0,0354	0,1080	0,0671	0,0413	0,0362	0,0028	0,3729
$IMA V_S$	(m^3)	0,0101	0,0339	0,0661	0,0626	0,1839	0,1391	0,0973	0,1104	0,0162	0,7508

Legenda: N = número de árvores; G = área basal; V = volume de fuste; IMA = incremento médio anual; sub-índice T = total, I = ingresso, S = saída.

Fonte: elaborada pelo autor.

No manejo de floresta de rendimento sustentável, a taxa anual de saída de árvores (2,61% do volume total ou $99,11\text{m}^3 \cdot 100\text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) poderá ser considerada rendimento

esperado de uma floresta nativa de Rondônia, onde seria possível aproveitar, anualmente e/ou em ciclos periódicos de cortes, a madeira dessas árvores para fins industriais.

Os resultados obtidos por ALDER & SILVA (2000), aplicando o modelo CAFOGROM3 para um ciclo de corte de 30 anos (sistema policíclico) e diâmetro mínimo de corte de 45cm para a Floresta Amazônica, indicaram a possibilidade de obter-se um rendimento sustentado, por hectare, de 25m³ de madeira comercial, removendo 2 a 3m² de área basal ou 4 a 6 árvores por ciclo, resultando em um incremento médio anual de 0,83m³. OLIVEIRA & BRAZ (2006) constataram, quatro anos após a exploração, um incremento de 1,06m³.ha⁻¹.ano⁻¹ de madeira comercial no PC Pedro Peixoto (Acre). Em contraste, a simulação aplicando o *MCBC* apresentou, para a floresta de Resex Aquariquara, em média, conforme dados da Tabela 50, um total de 10,38 árvores mortas em 30 anos que somaram 3,38m² de área basal e 29,73m³ de madeira, resultando em uma produtividade média de 0,99m³.ha⁻¹.ano⁻¹ para a massa total. Os mesmos valores anteriores, considerando somente as árvores comerciais indicaram que em 30 anos morrem 5,23 árvores que somam 16,58m³ de madeira, mostrando que o nível de estoque de madeira é menor por ser uma floresta aberta com poucas árvores e de porte menor que a de Flona de Tapajós.

Como não se explora madeira anualmente de mesmo local num plano de manejo, os valores apresentados não indicam o valor efetivamente aproveitável de uma floresta manejada para a produção de madeira. No entanto, ao explorar uma floresta, é de conhecimento geral que as árvores da massa remanescente passam a crescer mais rápido em função da redução da área basal da massa eliminada, porém, deve-se também considerar os danos causados na exploração que afeta a quantidade de árvores da massa remanescente. Esses aspectos devem ser estudados e incluídos no *MCBC* para serem aplicados em manejo florestal da Resex Aquariquara.

5.6.3 Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa comercial da floresta

Para elaborar plano de colheita dessa floresta, seria possível incluir, além da estimativa de volume de madeira das árvores mortas, o das árvores que culminaram os seus incrementos médios anuais em volume, possibilitando, dessa maneira, maximizar o rendimento da produção média anual dessa floresta, utilizando os dados da Tabela 52, onde foram computados somente os valores de árvores comerciais.

A massa total média de estoque de madeira de valor comercial de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, composta de 841 árvores com *DAP* médio de 59cm e com uma idade média de 123 anos, foi de 2.205m³ de volume de fuste com valor da árvore em pé de R\$22.546,00 (Tabela 52). Essas cifras, em relação aos dados da Tabela 50, indicaram que 54% do total de árvores são constituídas de espécies de valor comercial que apresenta 58% do total de estoque de madeira, constituindo uma floresta rica em espécies comerciais. Dentro desse modelo simulado, houve um fluxo anual médio de 17,43 árvores ingressando no sistema, com diâmetro médio de 40,33cm e 88,68 anos de idade, que somaram 16,50m³ de volume e R\$166,98 em valor comercial da madeira, as quais saíram do sistema com uma idade média de 135,87 anos com diâmetro médio de 65,66cm e acumulando 55,28m³ de madeira valorada em R\$549,68. Os fluxos de ingresso e saída de número de árvores no sistema foram praticamente iguais, apresentando, cada um, uma taxa anual de 2,07% em relação ao número total de árvores, porém, os mesmos foram, respectivamente, de 0,75% e 2,51% para o volume e de 0,74% e 2,44% para o valor da madeira.

O incremento médio anual de árvores comerciais de 100ha de floresta, calculado em função da idade média de cada conjunto, foi de 17,884m³ de volume para o total de árvores e de 0,186m³ para as árvores que ingressaram e de 0,407m³ para as que saíram do sistema. Os

Tabela 52. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores comerciais com $DAP \geq 40\text{cm}$, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Unidade	Classe de D_{max}									Total
		D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	
N_T	(1)	1,48	23,70	44,44	74,07	139,26	182,22	111,11	265,19		841,48
N_I	(1)	0,06	0,57	1,23	1,24	4,96	3,99	2,14	3,24		17,43
N_S	(1)	0,06	0,57	1,23	1,24	4,97	4,00	2,15	3,23		17,44
$Imédia_T$	(ano)	96,64	101,88	100,92	118,97	102,84	117,14	123,09	145,38		123,29
$Imédia_I$	(ano)	84,14	80,71	81,06	83,28	86,19	89,43	92,35	95,59		88,68
$Imédia_S$	(ano)	109,14	121,29	116,49	141,41	113,24	133,93	143,02	176,61		135,87
$Dmédio_T$	(cm)	43,11	47,77	49,25	56,64	50,10	56,67	59,06	69,24		59,19
$Dmédio_I$	(cm)	40,09	40,31	40,17	40,23	40,34	40,48	40,30	40,28		40,33
$Dmédio_S$	(cm)	45,50	52,84	55,29	64,33	56,11	65,69	70,23	84,33		65,66
V_T	(m^3)	1,47	32,15	64,90	163,54	195,47	407,37	317,05	1.023,01		2.204,96
V_I	(m^3)	0,05	0,52	1,10	1,18	3,92	4,00	2,43	3,31		16,50
V_S	(m^3)	0,06	0,97	2,29	3,55	8,58	12,33	8,87	18,62		55,28
R_T	(R\$)	4,79	766,82	380,62	1.718,93	1.445,55	3.985,15	2.923,02	11.321,44		22.546,32
R_I	(R\$)	0,16	12,91	6,46	20,89	27,44	35,68	25,42	38,03		166,98
R_S	(R\$)	0,21	23,74	13,49	40,75	61,01	115,31	88,00	207,18		549,68

Legenda: N = número de árvores; $Imédia$ = idade média das árvores; $Dmédio$ = diâmetro médio; G = área basal; V = volume de fuste; R = valor da madeira em pé, a preço corrente de 2000; IMA = incremento médio anual; sub-índice T = total, I = ingresso, S = saída.

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 53. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de N , V e R , e, IMA em V e R de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$ com valor comercial de 100ha de floresta, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Unidade	Classe de D_{max}									Total
		D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	
$Taxa_I N$	(%)	3,867	2,408	2,760	1,676	3,563	2,191	1,926	1,222		2,071
$Taxa_I V$	(%)	3,266	1,620	1,692	0,720	2,006	0,982	0,767	0,323		0,749
$Taxa_I R$	(%)	3,266	1,683	1,697	1,215	1,898	0,895	0,870	0,336		0,741
$Taxa_S N$	(%)	3,867	2,408	2,760	1,676	3,566	2,194	1,935	1,217		2,072
$Taxa_S V$	(%)	4,366	3,014	3,536	2,172	4,388	3,028	2,798	1,820		2,507
$Taxa_S R$	(%)	4,366	3,096	3,543	2,370	4,221	2,893	3,011	1,830		2,438
$IMA V_T$	(m^3)	0,0153	0,3156	0,6431	1,3747	1,9008	3,4776	2,5757	7,0370		17,8836
$IMA V_I$	(m^3)	0,0006	0,0065	0,0135	0,0141	0,0455	0,0447	0,0263	0,0346		0,1861
$IMA V_S$	(m^3)	0,0006	0,0080	0,0197	0,0251	0,0757	0,0921	0,0620	0,1054		0,4069
$IMA R_T$	(R\$)	0,0496	7,5268	3,7716	14,4490	14,0570	34,0206	23,7466	77,8770		182,8655
$IMA R_I$	(R\$)	0,0019	0,1599	0,0797	0,2508	0,3184	0,3989	0,2752	0,3978		1,8830
$IMA R_S$	(R\$)	0,0019	0,1958	0,1158	0,2881	0,5388	0,8610	0,6153	1,1731		4,0457

Legenda: N = número de árvores; $Imédia$ = idade média das árvores; $Dmédio$ = diâmetro médio; G = área basal; V = volume de fuste; R = valor da madeira em pé, a preço corrente de 2000; IMA = incremento médio anual; sub-índice T = total, I = ingresso, S = saída.

Fonte: elaborada pelo autor.

mesmos incrementos para o valor da madeira foram, respectivamente, de R\$182,87, R\$1,88 e R\$4,05.100ha⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 53).

Os resultados das simulações indicaram que, caso seja implantado um plano de manejo florestal sustentável em 100ha de floresta da Resex Aquariquara, isto proporcionaria uma renda anual permanente de R\$549,69, baseando-se na exploração de 17,43 árvores que morrem anualmente e que fornecem 55,28m³ de madeira de valor comercial (Tabela 52).

5.6.4 Estoque em crescimento e fluxo de ingresso e saída de árvores da massa sem valor comercial da floresta

A massa total média de estoque de madeira sem valor comercial de 100ha de floresta da Resex Aquariquara é apresentada na Tabela 54. Esse grupo foi composto de 730 árvores com *DAP* médio de 55cm e com uma idade média de 117 anos que apresentou um total de 1.188m² de área basal e 1.593m³ de volume de fuste. Essas cifras, em relação aos dados da Tabela 50, indicaram que 46% do total são constituídas de árvores de espécies sem valor comercial que ocupam 43% de área basal e acumulam 42% do total de estoque de madeira. Dentro desse modelo simulado, houve um fluxo anual médio de 17,14 árvores ingressando no sistema, com um diâmetro médio de 40,31cm e 86,43 anos de idade, que somaram 2,19m² de área basal e 16,15m³ de volume de fuste, as quais saíram do sistema com uma idade média de 128,07 anos com diâmetro médio de 60,41cm e acumulando 5,12m² de área basal e 43,83m³

Tabela 54. Valores médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores sem valores comerciais com *DAP* ≥ 40cm, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de *D_{max}*, de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Unidade	Classe de <i>D_{max}</i>									
		<i>D₅₀</i>	<i>D₆₀</i>	<i>D₇₀</i>	<i>D₈₀</i>	<i>D₉₀</i>	<i>D₁₀₀</i>	<i>D₁₁₀</i>	<i>D₁₂₀</i>	<i>D₂₄₀</i>	Total
<i>N_T</i>	(1)	25,19	91,85	91,85	105,19	185,19	99,26	80,00	14,81	37,04	730,37
<i>N_I</i>	(1)	1,00	1,89	2,59	1,83	5,69	2,07	1,53	0,20	0,35	17,14
<i>N_S</i>	(1)	1,00	1,89	2,59	1,83	5,69	2,07	1,53	0,20	0,35	17,15
<i>Imédia_T</i>	(ano)	96,97	105,65	100,94	119,88	107,86	120,23	123,36	138,80	203,86	116,94
<i>Imédia_I</i>	(ano)	84,31	80,57	81,22	83,27	86,21	89,33	92,43	95,63	133,53	86,43
<i>Imédia_S</i>	(ano)	108,56	128,38	115,87	139,52	117,90	136,31	143,42	168,53	238,12	128,07
<i>Dmédio_T</i>	(cm)	43,15	48,64	49,19	56,62	52,21	57,84	59,12	66,64	85,16	55,19
<i>Dmédio_I</i>	(cm)	40,14	40,24	40,26	40,22	40,35	40,41	40,35	40,32	40,26	40,31
<i>Dmédios_S</i>	(cm)	45,36	54,00	55,08	63,48	57,99	66,33	70,44	81,72	109,07	60,41
<i>G_T</i>	(m ²)	3,69	17,20	17,68	27,30	40,91	27,28	23,05	5,49	25,53	188,11
<i>G_I</i>	(m ²)	0,13	0,24	0,33	0,23	0,73	0,27	0,20	0,03	0,05	2,19
<i>G_S</i>	(m ²)	0,16	0,43	0,62	0,59	1,52	0,73	0,60	0,11	0,35	5,12
<i>V_T</i>	(m ³)	23,13	129,98	149,31	241,06	337,53	229,20	186,59	42,18	254,39	1593,35
<i>V_I</i>	(m ³)	0,78	1,69	2,61	1,77	5,39	2,00	1,38	0,15	0,37	16,15
<i>V_S</i>	(m ³)	1,03	3,33	5,37	5,23	12,71	6,41	5,07	0,83	3,85	43,83

Legenda: *N* = número de árvores; *Imédia* = idade média das árvores; *Dmédio* = diâmetro médio; *G* = área basal; *V* = volume de fuste; *IMA* = incremento médio anual; sub-índice *T* = total, *I* = ingresso, *S* = saída.

Fonte: elaborada pelo autor.

de madeira. Os fluxos de ingresso e saída de número de árvores no sistema foram praticamente iguais, representando, cada um, com taxa anual de 2,35% em relação ao número

total de árvores, porém, os mesmos foram, respectivamente, de 1,16% e 2,72% para a área basal e de 1,01% e 2,75% para o volume da madeira. A taxa de mortalidade média encontrada por OLIVEIRA & BRAZ (2006) na floresta manejada de Acre que foi de 3,2% foi maior que o encontrado nesta tese.

O incremento médio anual de 100ha de floresta, calculado em função da idade média de cada conjunto, foi de 1,609m² de área basal para o total de árvores, de 0,025m² para as árvores que ingressaram e de 0,040m² para as que saíram do sistema. Os mesmos incrementos para o volume da madeira foram, respectivamente, de 13,625, 0,187 e 0,342m³.100ha⁻¹.ano⁻¹.

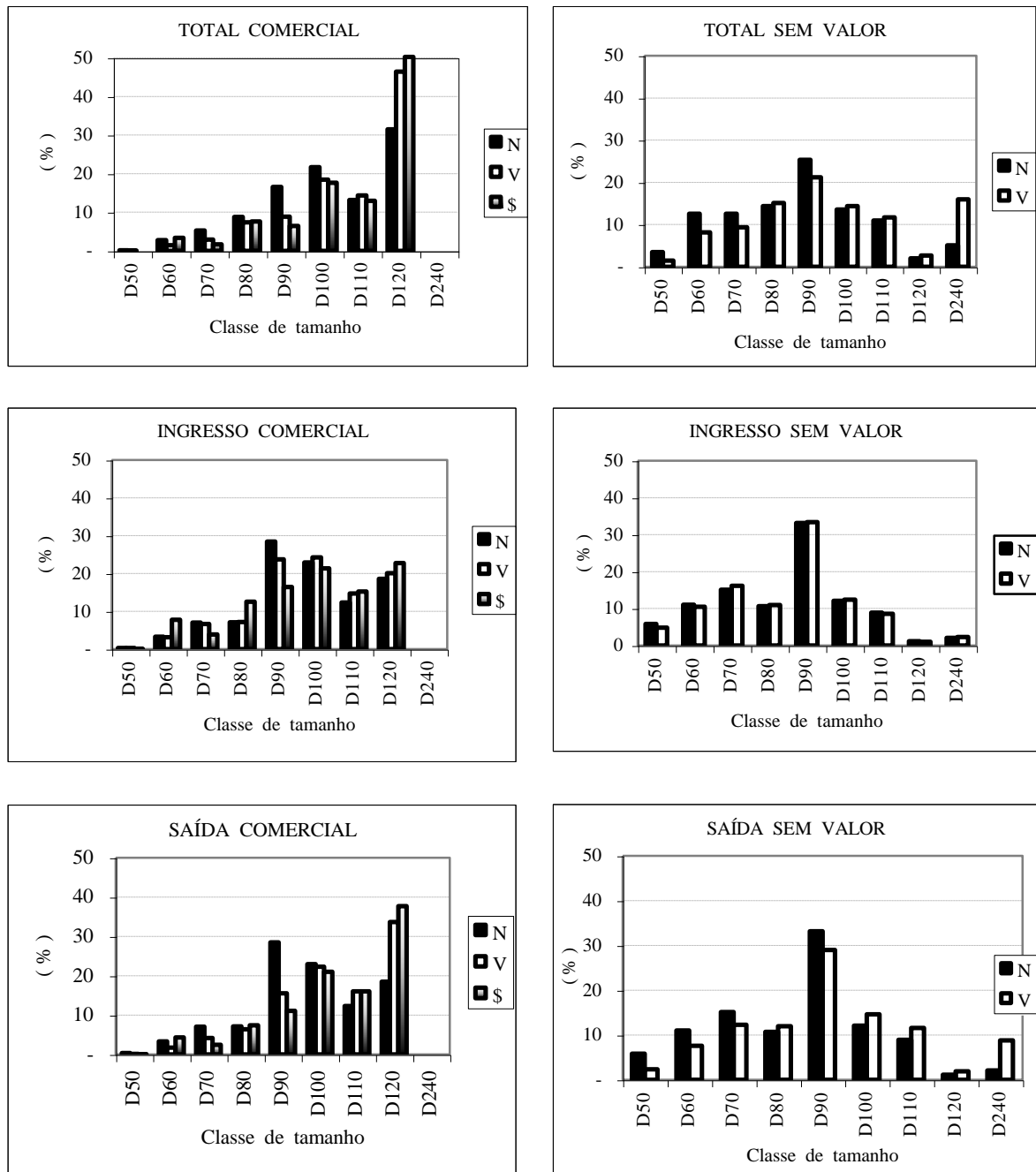
Tabela 55. Taxa anual médio de ingresso e da saída do sistema de *N*, *G* e *V*, e, *IMA* em *G* e *V* de árvores com $DAP \geq 40$ cm sem valor comercial de 100ha de floresta, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Variável	Unidade	Classe de D_{max}									Total
		D_{50}	D_{60}	D_{70}	D_{80}	D_{90}	D_{100}	D_{110}	D_{120}	D_{240}	
$Taxa_I N$	(%)	3,96	2,06	2,82	1,74	3,07	2,08	1,91	1,33	0,96	2,35
$Taxa_I G$	(%)	3,43	1,40	1,86	0,85	1,78	0,97	0,85	0,46	0,18	1,16
$Taxa_I V$	(%)	3,37	1,30	1,75	0,74	1,60	0,87	0,74	0,37	0,15	1,01
$Taxa_S N$	(%)	3,97	2,05	2,82	1,74	3,07	2,09	1,91	1,33	0,96	2,35
$Taxa_S G$	(%)	4,38	2,51	3,50	2,16	3,72	2,68	2,62	1,93	1,38	2,72
$Taxa_S V$	(%)	4,46	2,56	3,60	2,17	3,77	2,80	2,71	1,97	1,51	2,75
$IMA G_T$	(m ²)	0,0380	0,1628	0,1752	0,2277	0,3793	0,2269	0,1868	0,0395	0,1252	1,6086
$IMA G_I$	(m ²)	0,0015	0,0030	0,0041	0,0028	0,0084	0,0030	0,0021	0,0003	0,0003	0,0253
$IMA G_S$	(m ²)	0,0015	0,0034	0,0053	0,0042	0,0129	0,0054	0,0042	0,0006	0,0015	0,0400
$IMA V_T$	(m ³)	0,2385	1,2302	1,4792	2,0108	3,1292	1,9063	1,5126	0,3039	1,2479	13,6251
$IMA V_I$	(m ³)	0,0093	0,0210	0,0321	0,0213	0,0625	0,0224	0,0150	0,0016	0,0028	0,1869
$IMA V_S$	(m ³)	0,0095	0,0259	0,0464	0,0375	0,1078	0,0470	0,0353	0,0049	0,0162	0,3422

Legenda: *N* = número de árvores; *Imédia* = idade média das árvores; *Dmédia* = diâmetro médio; *G* = área basal; *V* = volume de fuste; *IMA* = incremento médio anual; sub-índice *T* = total, *I* = ingresso, *S* = saída.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados sobre os grupos de espécies com e sem valores comerciais foram analisados, segundo peso relativo (%) de participação de cada classe de tamanho das árvores sobre o total, cujos resultados estão apresentados na Figura 58. Na massa total de grupo de espécies sem valor comercial, foram observadas distribuições regulares com pesos maiores concentrados nas árvores de tamanho médio, tanto para o número de árvores como para o volume. No entanto, a distribuição das espécies com valor comercial foi menos regular que o anterior, ocorrendo especificamente para valor da madeira uma correlação positiva entre o peso da classe e porte das árvores. O modelo mostrou-se particularmente interessante para analisar o peso de cada classe de tamanho quanto ao fluxo de ingresso e saída do sistema. Assim, por exemplo, as árvores das classes D_{90} , D_{100} e D_{120} que apresentaram uma média anual (saída do sistema) equivalente a 28%, 23% e 19% de número de árvores totais, respectivamente, apresentaram um peso inverso de 11%, 21% e 38% quanto ao valor da madeira.



Legenda: N = número de árvores; V = volume de fuste; \$ = valor da madeira; D = diâmetro máximo da árvore.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 58. Valores relativos médios anuais da massa total, ingresso e da saída das árvores, com e sem valores comerciais, com $DAP \geq 40\text{cm}$, simulado num horizonte temporal de 1.500 anos, segundo classe de D_{max} , de 100ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Em função do exposto, nas formulações de manejo florestal visando à produção de madeira para fins industriais, devem ser examinadas as seguintes questões:

- manutenção da biodiversidade e outras funções da floresta;
- exploração seletiva de madeira e desequilíbrio de composição da floresta explorada em função das árvores de valor comercial serem exploradas em cada ciclo de corte e as árvores sem valor comercial deixadas em pé, resultando em uma floresta cada vez mais pobre em espécies de valor comercial (seleção negativa);

c)- inclusão de novas espécies no mercado com a escassez de oferta de madeira no mercado e/ou devido ao avanço da tecnologia que permite processar novas espécies.

Por último, cabe ressaltar que, no manejo florestal, há necessidade de equilibrar a composição das espécies comerciais que produzem madeira utilizáveis para fins industriais com as espécies utilizadas tradicionalmente pelos extrativistas (castanha-do-pará e seringueira), e as espécies “não-comerciais” por sua vez cumprem importantes funções dentro da floresta (equilíbrio de ecossistemas, cadeia alimentar, e outras funções).

