

VERSIDES SEBASTIÃO DE MORAES E SILVA

# **PROGRAMAÇÃO SIMULADA DE PRODUÇÃO CONTÍNUA EM FLORESTA TROPICAL ÚMIDA DA AMAZÔNIA**

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial na obtenção de Título de "Mestre em Ciências - M.Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1982



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

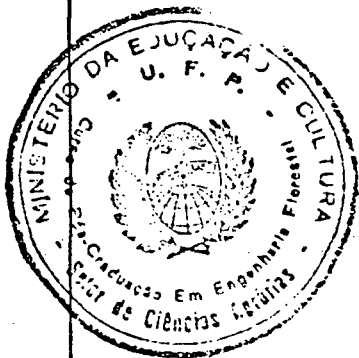
## PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato VERSIDES SEBASTIÃO DE MORAES E SILVA, sob o título "PROGRAMAÇÃO SIMULADA DE PRODUÇÃO CONTÍNUA EM FLORESTA TROPICAL ÚMIDA DA AMAZÔNIA" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 30 de junho de 1982.

Professor Niro Higuchi, M.Sc  
Primeiro Examinador

Professor Péricles Baicere Schmidt, M.Sc  
Segundo Examinador



Professor Roberto Tuyoshi Nosokawa, DR.  
Presidente

A

Meus Pais

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa por sua orientação, amizade e dedicação.

A Universidade Federal do Mato Grosso pelo auxílio financeiro.

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar a realização do presente curso.

Ao Professor Nelson Carlos Rosot, pela dedicação e Co-orientação referente a computação e processamento de dados.

Ao Professor Dr. Sylvio Péllico Netto pela co-orientação na realização do trabalho.

Ao Professor Dr. Sebastião do Amaral Machado pelas suas colaborações prestadas na realização do trabalho.

Ao Professor Helmut Forte Daltro, Coordenador do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso pela amizade e confiança dedicada.

A colega Yoshiko Saito Kuniyoshi, pela colaboração e sugestões para a redação.

A funcionária Marise do Carmo Druzina do Centro de Computação Prof. Altair Pereira Barusso da UFPr pela colaboração no processamento dos dados.

Aos demais colegas do curso e aqueles que direta ou indiretamente colaboraram.

## BIOGRAFIA

VERSIDES SEBASTIÃO DE MORAES E SILVA, filho de Deodoro Aquino de Moraes e Cenizia Amância de Moraes, nasceu no dia 28 de setembro de 1952, na cidade de Poconé, Estado de Mato Grosso.

Iniciou seus estudos na cidade de Poconé, em 1962, terminando o primeiro grau no Ginásio Estadual Prof. Fernando Leite de Campos, em 1971.

Em 1972 iniciou o segundo grau na Escola Técnica Federal de Mato Grosso, concluindo-o em 1974.

Em 1975 ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, concluindo-o em 1978.

Nomeado, em março de 1974, professor de primeiro e segundo graus da rede estadual de Ensino em Várzea Grande. Designado, em novembro de 1976, Vice-Diretor da Escola Estadual do 1º e 2º graus "Licínio Monteiro da Silva", permanecendo até março de 1980.

Contratado pela Universidade Federal de Mato Grosso em 1979, como Professor Auxiliar de Ensino do Departamento de Engenharia Florestal.

Ingressou, em 1980, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, na opção "Manejo Florestal", concluindo os créditos em junho de 1981 para a obtenção do Título de "Mestre em Ciências - M.Sc.

## S U M Á R I O

	Página
Lista de Figuras .....	ix
Lista de Quadros .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Formação e estrutura de povoamentos naturais	4
2.2. Crescimento e estrutura da árvore .....	5
2.2.1. Fisiologia do crescimento .....	5
2.2.2. Crescimento em diâmetro .....	6
2.2.3. Crescimento em volume .....	7
2.2.4. Determinação do incremento em volume .....	8
2.3. Crescimento de floresta tropical .....	9
2.4. Regeneração natural .....	12
2.5. Ciclo de corte .....	14
2.5.1. Determinação do ciclo de corte .....	14
2.5.2. Sistema Indonésio de corte seletivo .....	15
2.6. Estrutura diamétrica .....	16
2.6.1. Distribuição do número de árvores em classes de diâmetros .....	16
2.6.2. Distribuição do volume .....	21
2.6.3. Descrições das funções .....	22
2.6.3.1. Função exponencial .....	22