6 CONCLUSÕES

Baseando-se nos estudos desenvolvidos nesta tese, pode-se concluir que:

- a)- Equações reciprocamente compatíveis entre o crescimento em diâmetro, área basal, altura e volume podem ser geradas ajustando-se os valores dos coeficientes a (assíntota) e c (afastamento em relação ao eixo y) do modelo de crescimento de Bertalanffy (MCB), baseadas nas relações alométricas linearizadas entre as variáveis das equações $LnH=b_0+LnD$ e $V=b_0D^{b_1}H^{b_2}$;
- b)- O crescimento futuro de árvores *per si* pode ser prognosticado tomando-se dados subseqüentes de DAP e com a estimativa do coeficiente a , ajustando-se os valores dos coeficientes c e b (velocidade de crescimento) do MCB ;
- c)- O número de árvores de cada classe de diâmetro máximo (D_{max}) distribuídas em classes de idade relativa, e , considerando a presença de espécies com regeneração contínua e esporádica, e , aplicando sobre os anteriores a “teoria de tubo de Shinozaki” permite elaborar um método para estimar a entrada (*input*) e saída (*output*) de árvores do sistema;
- d) O modelo de simulação permite discriminar cada árvore que compõe o estoque de uma floresta e fornece a dinâmica silvogênica do sistema;
- e)- A simulação da dinâmica de crescimento dessa floresta, num horizonte temporal de 1.500 anos ($T_{1 \rightarrow 1.500}$), mostra que o modelo é estável no tempo e descreve a dinâmica de crescimento de floresta constituída de uma população fechada e sem intervenção humana.

Considerações Finais

Para aplicação do modelo desenvolvido visando obter resultados confiáveis há necessidade de utilizar dados reais de crescimento de cada árvore e dos fluxos de ingressos e saídas de indivíduos do sistema, obtidos de parcelas permanentes. Deve-se também estender os estudos incluindo dados obtidos de áreas submetidas às explorações madeireiras e tratamentos silviculturais de intensidades variadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2008**. Brasília: ABRAF, 2008. 90 p.
- ALDER, D. **Forest volume estimation and yield prediction** – v.1: volume estimation v.2: yield prediction. Roma: FAO, 1980. v.1: 101 p.; v.2: 202 p. (FAO Forest Paper, no. 22/1-2).
- ALDER, Denis. **Evaluation and implications of the CAFOGROM forest growth model**. Disponível em: <<http://www.bio-met.co.uk/pdf/cafogrom2.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2006. (DFID/CPATU Silviculture Research Project, Belem, Brazil. Consultant Report, 24 p. Revised: 17-Jun-1998).
- ALDER, Denis; SILVA, J. N. M. An empirical cohort model for the management of *Terra Firme* forest in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, n. 130, p. 141-157, 2000.
- AMORIM, Hugo Barbosa. **Banco de dados do inventário florestal do estado de Rondônia**. Seropédica: UFRRJ, 2001. (Banco de dados pessoais, não publicados).
- ARAUJO, Publio Alejandro. **Idade relativa como subsídio à determinação de ciclo de corte o manejo sustentável de povoamentos florestais nativos**. 1993. 119 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal). Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ARMITAGE, Ian. **Guidelines for the management of tropical forests 1**. The production of wood. Roma: FAO, 1998. 343 p. (FAO forestry paper 135).
- ASSMANN, Ernest. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon, 1970. 506 p. Tradução: GARDNER, Sabine H. Editor Inglês: DAVIS, P. W.
- AZEVEDO, Celso Paulo de. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequidâneos pelo emprego da matriz de transição**. 1993. 118 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- AZEVEDO, Celso Paulo de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BACCI, Denise de La Corte. **Esboço Geológico da Gleba Machadinho D'Oeste, RO**. Campinas: EMBRAPA, 2005. 21p. (Comunicado Técnico 17, ISSN 1415-2118).
- BACHA, Carlos José Caetano. O uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras – uma visão histórica parcial de um processo de desenvolvimento. **Est. Econ.**, v.34, n. 2, p. 393-426, abr/jun 2004.
- BACKER, P.J.; WILSON, J.S. Plant ecology (communication arising): coexistence of tropical trees species. **Nature**, n. 422, p. 581-582, 2003.
- BARBALHO U. C., João. **Constituição Federal Brasileira: comentários**. Rio de Janeiro: Typographia da Companhia Litho-Typographia, em Sapopemba, 1902. 411 p.

- BARROS, Paulo Luiz Contente de. **Estudos das distribuições diamétricas da floresta do Planalto de Tapajós – Pará**. 1980. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BATISTA, João L. F. **Análise de regressão: técnicas de modelagem florestal**. Piracicaba: DCF/ESALQ/USP, 2000. 62 p.
- BEGON, Michael; MORTIMER, Martin; THOMPSON, David J. **Population ecology: a unified study of animals and plants**. 3. ed. Oxford: Blackwell, 1996. 256 p.
- BINKLEY, Dan; STAPE, José L.; RYAN, Michael G.; BANARD, Holly R.; FOWNES, James. Age-related decline in forest ecosystem growth: an individual-tree, stand-structure hypothesis. **Ecosystems** (2002), 5, p. 58-67.
- BOJANIC HELBINGEN, Alan Jorge. **Balance is beautiful: assessing sustainable development in the rain forests of the Bolivian Amazon**. 2001. 256 p. (PROMAB Scientific Series 4, Utrecht University, The Netherland, Ph.D. Thesis) Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/lead/af851e/af851e00.htm>>. Acesso em: 1 jul. 2008.
- BORMANN, F.C.; BERLYN, G.P. (eds.) **Age and growth rates of tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale, 1981. 137 p. (Univ. Sch. Forestry Environ. Std. Bull. 94).
- BRASIL. SENADO FEDERAL. **DECRETO Nº 1.282**, de 19 de outubro de 1994 Regulamenta os arts. 15, 19, 20 e 21, da Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências, regulamenta a exploração das florestas primitivas da Bacia Amazônica Brasília, 1994.
- BRAZÃO, José Eduardo Mathias; SANTOS, Manoel Messias. Vegetação. *In: Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. p. 133-169.
- BRITO, Cícero Carlos Ramos de; SILVA, José Antonio Aleixo da; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo; SANTOS, Eufrázio de Souza; FERRAZ, Ivan. Modelos de crescimento resultantes da combinação e variações dos modelos de Chapman-Richards e Silva-Bailey aplicados em *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 175-1885, abr-jun, 2007.
- CARNEIRO, Jeso. **Roteiro turístico: Belterra**. Santarém: Gazeta de Santarém, 17 jul 2005. Disponível em: <<http://www.jesocarneiro.com/geral/roteiro-turistico.html>>. Acesso em: 01 maio 2008.
- CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho; MEDRADO, Moacir José Ramos; HOEFLICH, Vitor Afonso. **O cultivo do pinheiro-do-paraná**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2003. (Sistema de Produção 7 – Versão Eletrônica). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinheiro-do-Parana/CultivodoPinheirodoParana/index.htm>>. Acesso em: 04 maio 2008.
- CAVALCANTI, Francisco José de Barros. **Manejo florestal em regime de rendimento sustentado, de uso múltiplo, para floresta Estadual de Antimari (Acre)**. 1992. 182 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia / Fundação Universidade da Amazônia, Manaus.
- CHAGAS, Rubens Koloski. **Relação entre crescimento diamétrico e idade em populações de espécies arbóreas tropicais**. 2002. 16 f. Monografia da Disciplina NT 238 – Ecologia de Populações de Plantas (Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal) – Departamento de Botânica – UNICAMP, Campinas.

CHRISTOFFOLI, Pedro Ivan. **Políticas públicas e expansão recente do agronegócio na fronteira agrícola do Brasil**. Brasília: UnB/CDS, 2006. 47p.

CHYO, Masamichi; AOKI, Hideyo; HAGA, Nabor. Análise de tronco de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa do Parque Estadual de Campos do Jordão - SP. **Silvicultura em São Paulo**, v.16A, Parte 2, p. 919-927, 1982 (Edição Especial). (Anais do Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Campos do Jordão (SP) – 12 a 18 de Setembro de 1982. Promoção: Instituto Florestal de São Paulo).

CIDADE de Leiria. Disponível em: <<http://www.santa-eufemia.com/leiria.html>>. Acesso em: 04 maio 2008.

CLUTTER, Jerome L.; FORTSON, J.C; PIENAAR, L.V; BRISTER, G.H., BAILEY, R.L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley, 1983. 329 p.

COLBERT, J. J.; SCHUCKERS, Michael; FEKEDULEGN, Desta. Comparing models for growth and management of forest tracts. In: AMARO, A.; REED, D.; SOARES, P. (Eds.). **Modelling forest systems**. Oxford: CAB, 2003. p. 335-346.

COLBERT, J. J.; SCHUCKERS, Michael; FEKEDULEGN, Desta; RENTH, James; MACSIÚRTÁIN, Máirtín; GOTTSCHALK, Kurt. Individual tree basal-area growth parameter estimates for four models. **Ecological Modelling**, v. 174, p. 115-126, 2004.

CONDIT, Richard; SUKUMAR, R.; HUBELL, Stephen P.; FOSTER, Robin B. Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. **The American Naturalist**, v. 152, n. 4, p. 495-509, oct. 1998.

CONFERÊNCIA das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, 2, 1992, Rio de Janeiro. Agenda 21. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

COPETTI, Camila. **Legislação ambiental pré-república**. 2005 Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=22172>> Acesso em: 07 maio 2008.

COSTA PORTO, J. **Formação territorial do Brasil**. Brasília, Fundação Petrônio Portella, 1982. 94p. (Curso de direito agrário, 1).

COSTA, Felipe A. P. L. **A insustentável leveza das reservas extrativistas**. La Insígnia, Brasil, maio de 2004. Disponível em: < http://www.lainsignia.org/2004/mayo/eco1_009.htm>. Acesso em: 04 maio 2008.

CUBBAGE, Frederick W.; O'LAUGHLIN, Jay; BULLOCK III, Charles S. **Forest resource policy**. New York: Wiley, 1993. 562 p.

DAWKINS, H.C. **The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda**. Oxford: Imperial Forestry Institute, 1958. 155 p. (Institute Paper No. 34).

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2nd edition. New York: Wiley, 1981. 508 p.

DRUMMOND, José Augusto. O manejo agroflorestal científico como um uso alternativo de recursos naturais na Amazônia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, 11, out. 1998, p. 99-113.

ECOPORÉ. **Inventário florestal e plano de manejo comunitário em regime de rendimento sustentado da Reserva Extrativista Aquariquara**. Porto Velho. 1996. 161 p. (Elaboração: ECOPORÉ – Ação Ecológica Vale do Guaporé, CTA – Centro dos Trabalhadores da Amazônia, OSR – Organização dos Seringueiros de Rondônia e ASM – Associação dos Seringueiros de Machadinho D'Oeste).

FAO. **Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo**. Roma: FAO, 1985. 180 p. (Estudio FAO: Montes no. 55).

FAO. **Faostat – forestry**. 2008 Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/381/default.aspx>>. Acesso em: 1 Maio 2008.

FEKEDULEGN, Desta; SIURTAİN, Mairitin P. Mac; COLBERT, Jim J. Parameter estimation of nonlinear growth model in forestry. **Silva Fennica**, n. 33, v. 4, p. 327-336, 1999.

FELIPE III (Don Felipe III, rei de Portugal). **Regimento do pau Brasil**. 1605. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/historia-brasil/ult1702u52.jhtm>>. Acesso em: 01 maio 2008.

FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**. 1997. 208 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FREITAS, Amantino Ramos de. **Valorização dos recursos florestais da Amazônia**. Brasília: Segundo Seminário: A engenharia brasileira e o desenvolvimento integrado e sustentável da Amazônia, 11 nov. 2004. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/secure/palestracreafinal.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2008.

FROOSE, Robert. **Reading group discussion, December 21, 2000**. 2 p. (BROAD, L. R. Allometry and growth. For. Sci. 44:3, 458-464, Paper reviewed by Robert Froose, RPF). Disponível em: <http://www.biometrics.uidaho.edu/documents/Froese_12-21-2000.pdf&pid=78515&doc=1>. Acesso em: 19 abr. 2008.

FUNAI. **As terras indígenas**. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.html>>. Acesso em: 17 jun. 2008.

GADOW, Klaus von; REAL, Pedro; ÁLVAREZ GONZÁLES, Juan-Gabriel (Editores). Modelización del crecimiento y la evolución de bosques. Vienna: IUFRO, 2001. 242 p. (IUFRO World Series Vol. 12).

GARLIPP, Rubens. **Sustentabilidade do setor florestal**. São Paulo: Reunião BRACELPA/MMA, 23 nov. 2007. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/secure/g2/Sustentabilidade%20do%20Setor%20Florestal%20-%20Rubens%20Garlipp.pdf>> . Acesso em: 04 maio 2008.

GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests**. New Haven: Yale University Press, 1990. 627 p.

GENTRY, Alwyn H.; TERBORG, John. Composition and dynamics of the Cocha Cashu “mature” floodplain forest. In: GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests**. New Haven: Yale University Press, 1990. p. 542-564.

GOMES, Affonso Guidão; VARRIALE, Maria Cristina. **Modelagem de ecossistemas: uma introdução**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2001. 504 p.

GRAAF, Nicolaüs Reitze de. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Landbouwhogeshool, 1986. 250 p. (Agricultural University).

GRAINGER, R. **Controlling tropical deforestation**. Londres: Earthscan, 1993.

GUERRA do contestado. WIKIPEDIA. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_do_Contestado>. Acesso em: 01 maio 2008.

HAMMEL, Barry. The distribution of diversity among families, genera, and habit types in the La Selva flora. In: GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests**. New Haven: Yale University Press, 1990. p. 75-84.

HEYNEMANN, Cláudia. **Floresta da Tijuca: natureza e civilização do Rio de Janeiro - século XIX**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, 1995. 196p. (Coleção Biblioteca Carioca, v.38).

HIGUCHI, Niro. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 1987. 129 f. These (Doctor of Philosophy) – Department of Forestry, Michigan State University, Michigan.

HISTÓRIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Leiria#Hist.C3.B3ria>>. Acesso em: 01 mar. 2008.

HOF, John G. **Coactive forest management**. San Diego: Academic Press, 1993. 189 p.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. **Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 202 p.

IBAMA. **Manual de vistorias em planos de manejo florestal sustentável, vistorias em áreas de desmatamento e vistorias em áreas de reposição florestal na Amazônia Legal**. Brasília: IBAMA, 2001. 13 p.

IBAMA. **Plano de manejo florestal sustentável**. Brasília: MMA/IBAMA, 2001a. 1 CD-ROM.

IBAMA. **Roteiros metodológicos plano de manejo de uso múltiplo das reservas extrativistas federais**. Brasília: IBAMA, 2004. 157 p.

IBAMA. **História do IBAMA**. 2008. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/institucional/historico/>>. Acesso em: 01 jul. 2008.

IBAMA. **Legislação florestal**. 2008a. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/documentos/legislacao/>>. Acesso em: 01 jul. 2008.

IBDF. **Amazonian forestry: present situation - perspectives for its development**. Rio de Janeiro: IBDF/PRODEPEF, 1975. 140 p. (Informative document of the Government of Brazil submitted to the Technical Conference on the Tropical Moist Forests).

IBGE. **Estatísticas históricas do Brasil: séries econômicas, demográficas e sociais de 1550 a 1988**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. 642 p. (2ª ed. rev. e atual. do v. 3 de Séries estatísticas retrospectivas).

IBGE. **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. 208 p.

IBGE. **SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática: agricultura, censo agropecuário**. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=v&p=CA&z=t&o=1>>. Acesso em: 04 maio 2008.

INPE. **Estimativas anuais desde 1988 até 2007: taxa de desmatamento anual (km²/ano)**. 2008. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2007.htm>. Acesso em: 17 jun. 2008.

IRRDB (The International Rubber Research and Development Board). **History of natural rubber.** Disponível em: <<http://www.irrdb.com/irrdb/NaturalRubber/History/HenryWickham.htm>> Acesso em: 17 jun. 2008.

ISA (Instituto Socioambiental). **Unidades de conservação na Amazônia Legal.** Disponível em: <http://www.socioambiental.org/uc/quadro_geral>. Acesso em: 04 maio 2008.

ISEM. **Ecological modeling: design, performance and evaluation of models for forest stand dynamics.** Amsterdam, Elsevier/International Society of Ecological Modeling, 1997. 86 p. (International Journal on ecological modeling and systems ecology – Special Issue 1, vol. 98).

JANKAUSKIS, Juris. **Estimativa dos parâmetros da floresta tropical a partir da análise da estrutura dendrológica e espacial das árvores e pelo método do vizinho mais próximo.** 1987. 197 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F., VAN TONGEREN, O.F.R. (editors). **Data analysis in community and landscape ecology.** Cambridge, Cambridge University Press, 1995. 321 p.

JONKERS, W. B. J. **Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname.** Wageningen: Agricultural University, 1987. 172 p.

JOSÉ Bonifácio de Andrada e Silva. WIKIPÉDIA. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Bonif%C3%A1cio_de_Andrada_e_Silva>. Acesso em: 14 maio 2008.

KARIUKI, Maina; KOOYMAN, Robert M.; BROOKS, Lyndon; GEOOFF, R.; VANCLAY, Jerome K. Modelling growth, recruitments and mortality to describe and simulated dynamics of subtropical rainforests following different levels of disturbance. **FBMIS**, v. 1, p. 22-47, 2006.

KARKACH, Arseniy S. Trajectories and models of individual growth. **Demographic Research**, v. 15, article12, p. 347-400, nov. 2006.

KITAMURA, P. C. **A Amazônia e o desenvolvimento sustentável.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 182p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn, GTZ, 1990. 335 p. (Trad. de Guilherme de Almeida-Sedas e Gilberto Calcagnotto).

LEI, Y. C.; ZHANG, S.Y. Features and partial derivatives of Bertalanffy-Richards growth model in forestry. **Nonlinear Analysis: Modeling and Control**, v. 9, n. 1, p. 65-73, 2004.

LENTINI, Marco; PEREIRA, Denys; CALENTANO, Danielle; PEREIRA, Ritaumaria. **Fatos florestais da Amazônia 2005.** Belém: AMAZON, 2005. 140 p.

LINS, Cristóvão. **Daniel Keith Ludwig por Cristóvão Lins - Projeto Jarí 40 Anos de História.** Disponível em: <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hall/7530/Projeto_Jari.htm>. Acesso em: 1 maio 2008.

LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G.S.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R. Forest dynamics at La Selva Biological Station, Costa Rica, 1969-1985. In: GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests.** New Haven: Yale University Press, 1990. p. 509-521.

LOFFEIER, E.; GOURLET-FLEURY, S.; FAVRICHON, V. Contribución de la modelización al manejo de los bosques tropicales húmedos: beneficios y límites de los modelos que se desarrollan en el CIRAD-Foret. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcxi/pub/V3/T13S/8.HTM#TOP>. Acesso em: 23 abr 2008. (Actas del XI Congreso Forestal Mundial, 13 a 22 de Octubre de 1997, Antalya, Turquia, Volumen 3, Tema 13).

MAY, Peter H. **Comercialización de los productos forestales no madereros del Amazonas brasileño**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/u2440s/u2440s02.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

MEZA, Victor; MORA, Fernando; CHAVÉS, Eladio; FONSECA, William. Crescimento y edad del bolque natural con y sin manejo en el Trópico Húmedo de Costa Rica. **Versión original** de un documento sometido al XII Congreso Forestal Mundial, 2003, Québec City, Canadá. (Doc. 003-B4). 6 p.

MIRANDA, E. E. de *et al.* **Sustentabilidade Agrícola na Amazônia – Machadinho d'Oeste**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.machadinho.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14 maio 2008.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC** : Lei nº 9.985 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. 2. ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2002. 52 p.

MORÁN, Emilio F. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis, Vozes, 1990. 367 p.

NEEFF, Till; SANTOS, João Roberto dos. A growth model for secondary forest in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, n. 216, p. 270-282, 2005.

NEVES, C.M.L.B. **História florestal, aquícola e cinegética**. Lisboa, Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas. 1980 ... (vol. 1 e subsequentes. Coletânea de documentos existentes no Arquivo Nacional da Torre e Tombo - Chancelarias Reais - 1208-1483 e subsequentes).

NIEMANN, Tom; INNES, John L. Streamlining local-level information for sustainable forest management. In: **International perspectives on streamlining local-level information for sustainable forest management**: a selection of papers from a conference held in Vancouver, Canada, August 28 and 29, 2000. p. 1-16 Disponível em: <<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/Fo143-2-400E.pdf#page=11>>. Acesso em: 01 abr. 2008.

OLIVEIRA, Ailton Antonio Baptista. **Projeto RADAM Histórico**. (17 de maio de 1999). Disponível em: <<http://www.projeto.radam.nom.br/historico.html>> Acesso em: 01 maio 2008.

OLIVEIRA, Edilson Batista de; AHRENS, Sérgio. **Regimes de manejo de Pinus para produção de toras para laminação e serraria**. Colombo: EMBRAPA/CNPTIA, 2005. (Sistema de Produção, 5. ISSN 1678-8281 Versão Eletrônica. Nov./2005). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/14_gerenciamiento_sispinus.htm>. Acesso em: 17 nov. 2008.

OLIVEIRA FILHO, Luiz Carlos de; FERREIRA, Joana D`Arc Carmo Arouck. Potencial florestal da Amazônia. In: **Recursos naturais e meio ambiente**: uma visão do Brasil. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. p. 133-169.

OLIVEIRA JÚNIOR, José Carlos de. Melhoramento genético de seringueira (*Hevea brasiliensis*). 2001. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/bioano02/a2001a33.htm>> Acesso em: 01 maio 2008.

- OLIVEIRA, Juarez de Castro; ALBUQUERQUE, Fernando Roberto P. de C. e; LINS, Ivan Braga. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para período 1980-2050 – revisão 2004: metodologia e resultados.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 82 p.
- OLIVEIRA, Lucas de; BRANDÃO, Adilson J.V.; BASSANEZI, Rodney C. Modelo de von Bertalanffy generalizado aplicado ao crescimento de suínos de corte. **Biomatemática**, v. 17, p. 101-109, 2007.
- OLIVEIRA, Marcus Vinicius Neves d'; BRAZ, Evaldo Muñoz. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. *Acta Amazônica*, v. 36, n. 2, p. 177-182. 2006.
- PANDOLFO, C. **Estudos básicos para o estabelecimento de uma política de desenvolvimento dos recursos florestais e de uso racional das terras da Amazônia.** Belém: SUDAM-DRN, 1974. 54 p.
- PEARCE, David W.; PEARCE, Corin G.T. **The value of forest ecosystem.** Montreal: CSERGE, 2001. 59 p. Disponível em: <http://www.cserge.ucl.ac.uk/Value_of_Forests.pdf> Acesso em: 01 abr. 2008.
- PEARCE, David; PUTZ, Francis; VANCLAY, Jerome K. **A sustainable forest future.** Montreal: CSERGE Working Paper GEC 99-15. 67p. Disponível em: <http://espace.library.uq.edu.au/eserv/UQ:8353/gec_1999_15.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2008.
- PEREIRA, Osny Duarte. **Direito Florestal Brasileiro.** Rio de Janeiro: Editora Borsoi, 1950. 573 p.
- PEREZ, Patrícia Lombardi; BACHA, Carlos José Caetano. Mercado de madeira serrada. **Agroanalysis**, v. 26, n. 08, p. 21-23, ago. 2006.
- PETROFLEX. **A borracha: um pouco da história da borracha.** Disponível em: <http://www.petroflex.com.br/perfil_borracha.htm>. Acesso em: 01 maio 2008.
- PLANAFLORO. **Reservas Extrativistas em Rondônia.** Disponível em: <<http://www.planaflo.ro.gov.br/KIT/graf2.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2005.
- PRANCE, Ghilleant T. The floristic composition of the forests of Central Amazonian Brazil. In: GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests.** New Haven: Yale University Press, 1990. p. 113-140.
- RANKIN-DE-MERONA, Judy M.; HUTCHINGS H., Roger H.; LOVEJOY, Thomas E. Tree mortality and recruitment over a five-year period in undisturbed upland rainforest of the Central Amazon. In: GENTRY, Alwyn H. (Ed.). **Four neotropical rainforests.** New Haven: Yale University Press, 1990. p. 573-584.
- REYDON, Bastiaan P.; MACIEL, Raimundo C.G. Valoração econômica-ambiental de uma alternativa produtiva na Reserva Extrativista “Chico Mendes”. In: **Anais IV Congreso Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Viña del Mar, Chile, 28-31 out. 2002.**
- RICHARDS, P.W. **The tropical rain forest.** Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1952. 450 p.
- ROLIM, Samir Gonçalves; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do; JESUS, Renato Moraes de. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, n. 55, p. 49-69, jun. 1999.

- ROSE JR., C.E.; HALL, D.B.; SHIVER, B.D.; CLUTTER M.L.; BORDERS, B. A multilevel approach to individual tree survival prediction. **Forest Science**, v. 52, n. 1, p. 31-43, 2006.
- RUBIM, Sérgio. **Contestado: a guerra desconhecida**. 2008. Disponível em: <<http://contestadoaguerradesconhecida.blogspot.com/>>. Acesso em: 01 jul. 2008.
- RUEDA, Rafael Pinzín. Evolução histórica do extrativismo: o extrativismo na Amazônia. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/resex/textos/h2.htm>>. Acesso em: 01 abr. 2008.
- RYLANDS, Anthony B.; BRANDON, Katrina. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27-35. 2005.
- SANQUETTA, Carlos Roberto. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996. 49 p. (Série Didática n° 08).
- SARAIVA, Cláudio Luís Marramon. **Desenvolvimento de um método de manejo de mata natural mista, pela utilização da distribuição diamétrica**. 1988. 105 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SCHAAF, Luciano Budant; FIGUEIREDO FILHO, Afonso; GALVÃO, Franklin; SANQUETTA, Carlos Roberto. Alterações na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 1-23, mar./abr. 2006.
- SCHREUDER, H.T.; GREGOIRE, T.G.; WOOD, G.B. **Sampling methods for multiresources forest inventory**. New York: John Wiley, 1993. 446 p.
- SCOLFORO, José Roberto. **Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 182 p.
- SCOLFORO, José Roberto Soares ; PULZ, Frederico Aparecido; MELLO, José Márcio de; OLIVEIRA FILHO, Ary Teixeira de. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.
- SCOLFORO, José Roberto S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443 p.
- SENADO FEDERAL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: quadro comparativo. Brasília: Senado Federal, 1996. 708 p.
- SEPÚLVEDA, Sérgio. **Desarrollo rural sostenible – enfoque territorial**. Disponível em: http://www.fsa.ulaval.ca/personnel/vernag/eh/F/cause/lectures/desarrollo_rural_sostenible.htm. Acesso em: 04 maio 2008. (IICA – recibido 2005-03-30).
- SERÔA DA MOTTA, Ronaldo. **Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1995. 126 p.
- SHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOZUMI, K.; KIRA, T. A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. I. Basic analyses. **Japanese Journal of Ecology**, n. 14, p. 97-105, 1964.
- SHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOZUMI, K.; KIRA, T. A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. II. Further evidence of theory and its applications in forest ecology. **Japanese Journal of Ecology**, n. 14, p. 133-139, 1964a.
- SILVA, Antônio Cândido da. **Estrada de Ferro Madeira-Mamoré**. 2006. Disponível em: <http://www.portovelho.ro.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=73>. Acesso em: 01 maio 2008.
- SILVA, José de Arimatéa. **Quebrando castanha e cortando seringa**. 1. Ed. Seropédica: Editora da UFRuralRJ, 2003. 136 p.

SILVA, J. N. M. *et al.* Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, n. 71, p. 267-274, 1995.

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 f. These (Doctor of Philosophy). Oxford Forest Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, Oxford.

SILVA, José Natalino Macedo. **Manejo florestal**. Belém: EMBRAPA, 1996. 49 p.

SILVERT, William. The role of interactions in long-term population cycles. **Environmental Modeling and Assessment**, v. 2, p. 49-54, 1997.

SOARES, Paula; TOMÉ, Margarida; SKOVSGAARD, J. P.; VANCLAY, J. K. Evaluating a growth model for forest management using continuous forest inventory data. **Forest Ecology and Management**, n. 71, p. 251-265, 1995.

SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. San Francisco: Freeman, 1969. 776 p.

SOUZA, Agostinho Lopes de. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais**: alternativas de produção sustentada de madeiras para serraria. 1989. f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOUZA, Agostinho Lopes de; JARDIM, Fernando Cristóvam S. **Sistemas silviculturais aplicados às florestas tropicais**. Viçosa: SIF, 1993. 125 p. (Documento SIF 008)

SOUZA, Paulo Ferreira de. **Legislação florestal**: segunda parte - leis florestais dos Estados. Rio de Janeiro: Directoria de Estatística da Produção - Serviço de Irrigação, Reflorestamento e Colonização - Departamento Nacional da Produção Vegetal - Ministério da Agricultura, 1935. 402p.

SOUZA, Paulo Ferreira de. **Terminologia florestal**: glossário de termos e expressões florestais. Rio de Janeiro: IBGE, 1973. 304 p.

SPANGLER, George R. **Exploited populations and derivation of mortality expressions**: FW5601 – fisheries population analysis. Disponível em: <<http://www.cnr.umn.edu/fwcb/courses/FW5601/5601alab.htm>>. Acesso em: 01 abr 2008.

SPATA, Andressa. Mata Atlântica cada vez menor. **Ciência Hoje On-line em 28/05/08**. Disponível em: <[2008http://cienciahoje.uol.com.br/120847](http://cienciahoje.uol.com.br/120847)>. Acesso em: 01 jun. 2008.

SPATHELF, Peter; NUTTO, Leif. **Modelagem aplicada ao crescimento e produção florestal**. Santa Maria (RS): UFSM, 2000. 71 p.

STRUMINSKI, Edson. **José Bonifácio**: ambientalista de dois mundos. 2007. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=24048&op=all>>. Acesso em: 14 maio 2008.

SUCHEK, Valentin Irineu. **Brasil florestal**: miopia ou ignorância? 2.002. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao002/Artigos/Artigo002-16-A.htm>>. Acesso em: 04 maio 2008.

TECK, R.M.; HILT, D.E. **Individual-tree probability of survival model for the Northeastern United States**. Radnor: USDA Forest Service, 1990. 11 p. (Research Paper NE-642).

URBAN, H. Jörg. Modeling growth of different developmental stages in bivalves. **Marine Ecology Progress Series**, v. 238, p. 109-114, 2002.

VALLE, Denis Ribeiro do; VAN GARDINGEN, Paul. **Modelagem de crescimento e produção:** aplicações do SIMFLORA para ilustrar conceitos em cursos de eng. Florestal. Belém: IMAZON, 2003. 338 p.

VAN LEEUWEN, Johannes *et al.* **Desenvolvimento e avaliação de sistemas agroflorestais para a Amazônia.** Manaus: INPA, 1999. Disponível em: <<http://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/livro-PPD-1996-1999.pdf>> Acesso em: 04 maio 2008.

VANCLAY, J. K. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. **Forest Science**, v. 41, p. 7-42, 1995.

VANCLAY, J. K.; GILLISON, A. N.; KEENAN, R. J. Using plant functional attributes to quantify site productivity and growth patterns in mixed forests. **Forest Ecology and Management**, n. 94, p. 149-163, 1997.

VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Evaluating forest growth models. **Ecological modelling**, Amsterdam, v. 98, p. 1-12, 1997.

VANCLAY, Jerome K. **Modelling forest growth and yield.** Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

VANCLAY, Jerome K. Growth modelling and yield prediction for sustainable forest management. **The Malaysian Forester**, v. 66, n. 1, p. 58-69, 2003.

VERÍSSIMO, Adalberto; SOUZA JÚNIOR, Carlos; AMARAL, Paulo Henrique. **Identificação de áreas com potencial para criação de florestas nacionais na Amazônia Legal.** Brasília: MMA, 2000. 36 p.

VERÍSSIMO, Adalberto; SOUZA JUNIOR, Carlos; VIDAL, Edson; UHL, Christopher; LIMA, Erivelthon; GERWING, Jeffrey; COCHRANE, Mark; MONTEIRO, André; BRITO, Marky; SALOMÃO, Rodney. **Geração de uma base de informação para a utilização sustentável dos recursos florestais no estado do Pará.** (Resumo 18, p. 363-372). Disponível em: <<http://ftp.mct.gov.br/prog/ppg7/projetos/poj965.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2008.

VIDAL, Edson; VIANA, Virgílio Maurício; BATISTA, João Luís Ferreira. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 133-143, jun. 2002.

VIEIRA, Simone Aparecida. **Mudanças globais e taxa de crescimento arbóreo na Amazônia.** 2003. 103 f. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VOLPI, N.M.P.; CARNIERI, C.; SANQUETTA, C.R. Uma análise da influência da estocasticidade das informações sobre um modelo de programação linear. **Pesq. Oper.** v.20, n. 1, p. 101-115, 2000.

WADSWORTH, Frank H. **Producción forestal para América Tropical.** Washington, DC: USDA, Forest Service, 2000. 581 p. (Manual de Agricultura 710S; IUFRO-SPDC Textbook Project No. 3).

8. ANEXOS

8.1. Tabela A1 (lista de 1.061 árvores da Resex Aquariquara utilizadas na simulação)

8.2. Tabela A2 (lista de 123 espécies inventariadas na Resex Aquariquara)

8.3. Tabela A3 (lista com 31 famílias e 77 gêneros inventariadas na Resex Aquariquara)

Tabela A1. Dados de árvores individuais utilizados na modelagem, segundo número da árvore, código da espécie, classe de D_{max} , diâmetro observado, idade observada, altura comercial observada, idade de ingresso e de saída do sistema, altura assintótica, volume assintótico, índice de aproveitamento do fuste e valor comercial da madeira assintótico, das árvores com $DAP \geq 40$ cm, encontradas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0001	47	50	40,00	83,85	11	83,85	99,85	11,96	1,542	1,00	-
A0002	63	50	40,00	83,85	7	83,85	99,85	7,61	1,090	1,00	-
A0003	76	50	40,00	83,85	10	83,85	109,85	10,87	1,433	1,00	-
A0004	76	50	40,00	83,85	10	83,85	109,85	10,87	1,433	1,00	-
A0005	82	50	40,00	83,85	3	83,85	109,85	3,26	0,568	0,75	-
A0006	37	50	42,00	91,04	6	84,04	109,04	6,41	0,954	0,75	-
A0007	76	50	43,00	95,28	10	84,28	109,28	10,58	1,404	0,75	-
A0008	82	50	43,00	95,28	10	84,28	109,28	10,58	1,404	1,00	-
A0009	66	50	44,00	100,14	10	84,14	109,14	10,49	1,394	0,50	4,53
A0010	62	50	44,00	100,14	7	84,14	109,14	7,34	1,060	1,00	-
A0011	116	50	44,00	100,14	10	84,14	109,14	10,49	1,394	0,75	-
A0012	11	50	45,00	105,84	10	84,84	109,84	10,40	1,385	0,75	-
A0013	37	50	45,00	105,84	8	84,84	109,84	8,32	1,167	1,00	-
A0014	76	50	45,00	105,84	13	84,84	109,84	13,52	1,695	1,00	-
A0015	82	50	45,00	105,84	10	84,84	109,84	10,40	1,385	1,00	-
A0016	82	50	45,00	105,84	10	84,84	109,84	10,40	1,385	0,75	-
A0017	86	50	45,00	105,84	10	84,84	109,84	10,40	1,385	0,75	-
A0018	55	50	47,00	121,61	8	84,61	129,61	8,19	1,153	0,75	-
A0019	112	60	40,00	80,05	7	80,05	131,05	8,15	1,655	0,75	21,96
A0020	31	60	40,00	80,05	10	80,05	131,05	11,64	2,176	0,75	55,49
A0021	31	60	40,00	80,05	7	80,05	131,05	8,15	1,655	0,75	42,19
A0022	19	60	40,00	80,05	7	80,05	131,05	8,15	1,655	0,75	-
A0023	56	60	40,00	80,05	6	80,05	131,05	6,99	1,470	0,75	-
A0024	61	60	40,00	80,05	9	80,05	131,05	10,48	2,007	1,00	-
A0025	84	60	40,00	80,05	10	80,05	131,05	11,64	2,176	0,75	-
A0026	87	60	40,00	80,05	10	80,05	131,05	11,64	2,176	1,00	-
A0027	31	60	42,00	84,42	10	80,42	119,42	11,43	2,146	0,75	54,72
A0028	87	60	42,00	84,42	8	80,42	119,42	9,15	1,808	1,00	-
A0029	41	60	43,00	86,76	8	80,76	119,76	9,07	1,795	1,00	-
A0030	71	60	43,00	86,76	13	80,76	119,76	14,73	2,607	1,00	-
A0031	56	60	44,00	89,21	10	80,21	131,21	11,23	2,117	1,00	-
A0032	79	60	44,00	89,21	15	80,21	131,21	16,85	2,891	1,00	-
A0033	79	60	44,00	89,21	13	80,21	131,21	14,60	2,590	1,00	-
A0034	38	60	45,00	91,81	8	80,81	131,81	8,91	1,772	1,00	-
A0035	56	60	45,00	91,81	8	80,81	131,81	8,91	1,772	0,75	-
A0036	69	60	45,00	91,81	4	80,81	131,81	4,46	1,040	-	-
A0037	79	60	45,00	91,81	10	80,81	131,81	11,14	2,103	1,00	-
A0038	89	60	45,00	91,81	12	80,81	131,81	13,37	2,420	0,75	-
A0039	48	60	46,00	94,56	10	80,56	131,56	11,05	2,090	1,00	71,07
A0040	58	60	46,00	94,56	10	80,56	131,56	11,05	2,090	0,50	-
A0041	79	60	46,00	94,56	7	80,56	131,56	7,73	1,589	1,00	-
A0042	31	60	47,00	97,48	13	80,48	107,48	14,25	2,541	1,00	86,40
A0043	56	60	47,00	97,48	10	80,48	107,48	10,96	2,077	0,75	-
A0044	58	60	47,00	97,48	10	80,48	107,48	10,96	2,077	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0045	69	60	47,00	97,48	11	80,48	107,48	12,06	2,235	1,00	-
A0046	31	60	48,00	100,62	10	80,62	107,62	10,87	2,065	1,00	70,20
A0047	48	60	48,00	100,62	13	80,62	119,62	14,14	2,526	1,00	85,88
A0048	6	60	48,00	100,62	10	80,62	119,62	10,87	2,065	0,75	-
A0049	19	60	48,00	100,62	7	80,62	119,62	7,61	1,570	0,75	-
A0050	58	60	48,00	100,62	5	80,62	119,62	5,44	1,212	0,75	-
A0051	89	60	48,00	100,62	9	80,62	119,62	9,79	1,904	1,00	-
A0052	60	60	49,00	104,00	10	81,00	119,00	10,79	2,052	0,75	10,01
A0053	90	60	49,00	104,00	10	81,00	119,00	10,79	2,052	1,00	13,34
A0054	58	60	49,00	104,00	10	81,00	119,00	10,79	2,052	1,00	-
A0055	99	60	49,00	104,00	15	81,00	119,00	16,18	2,803	1,00	-
A0056	112	60	50,00	107,68	11	80,68	119,68	11,78	2,196	1,00	38,86
A0057	48	60	50,00	107,68	15	80,68	119,68	16,06	2,786	1,00	94,73
A0058	48	60	50,00	107,68	10	80,68	119,68	10,71	2,041	1,00	69,38
A0059	19	60	50,00	107,68	7	80,68	131,68	7,50	1,551	0,75	-
A0060	38	60	50,00	107,68	15	80,68	131,68	16,06	2,786	1,00	-
A0061	41	60	50,00	107,68	12	80,68	131,68	12,85	2,347	0,75	-
A0062	56	60	50,00	107,68	13	80,68	131,68	13,92	2,496	1,00	-
A0063	58	60	50,00	107,68	9	80,68	131,68	9,64	1,882	0,75	-
A0064	79	60	50,00	107,68	15	80,68	131,68	16,06	2,786	1,00	-
A0065	79	60	50,00	107,68	13	80,68	131,68	13,92	2,496	1,00	-
A0066	84	60	50,00	107,68	11	80,68	131,68	11,78	2,196	1,00	-
A0067	87	60	50,00	107,68	10	80,68	131,68	10,71	2,041	1,00	-
A0068	106	60	50,00	107,68	10	80,68	131,68	10,71	2,041	0,75	-
A0069	109	60	50,00	107,68	10	80,68	131,68	10,71	2,041	1,00	-
A0070	40	60	50,93	111,42	8	80,42	119,42	8,51	1,710	1,00	-
A0071	40	60	51,57	114,19	10	80,19	131,19	10,58	2,022	1,00	-
A0072	84	60	51,57	114,19	8	80,19	131,19	8,47	1,704	1,00	-
A0073	20	60	51,88	115,65	10	80,65	131,65	10,56	2,019	1,00	-
A0074	61	60	51,88	115,65	15	80,65	131,65	15,84	2,757	-	-
A0075	71	60	51,88	115,65	20	80,65	131,65	21,12	3,439	1,00	-
A0076	90	60	52,00	116,19	15	80,19	131,19	15,83	2,755	0,75	13,43
A0077	6	60	52,52	118,74	12	80,74	131,74	12,61	2,314	1,00	-
A0078	6	60	52,52	118,74	18	80,74	131,74	18,92	3,160	1,00	-
A0079	61	60	52,52	118,74	15	80,74	131,74	15,77	2,747	1,00	-
A0080	84	60	52,52	118,74	15	80,74	131,74	15,77	2,747	1,00	-
A0081	92	60	52,52	118,74	10	80,74	131,74	10,51	2,012	0,75	-
A0082	31	60	52,84	120,38	15	80,38	131,38	15,73	2,742	1,00	93,24
A0083	6	60	52,84	120,38	14	80,38	131,38	14,68	2,601	1,00	-
A0084	71	60	52,84	120,38	15	80,38	131,38	15,73	2,742	1,00	-
A0085	123	60	52,84	120,38	15	80,38	131,38	15,73	2,742	1,00	-
A0086	123	60	52,84	120,38	22	80,38	131,38	23,07	3,680	1,00	-
A0087	112	60	53,16	122,09	15	80,09	131,09	15,70	2,738	1,00	48,45
A0088	61	60	53,16	122,09	15	80,09	131,09	15,70	2,738	1,00	-
A0089	20	60	53,48	123,88	18	80,88	131,88	18,79	3,144	1,00	-
A0090	89	60	53,48	123,88	18	80,88	131,88	18,79	3,144	0,75	-
A0091	108	60	53,79	125,75	10	80,75	131,75	10,42	1,998	0,75	-
A0092	38	60	54,00	127,01	10	81,01	131,01	10,40	1,996	0,50	-
A0093	58	60	57,00	152,62	13	80,62	167,62	13,25	2,404	0,75	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0094	108	60	57,30	156,42	15	80,42	167,42	15,26	2,679	1,00	-
A0095	69	60	58,00	167,43	10	80,43	167,43	10,13	1,955	0,75	-
A0096	95	60	58,00	167,43	15	80,43	167,43	15,19	2,670	1,00	-
A0097	25	70	40,00	80,77	15	80,77	111,77	18,50	4,230	1,00	-
A0098	25	70	40,00	80,77	10	80,77	125,77	12,34	3,098	1,00	-
A0099	85	70	40,00	80,77	10	80,77	139,77	12,34	3,098	0,50	-
A0100	121	70	40,00	80,77	12	80,77	153,77	14,80	3,563	1,00	-
A0101	68	70	43,00	86,16	13	81,16	111,16	15,61	3,711	1,00	-
A0102	2	70	44,00	88,05	10	81,05	111,05	11,90	3,014	1,00	19,59
A0103	2	70	45,00	90,00	13	81,00	111,00	15,34	3,663	1,00	23,81
A0104	18	70	45,00	90,00	13	81,00	111,00	15,34	3,663	1,00	-
A0105	18	70	45,00	90,00	6	81,00	111,00	7,08	2,022	1,00	-
A0106	25	70	45,00	90,00	9	81,00	111,00	10,62	2,761	0,75	-
A0107	25	70	45,00	90,00	10	81,00	111,00	11,80	2,994	1,00	-
A0108	85	70	45,00	90,00	6	81,00	111,00	7,08	2,022	0,75	-
A0109	85	70	45,00	90,00	10	81,00	111,00	11,80	2,994	0,75	-
A0110	25	70	46,00	92,02	10	81,02	111,02	11,71	2,975	0,75	-
A0111	2	70	47,00	94,10	10	81,10	111,10	11,61	2,957	0,75	14,42
A0112	67	70	47,00	94,10	13	81,10	111,10	15,10	3,617	0,75	17,63
A0113	2	70	48,00	96,25	13	81,25	125,25	14,98	3,595	0,75	17,53
A0114	2	70	48,00	96,25	13	81,25	139,25	14,98	3,595	0,75	17,53
A0115	85	70	48,00	96,25	10	81,25	153,25	11,52	2,939	1,00	-
A0116	25	70	49,00	98,49	10	81,49	111,49	11,43	2,922	0,75	-
A0117	85	70	49,00	98,49	15	81,49	111,49	17,15	3,989	1,00	-
A0118	93	70	49,00	98,49	7	81,49	111,49	8,00	2,221	0,75	-
A0119	2	70	50,00	100,82	9	80,82	111,82	10,21	2,679	0,75	13,06
A0120	2	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	1,00	18,88
A0121	67	70	50,00	100,82	9	80,82	111,82	10,21	2,679	1,00	17,41
A0122	67	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	0,75	14,16
A0123	67	70	50,00	100,82	9	80,82	111,82	10,21	2,679	0,75	13,06
A0124	67	70	50,00	100,82	2	80,82	111,82	2,27	0,844	0,75	4,11
A0125	67	70	50,00	100,82	9	80,82	111,82	10,21	2,679	1,00	17,41
A0126	67	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	0,75	14,16
A0127	67	70	50,00	100,82	15	80,82	111,82	17,02	3,966	1,00	25,78
A0128	67	70	50,00	100,82	13	80,82	111,82	14,75	3,553	1,00	23,10
A0129	18	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	0,75	-
A0130	25	70	50,00	100,82	9	80,82	111,82	10,21	2,679	0,75	-
A0131	25	70	50,00	100,82	13	80,82	111,82	14,75	3,553	1,00	-
A0132	25	70	50,00	100,82	13	80,82	111,82	14,75	3,553	1,00	-
A0133	68	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	1,00	-
A0134	93	70	50,00	100,82	10	80,82	111,82	11,35	2,905	1,00	-
A0135	119	70	50,00	100,82	11	80,82	111,82	12,48	3,125	1,00	-
A0136	121	70	50,00	100,82	15	80,82	111,82	17,02	3,966	0,75	-
A0137	25	70	50,93	103,07	10	81,07	111,07	11,27	2,889	0,75	-
A0138	10	70	51,57	104,67	12	81,67	111,67	13,46	3,312	1,00	-
A0139	13	70	51,57	104,67	20	81,67	111,67	22,43	4,904	1,00	-
A0140	25	70	51,57	104,67	12	81,67	111,67	13,46	3,312	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0141	25	70	51,57	104,67	20	81,67	111,67	22,43	4,904	1,00	-
A0142	119	70	51,57	104,67	10	81,67	111,67	11,21	2,879	1,00	-
A0143	18	70	51,88	105,49	20	81,49	111,49	22,38	4,895	1,00	-
A0144	25	70	51,88	105,49	15	81,49	111,49	16,78	3,924	1,00	-
A0145	25	70	51,88	105,49	20	81,49	111,49	22,38	4,895	1,00	-
A0146	121	70	52,00	105,79	18	80,79	111,79	20,12	4,511	1,00	-
A0147	2	70	52,20	106,32	12	81,32	111,32	13,40	3,300	1,00	21,45
A0148	5	70	52,20	106,32	12	81,32	111,32	13,40	3,300	0,75	-
A0149	10	70	52,20	106,32	15	81,32	111,32	16,75	3,917	1,00	-
A0150	25	70	52,20	106,32	20	81,32	111,32	22,33	4,886	1,00	-
A0151	93	70	52,20	106,32	10	81,32	111,32	11,16	2,869	1,00	-
A0152	2	70	52,52	107,16	12	81,16	111,16	13,37	3,294	1,00	21,41
A0153	2	70	52,52	107,16	12	81,16	111,16	13,37	3,294	1,00	21,41
A0154	67	70	52,52	107,16	15	81,16	111,16	16,71	3,910	0,75	19,06
A0155	5	70	52,52	107,16	20	81,16	111,16	22,28	4,878	1,00	-
A0156	25	70	52,52	107,16	18	81,16	111,16	20,05	4,498	1,00	-
A0157	25	70	52,52	107,16	15	81,16	111,16	16,71	3,910	1,00	-
A0158	119	70	52,52	107,16	8	81,16	111,16	8,91	2,413	0,75	-
A0159	2	70	52,84	108,02	8	81,02	111,02	8,89	2,408	0,75	11,74
A0160	2	70	52,84	108,02	15	81,02	111,02	16,67	3,904	1,00	25,37
A0161	2	70	52,84	108,02	15	81,02	111,02	16,67	3,904	1,00	25,37
A0162	5	70	52,84	108,02	15	81,02	111,02	16,67	3,904	1,00	-
A0163	85	70	53,00	108,46	9	81,46	111,46	9,99	2,634	1,00	-
A0164	5	70	53,16	108,89	20	80,89	111,89	22,18	4,861	1,00	-
A0165	18	70	53,16	108,89	15	80,89	111,89	16,63	3,897	1,00	-
A0166	18	70	53,48	109,78	15	80,78	111,78	16,59	3,890	0,75	-
A0167	67	70	53,79	110,68	18	81,68	111,68	19,87	4,467	1,00	29,04
A0168	5	70	53,79	110,68	21	81,68	111,68	23,18	5,029	1,00	-
A0169	13	70	53,79	110,68	12	81,68	111,68	13,25	3,272	0,75	-
A0170	18	70	53,79	110,68	18	81,68	111,68	19,87	4,467	1,00	-
A0171	25	70	53,79	110,68	8	81,68	111,68	8,83	2,396	1,00	-
A0172	25	70	53,79	110,68	15	81,68	111,68	16,56	3,884	1,00	-
A0173	25	70	53,79	110,68	20	81,68	125,68	22,08	4,844	1,00	-
A0174	67	70	54,00	111,27	13	81,27	139,27	14,33	3,475	1,00	22,59
A0175	25	70	57,30	121,79	12	80,79	153,79	12,94	3,213	1,00	-
A0176	67	70	60,00	132,50	12	81,50	153,50	12,71	3,170	0,75	15,46
A0177	67	70	60,00	132,50	13	81,50	153,50	13,77	3,371	1,00	21,91
A0178	67	70	60,00	132,50	10	81,50	153,50	10,60	2,756	1,00	17,91
A0179	8	70	60,00	132,50	10	81,50	153,50	10,60	2,756	0,75	-
A0180	25	70	60,00	132,50	9	81,50	153,50	9,54	2,542	1,00	-
A0181	121	70	60,00	132,50	13	81,50	153,50	13,77	3,371	1,00	-
A0182	2	70	62,00	142,34	7	81,34	153,34	7,33	2,076	0,75	10,12
A0183	10	70	63,00	148,18	11	81,18	153,18	11,44	2,924	1,00	-
A0184	2	70	63,66	152,50	19	81,50	153,50	19,69	4,436	1,00	28,84
A0185	5	70	63,66	152,50	15	81,50	153,50	15,54	3,700	-	-
A0186	13	70	63,66	152,50	22	81,50	153,50	22,80	4,965	1,00	-
A0187	18	70	63,66	152,50	20	81,50	153,50	20,72	4,615	1,00	-
A0188	25	70	68,00	201,87	20	80,87	209,87	20,22	4,528	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0189	114	80	40,00	82,92	2	82,92	143,92	2,59	1,222	1,00	7,94
A0190	32	80	40,00	82,92	6	82,92	143,92	7,78	2,841	0,75	37,71
A0191	29	80	40,00	82,92	10	82,92	143,92	12,97	4,206	0,75	-
A0192	45	80	41,00	84,50	7	83,50	159,50	9,00	3,175	0,75	-
A0193	114	80	44,00	89,39	11	83,39	159,39	13,77	4,403	1,00	28,62
A0194	114	80	44,00	89,39	10	83,39	159,39	12,51	4,092	1,00	26,60
A0195	32	80	44,00	89,39	8	83,39	159,39	10,01	3,447	1,00	61,02
A0196	3	80	45,00	91,08	13	83,08	159,08	16,13	4,974	1,00	32,33
A0197	114	80	45,00	91,08	15	83,08	159,08	18,61	5,552	1,00	36,09
A0198	7	80	45,00	91,08	10	83,08	159,08	12,41	4,066	0,75	-
A0199	29	80	45,00	91,08	11	83,08	159,08	13,65	4,375	1,00	-
A0200	42	80	45,00	91,08	13	83,08	159,08	16,13	4,974	0,75	-
A0201	45	80	45,00	91,08	10	83,08	159,08	12,41	4,066	0,50	-
A0202	45	80	45,00	91,08	10	83,08	175,08	12,41	4,066	1,00	-
A0203	91	80	45,00	91,08	10	83,08	175,08	12,41	4,066	0,75	-
A0204	114	80	46,00	92,80	10	83,80	191,80	12,31	4,040	1,00	26,26
A0205	91	80	46,00	92,80	13	83,80	207,80	16,00	4,942	1,00	-
A0206	114	80	47,00	94,56	10	83,56	223,56	12,21	4,015	0,75	19,57
A0207	114	80	48,00	96,36	11	83,36	111,36	13,32	4,294	1,00	27,91
A0208	45	80	48,00	96,36	10	83,36	111,36	12,11	3,991	0,50	-
A0209	72	80	48,00	96,36	11	83,36	111,36	13,32	4,294	1,00	-
A0210	91	80	49,00	98,20	15	83,20	111,20	18,03	5,417	1,00	-
A0211	114	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	0,75	19,23
A0212	114	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	0,75	19,23
A0213	114	80	50,00	100,08	13	83,08	111,08	15,51	4,825	0,50	15,68
A0214	114	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	0,75	19,23
A0215	114	80	50,00	100,08	9	83,08	111,08	10,74	3,637	0,75	17,73
A0216	32	80	50,00	100,08	18	83,08	111,08	21,47	6,195	0,75	82,24
A0217	32	80	50,00	100,08	6	83,08	111,08	7,16	2,664	1,00	47,15
A0218	45	80	50,00	100,08	11	83,08	111,08	13,12	4,244	1,00	-
A0219	45	80	50,00	100,08	13	83,08	111,08	15,51	4,825	1,00	-
A0220	45	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	0,75	-
A0221	45	80	50,00	100,08	13	83,08	111,08	15,51	4,825	1,00	-
A0222	73	80	50,00	100,08	5	83,08	111,08	5,96	2,316	0,75	-
A0223	73	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	1,00	-
A0224	81	80	50,00	100,08	15	83,08	111,08	17,89	5,386	0,75	-
A0225	91	80	50,00	100,08	13	83,08	111,08	15,51	4,825	0,75	-
A0226	98	80	50,00	100,08	8	83,08	111,08	9,54	3,323	1,00	-
A0227	98	80	50,00	100,08	10	83,08	111,08	11,93	3,944	1,00	-
A0228	114	80	50,93	101,88	15	83,88	111,88	17,77	5,357	-	-
A0229	23	80	51,25	102,50	12	83,50	127,50	14,18	4,505	1,00	-
A0230	114	80	51,57	103,13	15	83,13	127,13	17,69	5,338	1,00	34,70
A0231	32	80	51,57	103,13	15	83,13	127,13	17,69	5,338	1,00	94,48
A0232	45	80	51,57	103,13	8	83,13	127,13	9,43	3,293	0,75	-
A0233	72	80	51,57	103,13	20	83,13	127,13	23,58	6,658	1,00	-
A0234	114	80	51,88	103,77	15	83,77	127,77	17,65	5,328	0,75	25,98
A0235	50	80	51,88	103,77	15	83,77	127,77	17,65	5,328	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0236	50	80	51,88	103,77	12	83,77	127,77	14,12	4,489	-	-
A0237	114	80	52,20	104,41	12	83,41	127,41	14,08	4,481	0,75	21,85
A0238	73	80	52,20	104,41	10	83,41	127,41	11,74	3,895	1,00	-
A0239	114	80	52,52	105,06	10	83,06	127,06	11,71	3,889	1,00	25,28
A0240	45	80	52,52	105,06	15	83,06	127,06	17,57	5,310	1,00	-
A0241	73	80	52,52	105,06	12	83,06	127,06	14,05	4,473	1,00	-
A0242	114	80	52,84	105,71	15	83,71	143,71	17,53	5,301	1,00	34,45
A0243	114	80	52,84	105,71	20	83,71	143,71	23,37	6,612	1,00	42,98
A0244	111	80	52,84	105,71	15	83,71	143,71	17,53	5,301	1,00	93,82
A0245	111	80	52,84	105,71	12	83,71	143,71	14,02	4,465	1,00	79,04
A0246	45	80	52,84	105,71	15	83,71	143,71	17,53	5,301	1,00	-
A0247	50	80	52,84	105,71	12	83,71	143,71	14,02	4,465	1,00	-
A0248	72	80	52,84	105,71	15	83,71	143,71	17,53	5,301	1,00	-
A0249	72	80	52,84	105,71	12	83,71	143,71	14,02	4,465	1,00	-
A0250	73	80	52,84	105,71	15	83,71	143,71	17,53	5,301	0,75	-
A0251	114	80	53,00	106,04	10	83,04	143,04	11,67	3,878	0,75	18,91
A0252	45	80	53,16	106,37	15	83,37	143,37	17,49	5,291	1,00	-
A0253	73	80	53,16	106,37	15	83,37	143,37	17,49	5,291	1,00	-
A0254	114	80	53,48	107,04	20	83,04	159,04	23,26	6,589	1,00	42,83
A0255	45	80	53,48	107,04	15	83,04	159,04	17,45	5,282	1,00	-
A0256	73	80	53,48	107,04	15	83,04	159,04	17,45	5,282	1,00	-
A0257	98	80	53,48	107,04	20	83,04	159,04	23,26	6,589	1,00	-
A0258	111	80	53,79	107,71	22	83,71	159,71	25,53	7,077	1,00	125,27
A0259	111	80	53,79	107,71	18	83,71	159,71	20,89	6,066	1,00	107,37
A0260	111	80	53,79	107,71	20	83,71	159,71	23,21	6,577	1,00	116,42
A0261	23	80	53,79	107,71	15	83,71	159,71	17,41	5,273	1,00	-
A0262	29	80	53,79	107,71	20	83,71	159,71	23,21	6,577	1,00	-
A0263	3	80	54,00	108,15	10	83,15	159,15	11,59	3,858	1,00	25,07
A0264	114	80	54,11	108,39	15	83,39	175,39	17,37	5,264	1,00	34,22
A0265	114	80	55,00	110,32	11	83,32	175,32	12,66	4,129	1,00	26,84
A0266	32	80	55,00	110,32	20	83,32	191,32	23,02	6,536	0,75	86,76
A0267	32	80	55,00	110,32	10	83,32	207,32	11,51	3,837	0,75	50,94
A0268	44	80	55,00	110,32	6	83,32	223,32	6,91	2,592	0,50	-
A0269	80	80	56,00	112,56	9	83,56	159,56	10,29	3,521	1,00	-
A0270	114	80	57,00	114,88	20	83,88	159,88	22,71	6,469	1,00	42,05
A0271	114	80	57,30	115,59	18	83,59	159,59	20,40	5,957	1,00	38,72
A0272	32	80	59,00	119,80	10	83,80	159,80	11,21	3,760	1,00	66,56
A0273	42	80	60,00	122,41	11	83,41	159,41	12,25	4,027	0,75	-
A0274	45	80	60,00	122,41	11	83,41	159,41	12,25	4,027	0,50	-
A0275	45	80	60,00	122,41	15	83,41	159,41	16,71	5,110	1,00	-
A0276	73	80	60,00	122,41	12	83,41	159,41	13,37	4,305	0,75	-
A0277	73	80	60,00	122,41	20	83,41	175,41	22,28	6,374	1,00	-
A0278	73	80	60,16	122,84	26	83,84	175,84	28,93	7,791	1,00	-
A0279	114	80	61,00	125,14	11	83,14	191,14	12,18	4,007	1,00	26,05
A0280	45	80	62,00	127,99	10	82,99	207,99	11,00	3,707	1,00	-
A0281	98	80	62,00	127,99	12	82,99	223,99	13,20	4,264	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA aprov.	R_a (R\$)
A0282	45	80	63,00	130,99	10	82,99	159,99	10,94	3,690	0,50	-
A0283	73	80	63,00	130,99	10	82,99	159,99	10,94	3,690	0,75	-
A0284	111	80	63,66	133,07	10	83,07	159,07	10,89	3,679	-	-
A0285	23	80	63,66	133,07	20	83,07	159,07	21,79	6,266	1,00	-
A0286	29	80	63,66	133,07	22	83,07	159,07	23,97	6,742	1,00	-
A0287	29	80	63,66	133,07	20	83,07	159,07	21,79	6,266	1,00	-
A0288	50	80	63,66	133,07	23	83,07	159,07	25,06	6,976	1,00	-
A0289	73	80	63,66	133,07	18	83,07	175,07	19,61	5,779	1,00	-
A0290	111	80	64,00	134,16	10	83,16	175,16	10,87	3,673	0,75	48,76
A0291	114	80	65,00	137,51	10	83,51	191,51	10,81	3,657	0,75	17,83
A0292	32	80	65,00	137,51	12	83,51	207,51	12,97	4,207	1,00	74,46
A0293	42	80	66,00	141,07	13	83,07	223,07	13,97	4,454	1,00	-
A0294	114	80	70,00	158,18	13	83,18	159,18	13,67	4,379	0,75	21,35
A0295	32	80	70,00	158,18	11	83,18	159,18	11,57	3,852	1,00	68,17
A0296	32	80	70,00	158,18	13	83,18	159,18	13,67	4,379	1,00	77,51
A0297	44	80	70,00	158,18	9	83,18	159,18	9,46	3,301	1,00	-
A0298	32	80	70,03	158,32	20	83,32	159,32	21,02	6,096	1,00	107,90
A0299	111	80	70,03	158,32	22	83,32	175,32	23,13	6,559	1,00	116,10
A0300	111	80	70,03	158,32	10	83,32	175,32	10,51	3,579	1,00	63,35
A0301	23	80	70,03	158,32	20	83,32	191,32	21,02	6,096	1,00	-
A0302	50	80	70,03	158,32	20	83,32	207,32	21,02	6,096	1,00	-
A0303	73	80	70,03	158,32	20	83,32	223,32	21,02	6,096	1,00	-
A0304	114	80	73,00	175,98	13	82,98	207,98	13,45	4,326	0,75	21,09
A0305	96	80	73,00	175,98	20	82,98	223,98	20,70	6,023	1,00	-
A0306	54	80	74,00	183,61	20	83,61	223,61	20,59	6,000	1,00	-
A0307	81	80	75,00	192,57	11	83,57	223,57	11,27	3,776	1,00	-
A0308	45	80	77,00	217,51	13	83,51	223,51	13,19	4,260	1,00	-
A0309	105	80	77,00	217,51	15	83,51	223,51	15,22	4,755	1,00	-
A0310	21	90	40,00	85,69	7	85,69	125,69	9,49	4,188	0,75	20,42
A0311	21	90	40,00	85,69	5	85,69	125,69	6,78	3,234	0,75	15,77
A0312	21	90	40,00	85,69	9	85,69	125,69	12,20	5,080	1,00	33,02
A0313	21	90	40,00	85,69	5	85,69	125,69	6,78	3,234	1,00	21,02
A0314	21	90	40,00	85,69	8	85,69	125,69	10,84	4,641	0,75	22,62
A0315	4	90	40,00	85,69	10	85,69	125,69	13,56	5,509	1,00	-
A0316	74	90	40,00	85,69	12	85,69	125,69	16,27	6,337	0,75	-
A0317	78	90	40,00	85,69	10	85,69	125,69	13,56	5,509	0,75	-
A0318	21	90	41,00	87,17	7	86,17	125,17	9,40	4,159	0,75	20,27
A0319	21	90	41,00	87,17	10	86,17	143,17	13,43	5,470	0,75	26,67
A0320	17	90	41,00	87,17	11	86,17	143,17	14,77	5,885	0,75	78,13
A0321	78	90	41,00	87,17	11	86,17	143,17	14,77	5,885	-	-
A0322	122	90	41,00	87,17	10	86,17	143,17	13,43	5,470	0,75	-
A0323	21	90	42,00	88,68	6	86,68	143,68	7,99	3,669	0,75	17,89
A0324	21	90	42,00	88,68	7	86,68	143,68	9,32	4,130	0,75	20,13
A0325	74	90	42,00	88,68	10	86,68	143,68	13,31	5,432	1,00	-
A0326	122	90	42,00	88,68	12	86,68	143,68	15,97	6,249	1,00	-
A0327	122	90	42,00	88,68	11	86,68	143,68	14,64	5,845	0,75	-
A0328	122	90	42,00	88,68	8	86,68	143,68	10,65	4,576	1,00	-
A0329	21	90	43,00	90,19	4	86,19	107,19	5,28	2,669	0,75	13,01
A0330	21	90	43,00	90,19	5	86,19	107,19	6,60	3,168	0,75	15,44

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA aprov.	R_a (R\$)
A0331	21	90	43,00	90,19	7	86,19	107,19	9,24	4,102	0,75	20,00
A0332	21	90	43,00	90,19	10	86,19	107,19	13,19	5,395	1,00	35,07
A0333	21	90	43,00	90,19	10	86,19	107,19	13,19	5,395	1,00	35,07
A0334	22	90	43,00	90,19	10	86,19	107,19	13,19	5,395	0,75	-
A0335	122	90	43,00	90,19	15	86,19	107,19	19,79	7,367	1,00	-
A0336	21	90	44,00	91,73	9	85,73	107,73	11,77	4,943	0,75	24,10
A0337	1	90	45,00	93,29	8	86,29	107,29	10,38	4,486	0,75	21,87
A0338	21	90	45,00	93,29	10	86,29	107,29	12,97	5,325	0,75	25,96
A0339	21	90	45,00	93,29	15	86,29	107,29	19,45	7,271	1,00	47,26
A0340	21	90	45,00	93,29	10	86,29	107,29	12,97	5,325	0,75	25,96
A0341	21	90	45,00	93,29	7	86,29	107,29	9,08	4,049	0,75	19,74
A0342	21	90	45,00	93,29	5	86,29	107,29	6,48	3,126	1,00	20,32
A0343	21	90	45,00	93,29	10	86,29	107,29	12,97	5,325	1,00	34,61
A0344	21	90	45,00	93,29	8	86,29	107,29	10,38	4,486	1,00	29,16
A0345	21	90	45,00	93,29	7	86,29	107,29	9,08	4,049	1,00	26,32
A0346	21	90	45,00	93,29	7	86,29	107,29	9,08	4,049	0,75	19,74
A0347	21	90	45,00	93,29	10	86,29	107,29	12,97	5,325	1,00	34,61
A0348	21	90	45,00	93,29	7	86,29	107,29	9,08	4,049	1,00	26,32
A0349	24	90	45,00	93,29	13	86,29	107,29	16,86	6,514	1,00	-
A0350	24	90	45,00	93,29	11	86,29	107,29	14,27	5,729	0,75	-
A0351	36	90	45,00	93,29	15	86,29	107,29	19,45	7,271	1,00	-
A0352	74	90	45,00	93,29	10	86,29	107,29	12,97	5,325	1,00	-
A0353	100	90	45,00	93,29	7	86,29	107,29	9,08	4,049	0,75	-
A0354	100	90	45,00	93,29	5	86,29	107,29	6,48	3,126	0,75	-
A0355	21	90	46,00	94,86	8	85,86	107,86	10,29	4,458	1,00	28,98
A0356	4	90	46,00	94,86	5	85,86	107,86	6,43	3,107	1,00	-
A0357	78	90	47,00	96,46	10	86,46	107,46	12,76	5,259	0,75	-
A0358	100	90	47,00	96,46	10	86,46	107,46	12,76	5,259	0,75	-
A0359	100	90	47,00	96,46	10	86,46	107,46	12,76	5,259	0,75	-
A0360	122	90	47,00	96,46	11	86,46	107,46	14,04	5,658	0,75	-
A0361	1	90	48,00	98,08	14	86,08	107,08	17,72	6,769	1,00	44,00
A0362	21	90	48,00	98,08	10	86,08	107,08	12,66	5,227	1,00	33,97
A0363	17	90	48,00	98,08	10	86,08	107,08	12,66	5,227	0,75	69,39
A0364	24	90	48,00	98,08	20	86,08	107,08	25,32	8,902	1,00	-
A0365	30	90	48,00	98,08	13	86,08	107,08	16,46	6,394	0,75	-
A0366	74	90	48,00	98,08	10	86,08	107,08	12,66	5,227	1,00	-
A0367	1	90	49,00	99,73	7	85,73	107,73	8,79	3,950	1,00	25,68
A0368	21	90	49,00	99,73	10	85,73	107,73	12,56	5,196	1,00	33,77
A0369	21	90	49,00	99,73	8	85,73	107,73	10,05	4,377	0,75	21,34
A0370	21	90	49,00	99,73	9	85,73	107,73	11,31	4,792	1,00	31,15
A0371	21	90	49,00	99,73	8	85,73	107,73	10,05	4,377	1,00	28,45
A0372	24	90	49,00	99,73	8	85,73	107,73	10,05	4,377	1,00	-
A0373	78	90	49,00	99,73	13	85,73	107,73	16,33	6,356	1,00	-
A0374	122	90	49,00	99,73	10	85,73	107,73	12,56	5,196	0,50	-
A0375	1	90	50,00	101,40	11	86,40	107,40	13,71	5,558	1,00	36,13
A0376	1	90	50,00	101,40	8	86,40	107,40	9,97	4,352	1,00	28,29
A0377	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0378	21	90	50,00	101,40	6	86,40	107,40	7,48	3,489	0,75	17,01
A0379	21	90	50,00	101,40	8	86,40	107,40	9,97	4,352	0,75	21,22
A0380	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	0,75	25,18
A0381	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0382	21	90	50,00	101,40	7	86,40	107,40	8,73	3,928	1,00	25,53
A0383	21	90	50,00	101,40	7	86,40	107,40	8,73	3,928	1,00	25,53
A0384	21	90	50,00	101,40	8	86,40	107,40	9,97	4,352	1,00	28,29
A0385	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0386	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0387	21	90	50,00	101,40	6	86,40	107,40	7,48	3,489	1,00	22,68
A0388	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0389	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0390	21	90	50,00	101,40	5	86,40	107,40	6,23	3,033	1,00	19,71
A0391	21	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	33,58
A0392	21	90	50,00	101,40	6	86,40	107,40	7,48	3,489	0,75	17,01
A0393	17	90	50,00	101,40	15	86,40	107,40	18,70	7,054	1,00	124,85
A0394	4	90	50,00	101,40	15	86,40	107,40	18,70	7,054	1,00	-
A0395	24	90	50,00	101,40	20	86,40	107,40	24,93	8,798	1,00	-
A0396	24	90	50,00	101,40	13	86,40	107,40	16,21	6,319	1,00	-
A0397	24	90	50,00	101,40	13	86,40	107,40	16,21	6,319	1,00	-
A0398	36	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	-
A0399	36	90	50,00	101,40	11	86,40	107,40	13,71	5,558	1,00	-
A0400	74	90	50,00	101,40	12	86,40	107,40	14,96	5,942	1,00	-
A0401	74	90	50,00	101,40	11	86,40	107,40	13,71	5,558	0,75	-
A0402	74	90	50,00	101,40	11	86,40	107,40	13,71	5,558	0,75	-
A0403	78	90	50,00	101,40	7	86,40	107,40	8,73	3,928	0,50	-
A0404	78	90	50,00	101,40	13	86,40	107,40	16,21	6,319	0,75	-
A0405	78	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	-
A0406	100	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	0,75	-
A0407	100	90	50,00	101,40	11	86,40	107,40	13,71	5,558	0,75	-
A0408	122	90	50,00	101,40	15	86,40	107,40	18,70	7,054	1,00	-
A0409	122	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	-
A0410	122	90	50,00	101,40	9	86,40	107,40	11,22	4,764	1,00	-
A0411	122	90	50,00	101,40	10	86,40	107,40	12,47	5,166	1,00	-
A0412	1	90	50,93	102,99	15	85,99	107,99	18,57	7,016	1,00	45,61
A0413	21	90	50,93	102,99	8	85,99	107,99	9,91	4,329	0,75	21,10
A0414	21	90	50,93	102,99	12	85,99	107,99	14,86	5,911	1,00	38,42
A0415	21	90	50,93	102,99	10	85,99	107,99	12,38	5,138	1,00	33,40
A0416	4	90	50,93	102,99	19	85,99	107,99	23,52	8,413	1,00	-
A0417	78	90	50,93	102,99	15	85,99	107,99	18,57	7,016	1,00	-
A0418	24	90	51,00	103,11	15	86,11	107,11	18,56	7,013	0,75	-
A0419	4	90	51,25	103,53	15	86,53	107,53	18,53	7,004	1,00	-
A0420	1	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	1,00	33,28
A0421	1	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	0,75	24,96
A0422	1	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	0,75	24,96
A0423	21	90	51,57	104,08	15	86,08	107,08	18,49	6,991	1,00	45,44
A0424	21	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	1,00	33,28
A0425	4	90	51,57	104,08	12	86,08	107,08	14,79	5,890	1,00	-
A0426	4	90	51,57	104,08	15	86,08	107,08	18,49	6,991	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0427	4	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	1,00	-
A0428	4	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	1,00	-
A0429	4	90	51,57	104,08	12	86,08	107,08	14,79	5,890	1,00	-
A0430	74	90	51,57	104,08	20	86,08	107,08	24,65	8,720	1,00	-
A0431	78	90	51,57	104,08	10	86,08	107,08	12,32	5,120	-	-
A0432	100	90	51,57	104,08	12	86,08	107,08	14,79	5,890	1,00	-
A0433	122	90	51,57	104,08	15	86,08	107,08	18,49	6,991	1,00	-
A0434	17	90	51,88	104,64	10	86,64	107,64	12,30	5,111	-	-
A0435	4	90	51,88	104,64	8	86,64	107,64	9,84	4,306	0,75	-
A0436	21	90	52,00	104,84	5	85,84	107,84	6,14	2,999	0,75	14,62
A0437	17	90	52,20	105,19	15	86,19	107,19	18,40	6,966	1,00	123,31
A0438	74	90	52,20	105,19	15	86,19	107,19	18,40	6,966	1,00	-
A0439	74	90	52,20	105,19	10	86,19	125,19	12,27	5,102	1,00	-
A0440	78	90	52,20	105,19	1	86,19	125,19	1,23	0,870	0,75	-
A0441	1	90	52,52	105,75	18	85,75	125,75	22,03	8,000	1,00	52,00
A0442	4	90	52,52	105,75	10	85,75	125,75	12,24	5,093	1,00	-
A0443	4	90	52,52	105,75	12	85,75	125,75	14,69	5,859	1,00	-
A0444	74	90	52,52	105,75	15	85,75	125,75	18,36	6,954	1,00	-
A0445	78	90	52,52	105,75	12	85,75	125,75	14,69	5,859	1,00	-
A0446	78	90	52,52	105,75	12	85,75	125,75	14,69	5,859	1,00	-
A0447	100	90	52,52	105,75	10	85,75	125,75	12,24	5,093	1,00	-
A0448	100	90	52,52	105,75	8	85,75	125,75	9,79	4,291	1,00	-
A0449	1	90	52,84	106,32	12	86,32	125,32	14,65	5,848	1,00	38,02
A0450	21	90	52,84	106,32	12	86,32	125,32	14,65	5,848	0,75	28,51
A0451	21	90	52,84	106,32	15	86,32	125,32	18,32	6,942	1,00	45,12
A0452	21	90	52,84	106,32	12	86,32	125,32	14,65	5,848	1,00	38,02
A0453	21	90	52,84	106,32	11	86,32	125,32	13,43	5,470	1,00	35,56
A0454	4	90	52,84	106,32	18	86,32	125,32	21,98	7,986	1,00	-
A0455	4	90	52,84	106,32	6	86,32	125,32	7,33	3,434	1,00	-
A0456	4	90	52,84	106,32	15	86,32	125,32	18,32	6,942	1,00	-
A0457	22	90	52,84	106,32	12	86,32	125,32	14,65	5,848	1,00	-
A0458	78	90	52,84	106,32	15	86,32	125,32	18,32	6,942	1,00	-
A0459	122	90	52,84	106,32	15	86,32	125,32	18,32	6,942	1,00	-
A0460	1	90	53,00	106,60	13	86,60	125,60	15,86	6,214	1,00	40,39
A0461	1	90	53,00	106,60	10	86,60	125,60	12,20	5,080	1,00	33,02
A0462	21	90	53,00	106,60	9	86,60	125,60	10,98	4,685	1,00	30,45
A0463	4	90	53,00	106,60	10	86,60	125,60	12,20	5,080	0,75	-
A0464	24	90	53,00	106,60	15	86,60	125,60	18,30	6,936	0,50	-
A0465	4	90	53,16	106,89	20	85,89	125,89	24,37	8,644	1,00	-
A0466	22	90	53,16	106,89	10	85,89	125,89	12,18	5,075	-	-
A0467	22	90	53,16	106,89	20	85,89	125,89	24,37	8,644	1,00	-
A0468	74	90	53,16	106,89	10	85,89	125,89	12,18	5,075	1,00	-
A0469	122	90	53,16	106,89	14	85,89	143,89	17,06	6,572	1,00	-
A0470	1	90	53,48	107,46	15	86,46	143,46	18,24	6,918	1,00	44,97
A0471	17	90	53,48	107,46	15	86,46	143,46	18,24	6,918	1,00	122,45
A0472	4	90	53,48	107,46	10	86,46	143,46	12,16	5,067	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0473	4	90	53,48	107,46	20	86,46	143,46	24,31	8,629	1,00	-
A0474	4	90	53,48	107,46	20	86,46	143,46	24,31	8,629	1,00	-
A0475	24	90	53,48	107,46	12	86,46	143,46	14,59	5,828	1,00	-
A0476	74	90	53,48	107,46	22	86,46	143,46	26,74	9,285	1,00	-
A0477	74	90	53,48	107,46	15	86,46	143,46	18,24	6,918	1,00	-
A0478	74	90	53,48	107,46	22	86,46	143,46	26,74	9,285	1,00	-
A0479	21	90	53,79	108,03	12	86,03	125,03	14,56	5,818	1,00	37,82
A0480	17	90	53,79	108,03	22	86,03	125,03	26,69	9,269	1,00	164,06
A0481	4	90	53,79	108,03	9	86,03	125,03	10,92	4,665	-	-
A0482	78	90	53,79	108,03	20	86,03	125,03	24,26	8,615	1,00	-
A0483	78	90	53,79	108,03	20	86,03	125,03	24,26	8,615	1,00	-
A0484	21	90	54,00	108,40	10	86,40	125,40	12,11	5,052	1,00	32,84
A0485	74	90	54,00	108,40	10	86,40	125,40	12,11	5,052	1,00	-
A0486	21	90	55,00	110,24	9	86,24	125,24	10,83	4,635	0,75	22,60
A0487	21	90	55,00	110,24	10	86,24	125,24	12,03	5,026	0,75	24,50
A0488	17	90	55,00	110,24	12	86,24	125,24	14,44	5,781	0,75	76,75
A0489	30	90	55,00	110,24	7	86,24	125,24	8,42	3,821	0,75	-
A0490	78	90	55,00	110,24	10	86,24	125,24	12,03	5,026	-	-
A0491	78	90	55,00	110,24	10	86,24	125,24	12,03	5,026	0,75	-
A0492	122	90	55,00	110,24	11	86,24	125,24	13,23	5,408	0,75	-
A0493	21	90	57,00	114,04	9	86,04	125,04	10,68	4,587	1,00	29,82
A0494	4	90	57,00	114,04	10	86,04	125,04	11,87	4,974	1,00	-
A0495	24	90	57,00	114,04	15	86,04	125,04	17,80	6,792	0,75	-
A0496	78	90	57,00	114,04	11	86,04	125,04	13,06	5,352	1,00	-
A0497	24	90	59,00	118,01	10	86,01	125,01	11,72	4,925	0,75	-
A0498	78	90	59,00	118,01	10	86,01	125,01	11,72	4,925	0,75	-
A0499	21	90	60,00	120,08	9	86,08	143,08	10,48	4,520	0,75	22,04
A0500	21	90	60,00	120,08	15	86,08	143,08	17,46	6,692	1,00	43,50
A0501	21	90	60,00	120,08	8	86,08	143,08	9,31	4,129	0,50	13,42
A0502	21	90	60,00	120,08	7	86,08	143,08	8,15	3,727	0,75	18,17
A0503	21	90	60,00	120,08	7	86,08	143,08	8,15	3,727	0,75	18,17
A0504	4	90	60,00	120,08	7	86,08	143,08	8,15	3,727	1,00	-
A0505	78	90	60,00	120,08	13	86,08	143,08	15,14	5,996	1,00	-
A0506	100	90	60,00	120,08	11	86,08	143,08	12,81	5,274	1,00	-
A0507	122	90	60,00	120,08	10	86,08	143,08	11,64	4,901	0,75	-
A0508	122	90	60,00	120,08	11	86,08	143,08	12,81	5,274	1,00	-
A0509	78	90	63,00	126,63	13	86,63	143,63	14,86	5,912	0,75	-
A0510	17	90	63,66	128,16	22	86,16	143,16	25,05	8,830	1,00	156,29
A0511	4	90	63,66	128,16	20	86,16	143,16	22,77	8,206	-	-
A0512	74	90	63,66	128,16	20	86,16	143,16	22,77	8,206	1,00	-
A0513	74	90	63,66	128,16	22	86,16	143,16	25,05	8,830	1,00	-
A0514	74	90	63,66	128,16	18	86,16	143,16	20,50	7,568	1,00	-
A0515	74	90	63,66	128,16	20	86,16	143,16	22,77	8,206	1,00	-
A0516	78	90	63,66	128,16	15	86,16	143,16	17,08	6,579	1,00	-
A0517	1	90	66,00	133,82	11	85,82	143,82	12,36	5,131	0,50	16,67
A0518	100	90	66,00	133,82	16	85,82	143,82	17,97	6,842	0,75	-
A0519	9	90	80,00	184,60	19	86,60	215,60	19,86	7,387	1,00	-
A0520	122	90	80,00	184,60	10	86,60	233,60	10,45	4,511	0,75	-
A0521	17	90	82,00	197,10	19	86,10	251,10	19,68	7,334	0,75	97,36

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0522	24	90	83,00	204,54	18	86,54	215,54	18,56	7,011	1,00	-
A0523	1	90	83,40	207,78	20	85,78	233,78	20,58	7,592	0,75	37,01
A0524	36	90	84,00	213,08	17	86,08	251,08	17,45	6,687	1,00	-
A0525	78	90	85,00	223,14	11	86,14	251,14	11,24	4,770	1,00	-
A0526	74	90	87,00	251,14	20	86,14	251,14	20,26	7,500	1,00	-
A0527	36	90	88,00	273,23	15	86,23	287,23	15,13	5,993	1,00	-
A0528	100	90	88,00	273,23	10	86,23	287,23	10,08	4,389	0,75	-
A0529	104	100	40,00	88,74	10	88,74	139,74	14,10	7,013	0,75	-
A0530	88	100	41,00	90,18	6	89,18	139,18	8,38	4,703	0,75	-
A0531	104	100	41,00	90,18	15	89,18	139,18	20,96	9,508	1,00	-
A0532	34	100	42,00	91,62	10	89,62	139,62	13,85	6,915	1,00	477,11
A0533	88	100	42,00	91,62	10	89,62	139,62	13,85	6,915	-	-
A0534	113	100	43,00	93,08	7	89,08	139,08	9,61	5,222	1,00	33,94
A0535	113	100	43,00	93,08	10	89,08	139,08	13,72	6,868	1,00	44,64
A0536	102	100	44,00	94,55	10	89,55	139,55	13,61	6,823	0,75	33,26
A0537	102	100	44,00	94,55	8	89,55	159,55	10,89	5,748	1,00	37,36
A0538	104	100	44,00	94,55	15	89,55	159,55	20,41	9,316	1,00	-
A0539	104	100	44,00	94,55	13	89,55	159,55	17,69	8,346	1,00	-
A0540	39	100	45,00	96,03	10	89,03	159,03	13,49	6,779	1,00	44,06
A0541	39	100	45,00	96,03	7	89,03	159,03	9,44	5,154	0,75	25,12
A0542	102	100	45,00	96,03	9	89,03	159,03	12,14	6,251	0,75	30,48
A0543	102	100	45,00	96,03	10	89,03	159,03	13,49	6,779	0,50	22,03
A0544	113	100	45,00	96,03	10	89,03	159,03	13,49	6,779	1,00	44,06
A0545	83	100	45,00	96,03	13	89,03	179,03	17,54	8,292	1,00	-
A0546	83	100	45,00	96,03	11	89,03	179,03	14,84	7,293	1,00	-
A0547	104	100	45,00	96,03	10	89,03	179,03	13,49	6,779	1,00	-
A0548	104	100	45,00	96,03	10	89,03	179,03	13,49	6,779	1,00	-
A0549	104	100	45,00	96,03	10	89,03	179,03	13,49	6,779	1,00	-
A0550	104	100	45,00	96,03	10	89,03	199,03	13,49	6,779	0,75	-
A0551	102	100	46,00	97,52	13	89,52	219,52	17,40	8,240	1,00	53,56
A0552	102	100	48,00	100,56	15	89,56	119,56	19,76	9,085	1,00	59,05
A0553	102	100	48,00	100,56	15	89,56	119,56	19,76	9,085	1,00	59,05
A0554	102	100	48,00	100,56	5	89,56	119,56	6,59	3,907	0,75	19,04
A0555	113	100	48,00	100,56	10	89,56	119,56	13,17	6,654	1,00	43,25
A0556	115	100	48,00	100,56	15	89,56	119,56	19,76	9,085	0,75	-
A0557	102	100	49,00	102,10	10	89,10	119,10	13,07	6,614	0,75	32,24
A0558	102	100	49,00	102,10	10	89,10	119,10	13,07	6,614	1,00	42,99
A0559	102	100	49,00	102,10	11	89,10	119,10	14,38	7,117	1,00	46,26
A0560	113	100	49,00	102,10	10	89,10	119,10	13,07	6,614	0,75	32,24
A0561	77	100	49,00	102,10	8	89,10	119,10	10,45	5,572	1,00	-
A0562	104	100	49,00	102,10	10	89,10	119,10	13,07	6,614	0,75	-
A0563	39	100	50,00	103,65	12	89,65	119,65	15,56	7,564	0,75	36,88
A0564	102	100	50,00	103,65	15	89,65	119,65	19,45	8,979	1,00	58,36
A0565	102	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	1,00	42,74
A0566	102	100	50,00	103,65	12	89,65	119,65	15,56	7,564	1,00	49,17

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0567	102	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	1,00	42,74
A0568	102	100	50,00	103,65	11	89,65	119,65	14,27	7,075	0,75	34,49
A0569	102	100	50,00	103,65	13	89,65	119,65	16,86	8,044	1,00	52,29
A0570	102	100	50,00	103,65	12	89,65	119,65	15,56	7,564	1,00	49,17
A0571	102	100	50,00	103,65	13	89,65	119,65	16,86	8,044	1,00	52,29
A0572	102	100	50,00	103,65	13	89,65	119,65	16,86	8,044	1,00	52,29
A0573	113	100	50,00	103,65	15	89,65	119,65	19,45	8,979	0,75	43,77
A0574	113	100	50,00	103,65	15	89,65	119,65	19,45	8,979	0,75	43,77
A0575	113	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	0,75	32,06
A0576	113	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	0,75	32,06
A0577	34	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	0,50	226,86
A0578	34	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	1,00	453,73
A0579	77	100	50,00	103,65	8	89,65	119,65	10,38	5,540	0,75	-
A0580	101	100	50,00	103,65	8	89,65	119,65	10,38	5,540	0,75	-
A0581	104	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	0,75	-
A0582	104	100	50,00	103,65	18	89,65	119,65	23,35	10,329	1,00	-
A0583	104	100	50,00	103,65	10	89,65	119,65	12,97	6,576	0,75	-
A0584	35	100	50,93	105,12	12	89,12	119,12	15,46	7,524	1,00	-
A0585	102	100	51,57	106,13	15	89,13	119,13	19,23	8,900	1,00	57,85
A0586	102	100	51,57	106,13	10	89,13	119,13	12,82	6,518	1,00	42,36
A0587	102	100	51,57	106,13	12	89,13	119,13	15,38	7,497	1,00	48,73
A0588	102	100	51,57	106,13	18	89,13	119,13	23,08	10,238	1,00	66,54
A0589	113	100	51,57	106,13	15	89,13	119,13	19,23	8,900	1,00	57,85
A0590	35	100	51,57	106,13	15	89,13	119,13	19,23	8,900	1,00	-
A0591	35	100	51,57	106,13	10	89,13	119,13	12,82	6,518	1,00	-
A0592	35	100	51,57	106,13	15	89,13	119,13	19,23	8,900	1,00	-
A0593	94	100	51,57	106,13	6	89,13	119,13	7,69	4,402	-	-
A0594	113	100	51,88	106,64	10	89,64	119,64	12,79	6,506	1,00	42,29
A0595	113	100	51,88	106,64	20	89,64	119,64	25,58	11,081	1,00	72,03
A0596	104	100	51,88	106,64	15	89,64	119,64	19,19	8,884	1,00	-
A0597	104	100	51,88	106,64	15	89,64	119,64	19,19	8,884	1,00	-
A0598	102	100	52,00	106,82	22	88,82	119,82	28,12	11,915	0,75	58,09
A0599	102	100	52,00	106,82	10	88,82	119,82	12,78	6,502	1,00	42,26
A0600	27	100	52,00	106,82	15	88,82	119,82	19,17	8,878	1,00	-
A0601	101	100	52,00	106,82	6	88,82	119,82	7,67	4,391	-	-
A0602	102	100	52,20	107,15	8	89,15	119,15	10,21	5,471	0,75	26,67
A0603	102	100	52,20	107,15	15	89,15	119,15	19,14	8,868	1,00	57,64
A0604	57	100	52,20	107,15	15	89,15	119,15	19,14	8,868	1,00	-
A0605	83	100	52,20	107,15	18	89,15	119,15	22,97	10,201	1,00	-
A0606	102	100	52,52	107,66	12	89,66	119,66	15,28	7,458	0,75	36,36
A0607	102	100	52,52	107,66	15	89,66	119,66	19,10	8,853	1,00	57,54
A0608	102	100	52,52	107,66	20	89,66	119,66	25,47	11,042	1,00	71,77
A0609	113	100	52,52	107,66	20	89,66	119,66	25,47	11,042	1,00	71,77
A0610	83	100	52,52	107,66	12	89,66	119,66	15,28	7,458	1,00	-
A0611	102	100	52,84	108,18	12	89,18	119,18	15,24	7,445	1,00	48,39

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0612	102	100	52,84	108,18	10	89,18	119,18	12,70	6,472	1,00	42,07
A0613	102	100	52,84	108,18	15	89,18	119,18	19,06	8,837	1,00	57,44
A0614	102	100	52,84	108,18	10	89,18	119,18	12,70	6,472	0,75	31,55
A0615	102	100	52,84	108,18	13	89,18	119,18	16,52	7,917	1,00	51,46
A0616	102	100	52,84	108,18	10	89,18	119,18	12,70	6,472	1,00	42,07
A0617	102	100	52,84	108,18	20	89,18	119,18	25,41	11,023	1,00	71,65
A0618	102	100	52,84	108,18	10	89,18	119,18	12,70	6,472	1,00	42,07
A0619	28	100	52,84	108,18	15	89,18	119,18	19,06	8,837	1,00	-
A0620	35	100	52,84	108,18	15	89,18	119,18	19,06	8,837	1,00	-
A0621	35	100	52,84	108,18	15	89,18	119,18	19,06	8,837	1,00	-
A0622	83	100	52,84	108,18	12	89,18	119,18	15,24	7,445	1,00	-
A0623	104	100	52,84	108,18	15	89,18	119,18	19,06	8,837	1,00	-
A0624	39	100	53,00	108,44	20	89,44	139,44	25,38	11,013	0,50	35,79
A0625	102	100	53,00	108,44	11	89,44	139,44	13,96	6,957	1,00	45,22
A0626	39	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	1,00	57,34
A0627	39	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	1,00	57,34
A0628	102	100	53,16	108,70	8	89,70	139,70	10,14	5,443	-	-
A0629	102	100	53,16	108,70	20	89,70	139,70	25,35	11,004	1,00	71,53
A0630	102	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	1,00	57,34
A0631	113	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	1,00	57,34
A0632	113	100	53,16	108,70	12	89,70	139,70	15,21	7,432	1,00	48,31
A0633	113	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	0,75	43,01
A0634	35	100	53,16	108,70	20	89,70	139,70	25,35	11,004	1,00	-
A0635	104	100	53,16	108,70	15	89,70	139,70	19,01	8,822	1,00	-
A0636	39	100	53,48	109,22	20	89,22	139,22	25,29	10,985	1,00	71,40
A0637	39	100	53,48	109,22	15	89,22	139,22	18,97	8,807	1,00	57,24
A0638	39	100	53,48	109,22	15	89,22	139,22	18,97	8,807	1,00	57,24
A0639	102	100	53,48	109,22	8	89,22	139,22	10,12	5,434	1,00	35,32
A0640	102	100	53,48	109,22	22	89,22	139,22	27,82	11,820	1,00	76,83
A0641	113	100	53,48	109,22	12	89,22	139,22	15,18	7,419	1,00	48,23
A0642	35	100	53,48	109,22	12	89,22	139,22	15,18	7,419	1,00	-
A0643	39	100	53,79	109,74	15	89,74	139,74	18,93	8,792	1,00	57,15
A0644	39	100	53,79	109,74	12	89,74	139,74	15,14	7,407	0,75	36,11
A0645	39	100	53,79	109,74	20	89,74	139,74	25,24	10,966	1,00	71,28
A0646	102	100	53,79	109,74	20	89,74	139,74	25,24	10,966	1,00	71,28
A0647	102	100	53,79	109,74	15	89,74	139,74	18,93	8,792	1,00	57,15
A0648	102	100	53,79	109,74	20	89,74	139,74	25,24	10,966	1,00	71,28
A0649	102	100	53,79	109,74	18	89,74	139,74	22,71	10,114	1,00	65,74
A0650	102	100	53,79	109,74	18	89,74	139,74	22,71	10,114	1,00	65,74
A0651	34	100	53,79	109,74	15	89,74	139,74	18,93	8,792	1,00	606,63
A0652	34	100	53,79	109,74	19	89,74	159,74	23,98	10,542	1,00	727,43
A0653	34	100	53,79	109,74	12	89,74	159,74	15,14	7,407	0,75	383,29
A0654	27	100	53,79	109,74	19	89,74	159,74	23,98	10,542	1,00	-
A0655	27	100	53,79	109,74	12	89,74	159,74	15,14	7,407	1,00	-
A0656	94	100	53,79	109,74	23	89,74	159,74	29,02	12,209	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0657	113	100	54,00	110,08	5	89,08	159,08	6,30	3,776	1,00	24,54
A0658	94	100	54,11	110,26	20	89,26	159,26	25,18	10,948	1,00	-
A0659	102	100	55,00	111,74	13	89,74	159,74	16,27	7,826	1,00	50,87
A0660	102	100	55,00	111,74	10	89,74	179,74	12,51	6,398	1,00	41,58
A0661	104	100	55,00	111,74	20	89,74	179,74	25,03	10,896	1,00	-
A0662	39	100	56,02	113,46	15	89,46	179,46	18,64	8,689	1,00	56,48
A0663	113	100	57,00	115,14	10	89,14	179,14	12,35	6,332	1,00	41,16
A0664	102	100	58,00	116,88	10	88,88	179,88	12,27	6,300	0,75	30,71
A0665	102	100	59,00	118,65	15	89,65	179,65	18,28	8,561	0,75	41,73
A0666	113	100	59,00	118,65	10	89,65	219,65	12,19	6,269	0,75	30,56
A0667	14	100	60,00	120,45	13	89,45	139,45	15,75	7,632	0,75	37,21
A0668	14	100	60,00	120,45	18	89,45	139,45	21,80	9,800	1,00	63,70
A0669	39	100	60,00	120,45	13	89,45	139,45	15,75	7,632	1,00	49,61
A0670	39	100	60,00	120,45	18	89,45	139,45	21,80	9,800	0,75	47,78
A0671	102	100	60,00	120,45	20	89,45	139,45	24,22	10,627	0,75	51,80
A0672	102	100	60,00	120,45	20	89,45	139,45	24,22	10,627	1,00	69,07
A0673	102	100	60,00	120,45	9	89,45	139,45	10,90	5,754	1,00	37,40
A0674	35	100	60,00	120,45	10	89,45	139,45	12,11	6,239	1,00	-
A0675	35	100	60,00	120,45	10	89,45	139,45	12,11	6,239	0,75	-
A0676	115	100	60,00	120,45	10	89,45	139,45	12,11	6,239	0,50	-
A0677	102	100	62,00	124,15	15	89,15	139,15	17,95	8,439	0,75	41,14
A0678	102	100	62,00	124,15	13	89,15	139,15	15,55	7,561	1,00	49,14
A0679	104	100	62,00	124,15	12	89,15	139,15	14,36	7,110	1,00	-
A0680	39	100	63,66	127,35	18	89,35	139,35	21,32	9,634	1,00	62,62
A0681	39	100	63,66	127,35	18	89,35	139,35	21,32	9,634	1,00	62,62
A0682	102	100	63,66	127,35	18	89,35	139,35	21,32	9,634	1,00	62,62
A0683	27	100	63,66	127,35	15	89,35	139,35	17,77	8,375	1,00	-
A0684	83	100	63,66	127,35	15	89,35	139,35	17,77	8,375	1,00	-
A0685	83	100	63,66	127,35	15	89,35	139,35	17,77	8,375	-	-
A0686	83	100	63,66	127,35	15	89,35	139,35	17,77	8,375	1,00	-
A0687	94	100	63,66	127,35	20	89,35	159,35	23,69	10,447	-	-
A0688	102	100	65,00	130,00	15	89,00	160,00	17,63	8,325	1,00	54,11
A0689	102	100	66,00	132,04	15	89,04	159,04	17,53	8,289	1,00	53,88
A0690	102	100	66,00	132,04	10	89,04	179,04	11,69	6,070	1,00	39,46
A0691	57	100	66,00	132,04	9	89,04	179,04	10,52	5,598	0,75	-
A0692	83	100	66,00	132,04	10	89,04	179,04	11,69	6,070	0,75	-
A0693	34	100	68,00	136,26	11	89,26	179,26	12,71	6,475	0,75	335,09
A0694	102	100	69,00	138,45	10	89,45	219,45	11,49	5,993	0,75	29,21
A0695	39	100	70,00	140,70	7	89,70	159,70	8,00	4,538	1,00	29,49
A0696	39	100	70,00	140,70	8	89,70	159,70	9,15	5,028	1,00	32,68
A0697	102	100	70,00	140,70	10	89,70	159,70	11,43	5,968	1,00	38,79
A0698	83	100	70,00	140,70	10	89,70	179,70	11,43	5,968	1,00	-
A0699	115	100	70,03	140,77	12	88,77	179,77	13,72	6,865	1,00	-
A0700	102	100	72,00	145,40	8	89,40	179,40	9,05	4,987	0,75	24,31
A0701	104	100	76,00	155,73	13	89,73	179,73	14,41	7,130	1,00	-

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0702	39	100	77,00	158,54	18	89,54	219,54	19,85	9,120	1,00	59,28
A0703	113	100	80,00	167,70	10	89,70	179,70	10,87	5,743	0,75	28,00
A0704	113	100	80,00	167,70	11	89,70	179,70	11,96	6,179	0,75	30,12
A0705	34	100	80,00	167,70	13	89,70	179,70	14,14	7,025	1,00	484,73
A0706	101	100	80,00	167,70	10	89,70	179,70	10,87	5,743	-	-
A0707	27	100	83,00	178,20	15	89,20	219,20	16,09	7,759	1,00	-
A0708	83	100	85,00	186,19	10	89,19	219,19	10,63	5,643	0,75	-
A0709	113	100	88,00	200,29	15	89,29	219,29	15,74	7,629	1,00	49,59
A0710	113	100	88,00	200,29	15	89,29	219,29	15,74	7,629	1,00	49,59
A0711	14	100	90,00	211,69	9	89,69	219,69	9,36	5,119	1,00	33,28
A0712	39	100	90,00	211,69	10	89,69	219,69	10,40	5,551	0,75	27,06
A0713	113	100	90,00	211,69	13	89,69	219,69	13,52	6,791	0,75	33,10
A0714	27	100	90,00	211,69	20	89,69	219,69	20,81	9,454	0,75	-
A0715	57	100	90,00	211,69	10	89,69	219,69	10,40	5,551	0,75	-
A0716	88	100	90,00	211,69	9	89,69	219,69	9,36	5,119	-	-
A0717	113	100	95,49	260,70	23	89,70	279,70	23,40	10,348	1,00	67,26
A0718	115	100	99,00	351,71	13	89,71	359,71	13,05	6,607	0,50	-
A0719	110	110	40,00	91,93	10	91,93	131,93	14,62	8,724	1,00	296,60
A0720	51	110	40,00	91,93	10	91,93	131,93	14,62	8,724	0,75	-
A0721	53	110	40,00	91,93	10	91,93	131,93	14,62	8,724	1,00	-
A0722	51	110	42,00	94,76	10	92,76	131,76	14,35	8,602	1,00	-
A0723	75	110	43,00	96,18	10	92,18	131,18	14,22	8,544	1,00	55,53
A0724	120	110	43,00	96,18	10	92,18	131,18	14,22	8,544	0,50	-
A0725	120	110	43,00	96,18	9	92,18	131,18	12,80	7,879	0,75	-
A0726	51	110	44,00	97,61	9	92,61	131,61	12,69	7,827	0,75	-
A0727	120	110	44,00	97,61	10	92,61	131,61	14,10	8,487	1,00	-
A0728	12	110	45,00	99,05	5	92,05	131,05	6,99	4,951	1,00	32,18
A0729	75	110	45,00	99,05	11	92,05	131,05	15,38	9,073	1,00	58,97
A0730	75	110	45,00	99,05	25	92,05	131,05	34,96	17,048	1,00	110,81
A0731	64	110	45,00	99,05	15	92,05	131,05	20,98	11,514	1,00	203,80
A0732	51	110	45,00	99,05	10	92,05	131,05	13,98	8,432	0,75	-
A0733	64	110	46,00	100,50	15	92,50	131,50	20,80	11,442	1,00	202,52
A0734	65	110	46,00	100,50	10	92,50	131,50	13,87	8,379	-	-
A0735	110	110	47,00	101,95	10	91,95	131,95	13,76	8,327	1,00	283,13
A0736	120	110	47,00	101,95	10	91,95	131,95	13,76	8,327	0,75	-
A0737	12	110	48,00	103,41	11	92,41	131,41	15,01	8,906	1,00	57,89
A0738	75	110	48,00	103,41	10	92,41	131,41	13,65	8,277	1,00	53,80
A0739	120	110	48,00	103,41	10	92,41	131,41	13,65	8,277	-	-
A0740	120	110	48,00	103,41	10	92,41	131,41	13,65	8,277	1,00	-
A0741	12	110	49,00	104,89	13	92,89	131,89	17,61	10,065	1,00	65,43
A0742	117	110	49,00	104,89	15	92,89	131,89	20,32	11,235	0,75	-
A0743	120	110	49,00	104,89	10	92,89	131,89	13,54	8,228	1,00	-
A0744	12	110	50,00	106,38	10	92,38	131,38	13,44	8,180	1,00	53,17
A0745	12	110	50,00	106,38	10	92,38	131,38	13,44	8,180	1,00	53,17
A0746	75	110	50,00	106,38	20	92,38	131,38	26,88	13,933	0,75	67,92

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0747	75	110	50,00	106,38	15	92,38	131,38	20,16	11,170	1,00	72,60
A0748	110	110	50,00	106,38	9	92,38	131,38	12,10	7,544	0,75	192,38
A0749	110	110	50,00	106,38	13	92,38	131,38	17,47	10,007	0,75	255,18
A0750	51	110	50,00	106,38	8	92,38	131,38	10,75	6,892	0,75	-
A0751	51	110	50,00	106,38	13	92,38	131,38	17,47	10,007	0,75	-
A0752	51	110	50,00	106,38	10	92,38	131,38	13,44	8,180	1,00	-
A0753	51	110	50,00	106,38	11	92,38	131,38	14,79	8,802	1,00	-
A0754	51	110	50,00	106,38	13	92,38	153,38	17,47	10,007	1,00	-
A0755	51	110	50,00	106,38	15	92,38	153,38	20,16	11,170	1,00	-
A0756	51	110	50,00	106,38	5	92,38	153,38	6,72	4,803	1,00	-
A0757	53	110	50,00	106,38	5	92,38	153,38	6,72	4,803	0,75	-
A0758	53	110	50,00	106,38	10	92,38	153,38	13,44	8,180	1,00	-
A0759	53	110	50,00	106,38	10	92,38	153,38	13,44	8,180	0,75	-
A0760	117	110	50,00	106,38	11	92,38	153,38	14,79	8,802	1,00	-
A0761	120	110	50,00	106,38	10	92,38	153,38	13,44	8,180	1,00	-
A0762	12	110	51,00	107,88	7	92,88	153,88	9,34	6,184	0,75	30,15
A0763	53	110	51,00	107,88	20	92,88	153,88	26,69	13,853	1,00	-
A0764	12	110	51,25	108,25	15	92,25	175,25	19,98	11,091	1,00	72,09
A0765	12	110	51,57	108,73	12	92,73	175,73	15,94	9,327	1,00	60,62
A0766	53	110	52,00	109,39	9	92,39	175,39	11,92	7,459	0,75	-
A0767	120	110	52,00	109,39	13	92,39	197,39	17,22	9,894	1,00	-
A0768	75	110	52,20	109,70	10	92,70	197,70	13,23	8,079	1,00	52,51
A0769	51	110	52,20	109,70	12	92,70	197,70	15,87	9,294	1,00	-
A0770	12	110	52,52	110,18	20	92,18	131,18	26,39	13,736	1,00	89,29
A0771	75	110	52,52	110,18	20	92,18	131,18	26,39	13,736	1,00	89,29
A0772	75	110	52,84	110,67	15	92,67	131,67	19,75	10,993	1,00	71,46
A0773	64	110	52,84	110,67	15	92,67	131,67	19,75	10,993	1,00	194,58
A0774	64	110	52,84	110,67	18	92,67	131,67	23,70	12,646	1,00	223,84
A0775	51	110	52,84	110,67	20	92,67	131,67	26,33	13,713	1,00	-
A0776	51	110	52,84	110,67	20	92,67	131,67	26,33	13,713	1,00	-
A0777	51	110	52,84	110,67	20	92,67	131,67	26,33	13,713	1,00	-
A0778	51	110	52,84	110,67	15	92,67	131,67	19,75	10,993	0,75	-
A0779	120	110	52,84	110,67	12	92,67	131,67	15,80	9,262	1,00	-
A0780	75	110	53,00	110,92	16	92,92	131,92	21,04	11,542	1,00	75,02
A0781	64	110	53,00	110,92	9	92,92	131,92	11,84	7,419	1,00	131,31
A0782	51	110	53,00	110,92	5	92,92	131,92	6,58	4,723	0,75	-
A0783	51	110	53,00	110,92	10	92,92	131,92	13,15	8,044	1,00	-
A0784	12	110	53,16	111,16	15	92,16	131,16	19,71	10,974	0,75	53,50
A0785	12	110	53,16	111,16	15	92,16	131,16	19,71	10,974	1,00	71,33
A0786	75	110	53,16	111,16	22	92,16	131,16	28,90	14,729	1,00	95,74
A0787	64	110	53,16	111,16	20	92,16	131,16	26,27	13,689	1,00	242,29
A0788	12	110	53,48	111,65	20	92,65	131,65	26,21	13,665	1,00	88,82
A0789	75	110	53,48	111,65	20	92,65	131,65	26,21	13,665	1,00	88,82
A0790	75	110	53,48	111,65	20	92,65	131,65	26,21	13,665	1,00	88,82
A0791	64	110	53,48	111,65	15	92,65	131,65	19,66	10,956	1,00	193,91

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0792	110	110	53,48	111,65	15	92,65	131,65	19,66	10,956	1,00	372,49
A0793	110	110	53,48	111,65	14	92,65	131,65	18,35	10,390	1,00	353,26
A0794	120	110	53,48	111,65	20	92,65	131,65	26,21	13,665	1,00	-
A0795	75	110	53,79	112,14	23	92,14	131,14	30,08	15,188	1,00	98,72
A0796	75	110	53,79	112,14	15	92,14	131,14	19,62	10,937	1,00	71,09
A0797	110	110	53,79	112,14	22	92,14	131,14	28,77	14,678	1,00	499,06
A0798	120	110	53,79	112,14	8	92,14	131,14	10,46	6,748	0,75	-
A0799	12	110	54,00	112,46	20	92,46	131,46	26,12	13,627	1,00	88,58
A0800	75	110	54,11	112,63	22	92,63	131,63	28,71	14,653	1,00	95,25
A0801	75	110	55,00	114,02	25	92,02	131,02	32,42	16,090	0,75	78,44
A0802	75	110	55,00	114,02	20	92,02	131,02	25,94	13,555	1,00	88,11
A0803	53	110	55,00	114,02	8	92,02	131,02	10,38	6,705	0,75	-
A0804	53	110	56,00	115,59	10	92,59	131,59	12,88	7,917	1,00	-
A0805	75	110	60,00	122,08	16	92,08	131,08	20,09	11,137	0,75	54,29
A0806	75	110	60,00	122,08	13	92,08	131,08	16,32	9,495	1,00	61,72
A0807	75	110	60,00	122,08	23	92,08	153,08	28,87	14,718	1,00	95,67
A0808	75	110	60,00	122,08	12	92,08	153,08	15,06	8,928	0,50	29,02
A0809	75	110	60,00	122,08	16	92,08	153,08	20,09	11,137	1,00	72,39
A0810	75	110	60,00	122,08	13	92,08	153,08	16,32	9,495	1,00	61,72
A0811	75	110	60,00	122,08	20	92,08	153,08	25,11	13,219	1,00	85,93
A0812	51	110	60,00	122,08	16	92,08	153,08	20,09	11,137	1,00	-
A0813	53	110	60,00	122,08	10	92,08	153,08	12,55	7,761	0,75	-
A0814	117	110	60,00	122,08	11	92,08	153,08	13,81	8,351	-	-
A0815	120	110	60,00	122,08	10	92,08	153,08	12,55	7,761	1,00	-
A0816	75	110	61,00	123,75	17	92,75	153,75	21,21	11,612	1,00	75,48
A0817	75	110	63,00	127,17	19	92,17	175,17	23,42	12,531	1,00	81,45
A0818	51	110	63,00	127,17	18	92,17	175,17	22,19	12,021	0,75	-
A0819	75	110	63,66	128,32	22	92,32	175,32	27,01	13,983	1,00	90,89
A0820	75	110	64,00	128,92	11	92,92	197,92	13,48	8,197	0,50	26,64
A0821	75	110	65,00	130,69	13	92,69	197,69	15,84	9,278	1,00	60,31
A0822	53	110	65,00	130,69	10	92,69	197,69	12,18	7,584	1,00	-
A0823	75	110	66,00	132,49	20	92,49	153,49	24,22	12,861	1,00	83,60
A0824	75	110	68,00	136,19	20	92,19	153,19	23,95	12,751	1,00	82,88
A0825	75	110	68,00	136,19	20	92,19	153,19	23,95	12,751	1,00	82,88
A0826	75	110	70,00	140,03	20	92,03	153,03	23,70	12,645	1,00	82,19
A0827	75	110	70,00	140,03	20	92,03	175,03	23,70	12,645	1,00	82,19
A0828	75	110	70,00	140,03	20	92,03	175,03	23,70	12,645	0,75	61,64
A0829	120	110	70,00	140,03	10	92,03	175,03	11,85	7,424	0,50	-
A0830	75	110	73,00	146,07	20	92,07	197,07	23,33	12,493	1,00	81,20
A0831	75	110	75,00	150,32	20	92,32	197,32	23,09	12,396	1,00	80,57
A0832	53	110	76,00	152,52	19	92,52	197,52	21,83	11,872	1,00	-
A0833	75	110	80,00	161,90	20	92,90	197,90	22,54	12,167	1,00	79,09
A0834	64	110	80,00	161,90	13	92,90	197,90	14,65	8,739	1,00	154,68
A0835	75	110	85,00	175,26	18	92,26	197,26	19,83	11,027	1,00	71,68
A0836	64	110	88,00	184,47	11	92,47	197,47	11,96	7,478	1,00	132,37

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0837	75	110	90,00	191,26	20	92,26	197,26	21,56	11,761	0,75	57,34
A0838	75	110	90,00	191,26	20	92,26	197,26	21,56	11,761	1,00	76,45
A0839	75	110	100,00	239,37	18	92,37	241,37	18,66	10,522	1,00	68,40
A0840	75	110	100,00	239,37	16	92,37	241,37	16,58	9,612	0,50	31,24
A0841	75	110	100,00	239,37	10	92,37	241,37	10,36	6,699	0,50	21,77
A0842	64	110	100,00	239,37	20	92,37	241,37	20,73	11,410	1,00	201,95
A0843	51	110	100,00	239,37	13	92,37	241,37	13,47	8,195	1,00	-
A0844	53	110	100,00	239,37	15	92,37	241,37	15,55	9,147	1,00	-
A0845	65	110	100,00	239,37	13	92,37	241,37	13,47	8,195	1,00	-
A0846	117	110	100,00	239,37	15	92,37	241,37	15,55	9,147	0,75	-
A0847	120	110	100,00	239,37	16	92,37	241,37	16,58	9,612	1,00	-
A0848	43	120	41,00	96,59	10	95,59	143,59	14,96	10,572	0,75	51,54
A0849	33	120	42,00	97,99	10	95,99	143,99	14,83	10,499	1,00	68,24
A0850	118	120	42,00	97,99	10	95,99	143,99	14,83	10,499	0,75	51,18
A0851	52	120	42,00	97,99	10	95,99	143,99	14,83	10,499	0,75	-
A0852	49	120	43,00	99,40	9	95,40	143,40	13,23	9,617	0,75	46,88
A0853	43	120	45,00	102,22	11	95,22	143,22	15,89	11,074	1,00	71,98
A0854	43	120	45,00	102,22	12	95,22	143,22	17,34	11,840	1,00	76,96
A0855	59	120	45,00	102,22	6	95,22	143,22	8,67	6,952	0,75	250,26
A0856	107	120	45,00	102,22	9	95,22	143,22	13,00	9,492	1,00	-
A0857	97	120	46,00	103,63	13	95,63	143,63	18,63	12,511	0,75	46,92
A0858	59	120	46,00	103,63	13	95,63	143,63	18,63	12,511	1,00	600,54
A0859	33	120	47,00	105,06	10	96,06	143,06	14,21	10,164	0,75	49,55
A0860	43	120	48,00	106,49	15	95,49	143,49	21,15	13,795	0,75	67,25
A0861	43	120	49,00	107,92	20	95,92	143,92	27,99	17,105	1,00	111,18
A0862	43	120	49,00	107,92	20	95,92	143,92	27,99	17,105	1,00	111,18
A0863	118	120	49,00	107,92	10	95,92	143,92	13,99	10,043	1,00	65,28
A0864	97	120	50,00	109,37	12	95,37	143,37	16,67	11,486	1,00	57,43
A0865	97	120	50,00	109,37	15	95,37	143,37	20,83	13,634	1,00	68,17
A0866	43	120	50,00	109,37	15	95,37	143,37	20,83	13,634	0,75	66,46
A0867	43	120	50,00	109,37	10	95,37	143,37	13,89	9,985	1,00	64,90
A0868	43	120	50,00	109,37	13	95,37	143,37	18,05	12,214	1,00	79,39
A0869	46	120	50,00	109,37	7	95,37	143,37	9,72	7,591	0,75	37,01
A0870	46	120	50,00	109,37	6	95,37	143,37	8,33	6,744	0,75	32,88
A0871	70	120	50,00	109,37	13	95,37	143,37	18,05	12,214	0,75	59,54
A0872	118	120	50,00	109,37	13	95,37	143,37	18,05	12,214	1,00	79,39
A0873	118	120	50,00	109,37	10	95,37	143,37	13,89	9,985	1,00	64,90
A0874	59	120	50,00	109,37	10	95,37	143,37	13,89	9,985	0,75	359,44
A0875	59	120	50,00	109,37	11	95,37	143,37	15,28	10,743	1,00	515,67
A0876	59	120	50,00	109,37	10	95,37	143,37	13,89	9,985	1,00	479,26
A0877	52	120	50,00	109,37	10	95,37	143,37	13,89	9,985	0,75	-
A0878	52	120	50,00	109,37	5	95,37	143,37	6,94	5,862	0,75	-
A0879	59	120	50,93	110,72	18	95,72	143,72	24,83	15,600	1,00	748,82
A0880	59	120	51,00	110,82	15	95,82	167,82	20,68	13,556	1,00	650,69
A0881	97	120	51,57	111,65	15	95,65	167,65	20,59	13,513	1,00	67,56

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0882	59	120	51,57	111,65	12	95,65	167,65	16,47	11,384	1,00	546,44
A0883	59	120	51,88	112,11	10	96,11	167,11	13,70	9,879	1,00	474,18
A0884	43	120	52,00	112,28	13	95,28	167,28	17,79	12,077	0,75	58,88
A0885	97	120	52,20	112,58	12	95,58	167,58	16,40	11,344	1,00	56,72
A0886	43	120	52,52	113,05	15	96,05	167,05	20,45	13,442	1,00	87,37
A0887	70	120	52,52	113,05	15	96,05	167,05	20,45	13,442	1,00	87,37
A0888	15	120	52,84	113,52	15	95,52	167,52	20,40	13,418	1,00	87,22
A0889	43	120	52,84	113,52	12	95,52	167,52	16,32	11,304	1,00	73,48
A0890	70	120	52,84	113,52	18	95,52	167,52	24,49	15,436	1,00	100,33
A0891	70	120	52,84	113,52	12	95,52	191,52	16,32	11,304	1,00	73,48
A0892	33	120	53,00	113,75	10	95,75	191,75	13,59	9,818	0,75	47,86
A0893	43	120	53,00	113,75	11	95,75	191,75	14,95	10,564	1,00	68,67
A0894	46	120	53,00	113,75	12	95,75	191,75	16,31	11,295	0,75	55,06
A0895	70	120	53,00	113,75	19	95,75	191,75	25,82	16,076	1,00	104,50
A0896	52	120	53,00	113,75	10	95,75	191,75	13,59	9,818	0,75	-
A0897	107	120	53,00	113,75	15	95,75	191,75	20,38	13,407	0,75	-
A0898	43	120	53,48	114,46	15	95,46	191,46	20,31	13,372	1,00	86,92
A0899	97	120	53,79	114,93	15	95,93	191,93	20,27	13,349	1,00	66,75
A0900	97	120	53,79	114,93	12	95,93	191,93	16,21	11,246	1,00	56,23
A0901	97	120	53,79	114,93	15	95,93	191,93	20,27	13,349	1,00	66,75
A0902	97	120	53,79	114,93	20	95,93	215,93	27,02	16,651	1,00	83,26
A0903	15	120	53,79	114,93	15	95,93	215,93	20,27	13,349	1,00	86,77
A0904	15	120	53,79	114,93	15	95,93	215,93	20,27	13,349	1,00	86,77
A0905	43	120	53,79	114,93	20	95,93	215,93	27,02	16,651	1,00	108,23
A0906	43	120	53,79	114,93	25	95,93	215,93	33,78	19,765	1,00	128,47
A0907	43	120	53,79	114,93	18	95,93	215,93	24,32	15,356	-	-
A0908	43	120	53,79	114,93	22	95,93	215,93	29,73	17,916	1,00	116,45
A0909	70	120	53,79	114,93	15	95,93	215,93	20,27	13,349	1,00	86,77
A0910	118	120	53,79	114,93	15	95,93	215,93	20,27	13,349	1,00	86,77
A0911	118	120	53,79	114,93	15	95,93	215,93	20,27	13,349	1,00	86,77
A0912	59	120	53,79	114,93	20	95,93	215,93	27,02	16,651	1,00	799,25
A0913	59	120	53,79	114,93	20	95,93	239,93	27,02	16,651	1,00	799,25
A0914	97	120	54,11	115,40	18	95,40	239,40	24,27	15,330	1,00	76,65
A0915	97	120	55,00	116,73	15	95,73	239,73	20,10	13,264	1,00	66,32
A0916	43	120	57,30	120,20	18	95,20	143,20	23,75	15,080	1,00	98,02
A0917	43	120	57,30	120,20	15	95,20	143,20	19,79	13,109	1,00	85,21
A0918	49	120	57,30	120,20	24	95,20	143,20	31,67	18,810	1,00	122,26
A0919	97	120	58,00	121,28	13	95,28	143,28	17,08	11,703	0,75	43,89
A0920	46	120	59,00	122,82	10	95,82	143,82	13,05	9,519	0,75	46,41
A0921	46	120	59,00	122,82	10	95,82	143,82	13,05	9,519	0,75	46,41
A0922	118	120	59,00	122,82	11	95,82	143,82	14,36	10,243	0,75	49,93
A0923	103	120	60,00	124,38	18	95,38	143,38	23,35	14,881	0,75	55,80
A0924	43	120	60,00	124,38	10	95,38	143,38	12,97	9,473	1,00	61,58
A0925	43	120	60,00	124,38	11	95,38	143,38	14,27	10,193	1,00	66,26
A0926	46	120	60,00	124,38	15	95,38	143,38	19,45	12,936	1,00	84,08

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0927	118	120	60,00	124,38	23	95,38	143,38	29,83	17,964	1,00	116,77
A0928	118	120	60,00	124,38	16	95,38	143,38	20,75	13,593	0,75	66,27
A0929	118	120	60,00	124,38	15	95,38	143,38	19,45	12,936	1,00	84,08
A0930	59	120	60,00	124,38	10	95,38	143,38	12,97	9,473	1,00	454,73
A0931	59	120	60,00	124,38	13	95,38	143,38	16,86	11,589	0,75	417,20
A0932	59	120	60,00	124,38	10	95,38	143,38	12,97	9,473	0,75	341,04
A0933	59	120	60,00	124,38	20	95,38	143,38	25,94	16,135	0,75	580,87
A0934	43	120	62,00	127,55	19	95,55	143,55	24,34	15,366	1,00	99,88
A0935	59	120	63,00	129,15	10	96,15	143,15	12,73	9,341	1,00	448,38
A0936	97	120	63,03	129,19	15	96,19	143,19	19,10	12,754	1,00	63,77
A0937	97	120	63,66	130,23	23	95,23	143,23	29,17	17,660	1,00	88,30
A0938	97	120	63,66	130,23	20	95,23	167,23	25,37	15,862	1,00	79,31
A0939	15	120	63,66	130,23	20	95,23	167,23	25,37	15,862	1,00	103,10
A0940	33	120	63,66	130,23	15	95,23	167,23	19,03	12,717	0,50	41,33
A0941	43	120	63,66	130,23	20	95,23	167,23	25,37	15,862	1,00	103,10
A0942	43	120	63,66	130,23	20	95,23	167,23	25,37	15,862	1,00	103,10
A0943	43	120	63,66	130,23	20	95,23	167,23	25,37	15,862	1,00	103,10
A0944	43	120	63,66	130,23	26	95,23	167,23	32,98	19,404	1,00	126,13
A0945	43	120	63,66	130,23	22	95,23	167,23	27,91	17,067	1,00	110,94
A0946	49	120	63,66	130,23	22	95,23	167,23	27,91	17,067	1,00	110,94
A0947	70	120	63,66	130,23	15	95,23	167,23	19,03	12,717	1,00	82,66
A0948	118	120	63,66	130,23	25	95,23	167,23	31,71	18,828	1,00	122,38
A0949	118	120	63,66	130,23	20	95,23	191,23	25,37	15,862	1,00	103,10
A0950	59	120	63,66	130,23	23	95,23	191,23	29,17	17,660	1,00	847,68
A0951	46	120	64,00	130,78	9	95,78	191,78	11,39	8,576	1,00	55,74
A0952	59	120	64,00	130,78	15	95,78	191,78	18,99	12,697	0,75	457,10
A0953	46	120	65,00	132,42	10	95,42	191,42	12,59	9,257	0,75	45,13
A0954	33	120	66,00	134,08	15	96,08	191,08	18,77	12,585	1,00	81,80
A0955	46	120	66,00	134,08	13	96,08	191,08	16,27	11,275	0,50	36,64
A0956	49	120	66,00	134,08	15	96,08	191,08	18,77	12,585	0,50	40,90
A0957	70	120	66,00	134,08	10	96,08	191,08	12,51	9,217	0,75	44,93
A0958	118	120	68,00	137,47	11	95,47	191,47	13,61	9,832	1,00	63,91
A0959	43	120	70,00	140,96	15	95,96	191,96	18,36	12,374	0,75	60,32
A0960	43	120	70,00	140,96	10	95,96	215,96	12,24	9,062	0,50	29,45
A0961	46	120	70,00	140,96	9	95,96	215,96	11,02	8,357	-	-
A0962	46	120	70,00	140,96	7	95,96	215,96	8,57	6,890	0,75	33,59
A0963	97	120	70,03	141,01	20	96,01	215,01	24,48	15,432	1,00	77,16
A0964	33	120	70,03	141,01	20	96,01	215,01	24,48	15,432	1,00	100,31
A0965	33	120	70,03	141,01	19	96,01	215,01	23,25	14,836	1,00	96,43
A0966	33	120	70,03	141,01	15	96,01	215,01	18,36	12,372	1,00	80,42
A0967	43	120	70,03	141,01	23	96,01	215,01	28,15	17,181	1,00	111,68
A0968	43	120	70,03	141,01	22	96,01	215,01	26,93	16,605	1,00	107,93
A0969	43	120	70,03	141,01	22	96,01	215,01	26,93	16,605	1,00	107,93
A0970	46	120	70,03	141,01	10	96,01	215,01	12,24	9,061	1,00	58,89
A0971	46	120	70,03	141,01	12	96,01	239,01	14,69	10,423	0,75	50,81

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A0972	46	120	70,35	141,57	18	95,57	239,57	21,99	14,214	1,00	92,39
A0973	59	120	70,66	142,14	23	96,14	239,14	28,05	17,137	1,00	822,56
A0974	59	120	73,21	146,76	10	95,76	215,76	12,04	8,945	-	-
A0975	43	120	75,00	150,12	19	96,12	215,12	22,66	14,546	1,00	94,55
A0976	49	120	75,00	150,12	11	96,12	215,12	13,12	9,558	1,00	62,13
A0977	97	120	77,00	154,01	13	96,01	215,01	15,35	10,785	1,00	53,92
A0978	118	120	79,58	159,23	20	95,23	215,23	23,33	14,874	1,00	96,68
A0979	97	120	80,00	160,11	10	96,11	215,11	11,64	8,720	1,00	43,60
A0980	97	120	80,00	160,11	10	96,11	215,11	11,64	8,720	1,00	43,60
A0981	97	120	80,00	160,11	10	96,11	215,11	11,64	8,720	1,00	43,60
A0982	46	120	80,00	160,11	10	96,11	239,11	11,64	8,720	1,00	56,68
A0983	59	120	80,00	160,11	16	96,11	239,11	18,63	12,512	0,75	450,42
A0984	43	120	82,00	164,38	20	95,38	239,38	23,07	14,746	1,00	95,85
A0985	97	120	85,00	171,15	11	96,15	215,15	12,52	9,220	1,00	46,10
A0986	43	120	85,00	171,15	13	96,15	215,15	14,80	10,482	1,00	68,13
A0987	118	120	85,00	171,15	12	96,15	215,15	13,66	9,857	0,75	48,05
A0988	59	120	85,00	171,15	15	96,15	215,15	17,07	11,700	1,00	561,61
A0989	118	120	85,94	173,38	23	95,38	215,38	26,07	16,197	1,00	105,28
A0990	46	120	89,00	180,99	10	95,99	215,99	11,19	8,456	0,75	41,22
A0991	33	120	89,13	181,31	20	95,31	215,31	22,36	14,396	0,75	70,18
A0992	43	120	89,13	181,31	12	95,31	215,31	13,42	9,723	1,00	63,20
A0993	97	120	90,00	183,61	10	95,61	215,61	11,14	8,429	1,00	42,14
A0994	118	120	90,00	183,61	20	95,61	239,61	22,28	14,356	1,00	93,31
A0995	118	120	90,00	183,61	13	95,61	239,61	14,48	10,311	1,00	67,02
A0996	118	120	93,00	191,99	20	95,99	239,99	22,01	14,221	1,00	92,43
A0997	16	120	95,00	198,05	8	96,05	215,05	8,73	6,991	0,75	-
A0998	33	120	95,49	199,60	20	95,60	215,60	21,79	14,113	0,75	68,80
A0999	33	120	95,49	199,60	14	95,60	215,60	15,25	10,730	0,50	34,87
A1000	33	120	95,49	199,60	18	95,60	215,60	19,61	13,015	1,00	84,60
A1001	43	120	95,49	199,60	20	95,60	215,60	21,79	14,113	1,00	91,73
A1002	46	120	95,49	199,60	15	95,60	215,60	16,34	11,314	0,75	55,16
A1003	46	120	95,49	199,60	18	95,60	215,60	19,61	13,015	1,00	84,60
A1004	118	120	95,49	199,60	25	95,60	215,60	27,24	16,752	1,00	108,89
A1005	118	120	95,49	199,60	22	95,60	215,60	23,97	15,185	1,00	98,70
A1006	118	120	95,49	199,60	22	95,60	215,60	23,97	15,185	1,00	98,70
A1007	46	120	99,00	211,60	7	95,60	215,60	7,52	6,235	0,75	30,39
A1008	97	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	1,00	40,88
A1009	97	120	100,00	215,36	20	95,36	215,36	21,42	13,926	1,00	69,63
A1010	15	120	100,00	215,36	15	95,36	215,36	16,06	11,165	1,00	72,57
A1011	15	120	100,00	215,36	16	95,36	215,36	17,13	11,732	1,00	76,26
A1012	15	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	1,00	53,15
A1013	15	120	100,00	215,36	20	95,36	215,36	21,42	13,926	1,00	90,52
A1014	15	120	100,00	215,36	11	95,36	215,36	11,78	8,798	1,00	57,18
A1015	33	120	100,00	215,36	20	95,36	215,36	21,42	13,926	1,00	90,52
A1016	33	120	100,00	215,36	15	95,36	215,36	16,06	11,165	1,00	72,57

Continua

continuação Tabela A1

Árvore número	Cód. sp	D_{max} (cm)	D_o (cm)	I_o (ano)	H_o (m)	I_i (ano)	I_s (ano)	H_a (m)	V_a (m ³)	IA	R_a (R\$)
A1017	33	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	0,50	26,57
A1018	46	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	0,75	39,86
A1019	46	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	0,75	39,86
A1020	46	120	100,00	215,36	10	95,36	215,36	10,71	8,176	0,75	39,86
A1021	118	120	100,00	215,36	13	95,36	239,36	13,92	10,002	1,00	65,02
A1022	59	120	100,00	215,36	20	95,36	239,36	21,42	13,926	1,00	668,46
A1023	59	120	100,00	215,36	20	95,36	239,36	21,42	13,926	1,00	668,46
A1024	15	120	105,04	237,48	18	95,48	239,48	18,92	12,663	1,00	82,31
A1025	33	120	105,04	237,48	20	95,48	239,48	21,02	13,730	1,00	89,25
A1026	118	120	105,04	237,48	23	95,48	239,48	24,18	15,286	1,00	99,36
A1027	118	120	110,00	267,60	20	95,60	287,60	20,66	13,549	1,00	88,07
A1028	97	120	111,00	275,41	11	95,41	287,41	11,33	8,537	1,00	42,68
A1029	43	120	111,00	275,41	13	95,41	311,41	13,39	9,706	1,00	63,09
A1030	46	120	111,00	275,41	10	95,41	311,41	10,30	7,934	1,00	51,57
A1031	118	120	111,00	275,41	11	95,41	335,41	11,33	8,537	1,00	55,49
A1032	59	120	111,00	275,41	19	95,41	335,41	19,56	12,991	1,00	623,59
A1033	118	120	113,00	293,94	15	95,94	335,94	15,34	10,778	0,75	52,54
A1034	33	120	114,00	305,25	10	95,25	335,25	10,19	7,873	1,00	51,18
A1035	33	120	115,00	318,58	11	95,58	335,58	11,18	8,450	1,00	54,93
A1036	46	120	115,00	318,58	12	95,58	335,58	12,19	9,034	1,00	58,72
A1037	26	240	43,00	137,70	10	133,70	239,70	19,06	51,026	1,00	-
A1038	26	240	53,48	153,12	8	133,12	191,12	14,05	40,369	1,00	-
A1039	26	240	59,00	161,01	15	134,01	191,01	25,39	63,603	1,00	-
A1040	26	240	66,00	170,86	20	133,86	191,86	32,46	76,812	1,00	-
A1041	26	240	66,00	170,86	13	133,86	191,86	21,10	55,169	1,00	-
A1042	26	240	70,00	176,45	22	133,45	239,45	34,93	81,257	1,00	-
A1043	26	240	70,00	176,45	20	133,45	239,45	31,75	75,520	1,00	-
A1044	26	240	70,03	176,49	22	133,49	239,49	34,92	81,248	1,00	-
A1045	26	240	70,03	176,49	12	133,49	239,49	19,05	51,001	1,00	-
A1046	26	240	80,00	190,39	16	133,39	239,39	24,16	61,220	1,00	-
A1047	26	240	80,00	190,39	20	133,39	239,39	30,20	72,669	0,75	-
A1048	26	240	80,00	190,39	15	133,39	239,39	22,65	58,259	1,00	-
A1049	26	240	80,00	190,39	19	133,39	239,39	28,69	69,861	1,00	-
A1050	26	240	82,00	193,18	20	133,18	239,18	29,92	72,154	1,00	-
A1051	26	240	97,00	214,41	18	133,41	239,41	25,29	63,398	1,00	-
A1052	26	240	99,00	217,29	20	133,29	239,29	27,88	68,340	0,75	-
A1053	26	240	99,00	217,29	13	133,29	239,29	18,12	49,085	0,75	-
A1054	26	240	100,00	218,73	18	133,73	239,73	25,00	62,844	1,00	-
A1055	26	240	100,00	218,73	19	133,73	239,73	26,39	65,509	1,00	-
A1056	26	240	110,00	233,46	15	133,46	239,46	20,10	53,150	1,00	-
A1057	26	240	112,00	236,47	19	133,47	239,47	25,29	63,404	1,00	-
A1058	26	240	170,00	342,30	15	133,30	383,30	17,07	46,883	0,75	-
A1059	26	240	190,00	396,09	13	134,09	431,09	14,19	40,677	1,00	-
A1060	26	240	220,00	535,20	20	133,20	575,20	20,66	54,290	1,00	-
A1061	26	240	230,00	637,17	15	133,17	671,17	15,24	42,971	0,75	-

Observações:

- O nome da espécie de cada árvore pode ser obtido, consultando, na Tabela A2, em anexo, o mesmo código;
- D_{max} = porte máximo da árvore, em DAP, segundo inventários realizados no estado de Rondônia;

- c) D_o e $H_o = DAP$ e altura comercial medidos no inventário;
 - d) I_o = idade da árvore assumida, aplicando o modelo de crescimento de Bertalanffy - *MCB*;
 - e) I_i e I_s = idade de ingresso (recrutamento) e de saída (mortalidade), assumido pelo modelo;
 - f) H_a e V_a = valor assintótico de altura comercial e do volume de fuste, ajustados pelo *MCB* para D_{max} ;
 - g) Índice de aproveitamento (*IA*) comercial do fuste (desdobro), segundo avaliação do fuste feita no inventário;
 - h) Valor comercial da madeira assintótico ($R_a = V_a * P_u * IA$); preço unitário $P_u = R_a / (V_a * IA)$; preço corrente de outubro de 2002, sendo a taxa de câmbio de US\$1,00=R\$3,70.
- Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORE (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Tabela A2. Lista de espécie, de árvores com $DAP \geq 40\text{cm}$, com respectiva família botânica, classe de D_{max} , valor unitário da madeira a preço corrente de outubro de 2002, número de árvores, área basal, volume e valor da árvore em pé, de 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Espécie	Cód.	Nome científico	Família	D_{max}	R_v	N	G_o	V_o	R_o
Breu-vermelho	21	<i>Protium apiculatum</i> Swart.	Burceraceae	90	6,5	69	12,98	81,1	475
Roxinho	102	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Caesalpinaceae	100	6,5	66	15,19	127,8	774
Maracatiara	75	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	110	6,5	45	15,08	159,5	946
Envireira	43	<i>Duguetia surinamensis</i> F. E. Fr.	Annonaceae	120	6,5	39	12,34	125,0	772
Tachi-preto	114	<i>Tachigalia myrmecophila</i> (Ducke) Ducke	Caesalpinaceae	80	6,5	29	6,44	53,0	293
Tauari-corrimboque	118	<i>Couratari macrosperma</i> Q. C. Smith	Lecythidaceae	120	6,5	27	13,61	143,3	900
Tachi-branco	113	<i>Sclerolobium</i> sp	Caesalpinaceae	100	6,5	26	7,67	65,5	387
Ipê-roxo	59	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Stand.	Bignoniaceae	120	48,0	25	8,70	85,0	3.730
Pinho-cuiabano	97	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Caesalpinaceae	120	5,0	25	9,67	83,7	414
Castanheira	26	<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Lecythidaceae	240	-	25	24,25	245,4	-
Abiurana-preta	4	<i>Pouteria lasiocarpa</i> (Mart.) Radlk	Sapotaceae	90	-	25	5,45	44,7	-
Faveira-ferro	46	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Fabaceae	120	6,5	24	12,06	88,6	477
		<i>Licania octandra</i> (Hoffm. ex Roem. & Schult.) Kuntze	Chrysobalanaceae	70	-	23	4,79	42,0	-
Caraempé-roxo	25								
Mirindiba-amarela	78	n.d.9	n.d.9	90	-	23	5,43	42,1	-
Cumarú-ferro	39	<i>Dypterix odorata</i> Willd.	Fabaceae	100	6,5	21	5,85	51,7	309
Maparajuba-branca	74	<i>Pouteria</i> sp	Sapotaceae	90	-	21	5,04	49,2	-
Gogó-de-guariba	51	<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	Violaceae	110	-	21	4,86	40,2	-
Seringueira	104	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	100	-	19	3,83	32,3	-
Xixá-miúdo	122	<i>Cheiloclinium</i> sp	Hipocrateaceae	90	-	18	3,80	28,7	-
Cedro-mara	33	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke	Mimosaceae	120	6,5	18	10,40	98,7	564
Faveira-branca	45	<i>Piptadenia</i> sp	Mimosaceae	80	-	18	4,15	32,5	-
Abiu-bravo	1	<i>Pouteria oblanceolata</i> Pires	Sapotaceae	90	6,5	16	3,74	30,7	175
Abiurana-amarela	2	<i>Lindackeria</i> sp	Flacourtiaceae	70	6,5	15	3,16	24,8	148
		<i>Licaria canella</i> (Meissn.) Kosterm.							
Louro-chumbo	67	(Kaneelhart)	Lauraceae	70	6,5	15	3,27	24,6	144
Ucuúba-amarela	120	<i>Virola</i> sp	Myristicaceae	110	-	15	3,70	29,0	-
Caraempé-branco	24	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Chrysobalanaceae	90	-	13	3,00	27,1	-
Angelim-amargoso	12	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Fabaceae	110	6,5	13	2,65	22,8	143
Maparajuba-amarela	73	<i>Manilkara</i> sp	Sapotaceae	80	-	13	3,35	31,2	-
Pororoca / Cuiarana	100	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	Caesalpinaceae	90	-	12	2,93	20,6	-
Guariúba-amarela	53	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	110	-	12	3,47	27,8	-
Caxeta-branca	32	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	80	17,7	12	3,11	25,9	426
Orelha-de-macaco	83	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth	Mimosaceae	100	-	11	3,22	26,0	-
Copaíba	35	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Caesalpinaceae	100	-	10	2,28	19,3	-
Azedinho	17	<i>Dialium guianensis</i> (Aubl.) Sandwith	Caesalpinaceae	90	17,7	10	2,47	24,2	359
Jatobá	64	<i>Hymenaea courbaril</i> Linn.	Caesalpinaceae	110	17,7	10	3,33	31,4	556
Angelim-saia	15	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Mimosaceae	120	6,5	10	5,79	54,8	356
Sucupira-branca	111	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Fabaceae	80	17,7	9	2,53	23,6	369
Bordão-de-velho	18	<i>Calliandra</i> sp	Mimosaceae	70	-	8	1,72	16,2	-
Maçaranduba	70	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standley	Sapotaceae	120	6,5	8	1,96	17,7	108
Cedro-rosa	34	<i>Cedrela odorata</i> P. Blanco	Meliaceae	100	69,0	8	2,08	17,0	1.049
Sucupira-amarela	110	<i>Vatairea sericea</i> Ducke	Fabaceae	110	34,0	7	1,37	11,9	379
Caxeta-amarela	31	<i>Cordia</i> sp	Boraginaceae	60	34,0	6	0,96	7,2	224
Ingá-vermelho	58	<i>Inga cf. thibaudina</i> Dc.	Mimosaceae	60	-	6	1,16	7,7	-
Pama/Mururé-amarelo	85	<i>Pseudolmedia murure</i> Standley.	Moraceae	70	-	6	1,03	7,1	-
Abiurana-rosa	5	<i>Ecclinusa</i> sp	Sapotaceae	70	-	6	1,42	14,6	-
Catuaba-amarela	27	<i>Qualea dinizii</i> Ducke	Vochysiaceae	100	-	6	2,16	21,8	-
Mirindiba-roxa	79	n.d.10	n.d.10	60	-	6	1,02	8,1	-
Garapeira		<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Spr. var. <i>molaris</i> (Spr. ex. Bth.) Koepper	Caesalpinaceae	120	6,5	5	1,51	14,8	84
Copaíba-angelim	36	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	Caesalpinaceae	90	-	5	1,71	15,7	-
Ingá-branco	56	<i>Inga cf. buorgoni</i> (Aubl.) Willd.	Mimosaceae	60	-	5	0,81	5,4	-
Catuaba-roxa	29	<i>Qualea</i> sp	Vochysiaceae	80	-	5	1,15	12,4	-
Gogó-de-ema	50	n.d.4	n.d.4	80	-	5	1,35	14,0	-
Continua...									

Continuação da Tabela A2

Espécie	Cód.	Nome científico	Família	D_{max}	R_u	N	G_o	V_o	R_o
Cajuáçu / Cajuí	22	<i>Anacardium giganteum</i> Hancock ex Engl.	Anacardiaceae	90	-	4	0,81	6,8	-
Guarantã	52	<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth	Apocynaceae	120	-	4	0,75	4,6	-
Freijó-cinza	48	<i>Cordia alliodora</i> (R.F.) Cham.	Boraginaceae	60	34,0	4	0,74	5,8	198
Piquiarana	98	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	80	-	4	0,92	7,5	-
Pequi/Piquiá	94	<i>Caryocar villosum</i> Pers.	Caryocaraceae	100	-	4	0,98	10,3	-
Caraempé	23	<i>Licania</i> sp	Chrysobalanaceae	80	-	4	1,14	12,0	-
Marmeleiro-branco	76	<i>Conceveiba guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	50	-	4	0,56	4,0	-
Tamboril	115	<i>Parkia</i> sp	Fabaceae	100	-	4	1,62	13,1	-
Pau-jacaré	91	<i>Laetia procera</i> Eichl.	Flacourtiaceae	80	-	4	0,71	5,9	-
Murici-amarelo	82	<i>Byrsonima</i> sp	Malpighiaceae	50	-	4	0,59	3,5	-
Pama	84	<i>Perebea mollis</i> (P. & E.) Huber.	Moraceae	60	-	4	0,75	5,5	-
Ucuúba-preta	121	<i>Virola michelii</i> Heckl.	Myristicaceae	70	-	4	0,82	7,5	-
Itaúba-amarela	61	<i>Heisteria duckei</i> Sleum.	Olacaceae	60	-	4	0,78	6,9	-
Abiurana-vermelha	6	<i>Chrysophyllum auratum</i> Miq.	Sapotaceae	60	-	4	0,83	7,2	-
Maparajuba	72	<i>Manilkara</i> sp	Sapotaceae	80	-	4	0,83	7,5	-
Tarumã-preto	117	n.d.16	n.d.16	110	-	4	1,45	12,6	-
Quina-quina	101	<i>Geissospermum vellosii</i> Allem.	Apocynaceae	100	-	3	0,91	5,6	-
Embriatãna-rosa	42	<i>Pseudobombax</i> sp	Bombacaceae	80	-	3	0,78	6,3	-
Breu-branco	19	<i>Protium hebetatum</i> Daly	Burceraceae	60	-	3	0,50	2,6	-
Angelim-manteiga	13	<i>Andira retusa</i> H. B. & K.	Fabaceae	70	-	3	0,75	8,2	-
Sucupira-preta	112	<i>Diptotropis purpurea</i> (L. C. Rich.) Amshoff	Fabaceae	60	17,7	3	0,54	4,2	71
Cumaru-chato	38	<i>Dypterix</i> sp	Fabaceae	60	-	3	0,58	4,3	-
Angelim-pedra	14	<i>Parkia</i> sp	Fabaceae	100	6,5	3	1,20	9,4	57
Paracutacu	88	<i>Swartzia</i> sp	Fabaceae	100	-	3	0,91	5,6	-
Uchi	119	<i>Duckesia verrucosa</i> (Ducke) Cuatrec.	Humiriaceae	70	-	3	0,62	4,1	-
Ingá-ferro	57	<i>Inga cf. tomentosa</i> Benth.	Mimosaceae	100	-	3	1,19	8,5	-
Pama-preta	87	<i>Pseudolmedia</i> sp	Moraceae	60	-	3	0,46	3,0	-
Macucu-roxo	71	<i>Ouratea</i> sp	Ochnaceae	60	-	3	0,58	5,7	-
Pente-de-macaco	93	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	Tiliaceae	70	-	3	0,60	3,8	-
Algodoeiro	10	<i>Heliocarpus americanus</i> Linn.	Tiliaceae	70	-	3	0,73	5,9	-
Louro-rosa	69	n.d.8	n.d.8	60	-	3	0,60	3,6	-
Pau-chiador	89	n.d.11	n.d.11	60	-	3	0,56	4,8	-
Sorva	107	<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr.	Apocynaceae	120	-	2	0,38	3,1	-
Breu-manga	20	<i>Protium divaricatum</i> Engl.	Burceraceae	60	-	2	0,44	3,9	-
Embaúba	40	<i>Cecropia</i> sp	Cecropiaceae	60	-	2	0,41	2,6	-
Embaúba-torém	41	<i>Pouroma guianensis</i> Aubl.	Cecropiaceae	60	-	2	0,34	2,4	-
Mulungu-preto	81	<i>Erythrina</i> sp	Fabaceae	80	-	2	0,64	5,1	-
Coração-de-negro	37	<i>Swartzia</i> sp	Fabaceae	50	-	2	0,30	1,6	-
Louro-preto	68	<i>Ocotea caudata</i> Mez.	Lauraceae	70	-	2	0,34	2,6	-
Fava-branca	44	<i>Piptadenia</i> sp	Mimosaceae	80	-	2	0,62	3,5	-
Caucho	30	<i>Castilla ulei</i> Warb.	Moraceae	90	-	2	0,42	2,8	-
João-mole	65	<i>Guapira</i> sp	Nyctaginaceae	110	-	2	0,95	7,7	-
Pau-garrote	90	<i>Chrysophyllum</i> sp	Sapotaceae	60	6,5	2	0,40	3,3	18
Abiurana-branca	3	<i>Planchonella pachycarpa</i> Pires	Sapotaceae	80	6,5	2	0,39	2,9	19
Xixá-roxo	123	<i>Sterculia pruriens</i> K.Schum.	Sterculiaceae	60	-	2	0,44	4,8	-
Mirindiba	77	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Tiliaceae	100	-	2	0,38	2,2	-
Sorveira	108	n.d.19	n.d.19	60	-	2	0,49	4,0	-
Peroba-branca	96	<i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.	Apocynaceae	80	-	1	0,42	4,9	-
Samaúma	103	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	Bombacaceae	120	5,0	1	0,28	3,0	11
Seringueira-vermelha	106	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	60	-	1	0,20	1,3	-
Mulungu-amarelo	80	<i>Erythrina</i> sp	Fabaceae	80	-	1	0,25	1,6	-
Louro-amarelo	66	<i>Licaria rigida</i> (Kosterm.) Kosterm.	Lauraceae	50	6,5	1	0,15	1,0	3
Itaúba	60	<i>Mezilaurus itauba</i> (Ducke) Kosterm.	Lauraceae	60	6,5	1	0,19	1,3	6
Guariúba-branca	54	<i>Botocarpus</i> sp	Moraceae	80	-	1	0,43	5,0	-
Apuí	16	<i>Ficus</i> sp	Moraceae	120	-	1	0,71	4,1	-
Pama-mão-de-cachorro	86	<i>Perebea</i> sp	Moraceae	50	-	1	0,16	1,1	-
Acariquara	7	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	Olacaceae	80	-	1	0,16	1,1	-
Catuaba-branca	28	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	100	-	1	0,22	2,0	-
Aguano	9	n.d.1	n.d.1	90	-	1	0,50	5,6	-
Continua ...									

Continuação da Tabela A2

Espécie	Cód.	Nome científico	Família	D_{max}	R_u	N	G_o	V_o	R_o
Algodoeiro-bravo	11 n.d.2		n.d.2	50	-	1	0,16	1,1	-
Folha-larga	47 n.d.3		n.d.3	50	-	1	0,13	0,9	-
Imbiratanha-rosa	55 n.d.5		n.d.5	50	-	1	0,17	1,0	-
Jambo	62 n.d.6		n.d.6	50	-	1	0,15	0,8	-
Jambo-da-mata	63 n.d.7		n.d.7	50	-	1	0,13	0,7	-
Periquiteira	95 n.d.12		n.d.12	60	-	1	0,26	2,5	-
Piranheira	99 n.d.13		n.d.13	60	-	1	0,19	1,8	-
Seringueira-itaúba	105 n.d.14		n.d.14	80	-	1	0,47	4,4	-
Tarumã	116 n.d.15		n.d.15	50	-	1	0,15	1,0	-
Acariquara-lisa	8 n.d.17		n.d.17	70	-	1	0,28	1,9	-
Pau-pereira	92 n.d.18		n.d.18	60	-	1	0,22	1,5	-
Sorvinha	109 n.d.20		n.d.20	60	-	1	0,20	1,3	-

Legenda: Cód. = código numérico da espécie; n.d.1 ... n.d.20 = espécies não determinadas botanicamente; D_{max} = classe de tamanho da árvore, baseando-se no seu diâmetro máximo, em centímetro; R_u = valor comercial unitário da madeira, de tora sem defeito, em R\$.m⁻³ a preço corrente de outubro de 2002 sendo a taxa de câmbio de US\$1,00=R\$3,70; N = número de árvores com $DAP \geq 40$ cm, presente em 67,5ha de floresta; G_o , V_o , R_o = soma dos valores de área basal (m²), volume (m³) e valor comercial da madeira (R\$), em 67,5ha de floresta, respectivamente.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.

Tabela A3. Lista de famílias de árvores, com $DAP \geq 40$ cm, com número de árvores, espécies e de gêneros, soma dos valores absolutos e relativos de área basal, volume do fuste e valor comercial da madeira a preço corrente de outubro de 2002, encontradas em 67,5ha de floresta da Resex Aquariquara, município de Machadinho D'Oeste – RO

Cóg.	Família	Num. árvore		N. sp.	N.Gên	Área basal		Volume		Valor	
	Família	(un.)	(%)	(un.)	(un.)	(m ²)	(%)	(m ³)	(%)	(R\$)	(%)
(*)	Leguminosas (*)	377	35,5	33	26	113,5	37,4	961,1	36,1	5.592	37,4
13	Fabaceae	98	9,2	14	10	31,3	10,3	251,7	9,4	1.806	12,1
8	Caesalpinaceae	198	18,7	10	9	53,2	17,5	456,1	17,1	2.867	19,2
27	Sapotaceae	101	9,5	10	5	23,4	7,7	209,0	7,8	320	2,1
21	Mimosaceae	81	7,6	9	7	29,1	9,6	253,3	9,5	920	6,2
22	Moraceae	30	2,8	8	6	7,4	2,4	56,3	2,1	-	0,0
17	Lauraceae	19	1,8	4	3	3,9	1,3	29,5	1,1	154	1,0
3	Apocynaceae	10	0,9	4	3	2,5	0,8	18,1	0,7	-	0,0
7	Burceraceae	74	7,0	3	1	13,9	4,6	87,5	3,3	475	3,2
11	Chrysobalanaceae	40	3,8	3	2	8,9	2,9	81,0	3,0	-	0,0
12	Euphorbiaceae	24	2,3	3	2	4,6	1,5	37,6	1,4	-	0,0
32	Vochysiaceae	12	1,1	3	1	3,5	1,2	36,2	1,4	-	0,0
30	Tiliaceae	8	0,8	3	3	1,7	0,6	12,0	0,4	-	0,0
18	Lecythidaceae	52	4,9	2	2	37,9	12,5	388,7	14,6	900	6,0
1	Anacardiaceae	49	4,6	2	2	15,9	5,2	166,3	6,2	946	6,3
28	Simaroubaceae	20	1,9	2	1	5,2	1,7	42,9	1,6	1.475	9,9
23	Myristicaceae	19	1,8	2	1	4,5	1,5	36,5	1,4	-	0,0
14	Flacourtiaceae	19	1,8	2	2	3,9	1,3	30,7	1,2	148	1,0
6	Boraginaceae	10	0,9	2	1	1,7	0,6	13,0	0,5	422	2,8
9	Caryocaraceae	8	0,8	2	1	1,9	0,6	17,8	0,7	-	0,0
26	Olacaceae	5	0,5	2	2	0,9	0,3	8,0	0,3	-	0,0
10	Cecropiaceae	4	0,4	2	2	0,8	0,2	5,0	0,2	-	0,0
5	Bombacaceae	4	0,4	2	2	1,1	0,4	9,3	0,3	11	0,1
2	Annonaceae	39	3,7	1	1	12,3	4,1	125,0	4,7	772	5,2
4	Bignoniaceae	25	2,4	1	1	8,7	2,9	85,0	3,2	3.730	25,0
31	Violaceae	21	2,0	1	1	4,9	1,6	40,2	1,5	-	0,0
15	Hipocrateaceae	18	1,7	1	1	3,8	1,2	28,7	1,1	-	0,0
19	Malpighiaceae	4	0,4	1	1	0,6	0,2	3,5	0,1	-	0,0
25	Ochnaceae	3	0,3	1	1	0,6	0,2	5,7	0,2	-	0,0
16	Humirriaceae	3	0,3	1	1	0,6	0,2	4,1	0,2	-	0,0
29	Sterculiaceae	2	0,2	1	1	0,4	0,1	4,8	0,2	-	0,0
24	Nyctaginaceae	2	0,2	1	1	1,0	0,3	7,7	0,3	-	0,0
33	n.d.(**)	59	5,6	20	1	13,9	4,6	113,8	4,3	-	0,0
Total		1061	100,0	123	78	303,9	100,0	2.665,1	100,0	14.946	100,0

Obs.: Leguminosas (*) = soma das famílias Caesalpinaceae + Fabaceae + Mimosaceae; n.d.(**) = grupo de espécies não determinadas.

Fonte: Dados primários do inventário florestal, ECOPORÉ (1996), adaptada e elaborada pelo autor.