	Página
. 2.6.3.1.1. Função de Densidade Tipo I .....	22
. 2.6.3.1.2. Função de Densidade Tipo II .....	23
2.6.3.2. Função Potencial .....	24
2.6.3.3. Função Polinomial .....	24
2.7. Estudo do desenvolvimento do povoamento <u>atr</u> vés de técnica de simulação .....	25
2.7.1. Princípios .....	25
2.7.2. Simulação aplicada ao manejo florestal .....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	29
3.1. Materiais .....	29
3.1.1. Descrição geral .....	29
3.1.1.1. Florestas Amazônicas .....	29
3.1.1.2. Considerações gerais sobre o Pólo <u>Juruá-Soli</u> mões .....	30
. 3.1.1.2.1. Localização e extensão .....	30
. 3.1.1.2.2. Geologia .....	32
. 3.1.1.2.3. Geomorfologia e relevo .....	32
. 3.1.1.2.4. Características pedológicas .....	32
. 3.1.1.2.5. Características climáticas .....	33
. 3.1.1.2.6. Precipitação pluviométrica .....	33
. 3.1.1.2.7. Umidade relativa .....	34
. 3.1.1.2.8. Temperatura do ar .....	34
3.1.1.3. Descrição tipológica da área .....	34
. 3.1.1.3.1. Floresta tropical densa .....	34
. 3.1.1.3.2. Floresta tropical densa aluvial .....	35
. 3.1.1.3.3. Floresta tropical densa de <u>ter</u> ras baixas .....	35

. 3.1.1.3.4. Floresta tropical densa de terras baixas - relevo dissecado..	36
. 3.1.1.3.5. Floresta tropical aberta .....	36
. 3.1.1.3.6. Floresta tropical aberta, aluvial terraços e planícies .....	36
. 3.1.1.3.7. Áreas de formações pioneiras ..	37
. 3.1.1.3.8. Áreas de tensão ecológica .....	38
3.1.2. Sistema de Computação Hewlett-Packard .....	38
3.2. Métodos .....	38
3.2.1. Amostragem .....	38
3.2.2. Obtenção dos dados .....	40
3.2.3. Obtenção do volume .....	40
3.2.3.1. Coleta de dados .....	40
3.2.3.2. Função utilizada .....	41
3.2.4. Preparação dos dados originais .....	41
3.2.5. Estrutura diamétrica .....	42
3.2.5.1. Intervalo de classe .....	42
3.2.5.2. Modelos testados para descrever a estrutura diamétrica .....	42
3.2.6. Cálculo do incremento .....	43
3.2.6.1. Incremento em diâmetro .....	43
3.2.6.2. Incremento em volume .....	44
3.2.6.3. Cálculo da tendência de crescimento volumétrico da floresta .....	47
3.2.7. Teste de validade dos modelos .....	49
3.2.8. Cálculo do volume de corte .....	50
3.2.9. Processamento de dados .....	51



	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
4.1. Modelos de equações de regressão .....	52
4.1.1. Teste dos intervalos de classes .....	52
4.1.2. Volume comercial com casca por classe de diâ metros .....	52
4.2. Incrementos em diâmetros .....	57
4.3. Incremento em volume .....	60
4.4. Tendência do crescimento volumétrico da flo resta .....	62
4.5. Ciclo de corte .....	65
4.6. Volume anual de corte .....	73
5. CONCLUSÕES .....	82
6. RESUMO .....	84
SUMMARY .....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Três tipos de distribuição diamétrica decrescentes, plotados sobre escala das ordenadas em semi-logarítmos (LOETSCH et al. <sup>23</sup> ) .....	19
2	Localização da área em estudo .....	31
3	Unidade amostra (conglomerado) .....	39
4	Distribuição do volume .....	45
5	Tendência de crescimento volumétrico .....	48
6	Distribuição do volume comercial com casca por 100 ha de todas as árvores, ajustadas pelo modelo GOFF & WEST de 3º grau .....	58
7	Ajuste da equação da reta para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 40 a 80 cm .....	68
8	Ajuste da equação da reta para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 50 a 80 cm .....	69
9	Ajuste da equação da parábola do 2º grau para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 40 a 80 cm .....	70

Figura		Página
10	Ajuste da equação da parábola do 2º grau para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 50 a 80 cm .....	71
11	Modelo teórico de exploração contínua .....	74
12	Fluxograma do cálculo do volume de corte .....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Coefficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 2 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras .....	53
2	Coefficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 5 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras .....	54
3	Coefficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 7 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras .....	55
4	Coefficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 10 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras .....	56
5	Volume comercial com casca observado e volume comercial com casca estimado pela polinomial de GOFF & WEST de 3º grau por classe de diâmetro de 10 cm por 100 ha, para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras .....	59

6	Volumes destinados à exploração anual e que se rá deixada como estoque de crescimento, em ci clos futuros, para cada nível inicial de corte de diâmetros de 40, 50 e 60 cm .....	61
7	Dados de $IPA_v$ e $IPA_d$ utilizado para ajustar os modelos de tendências do crescimento volumétrico, com limite de DAP igual a 40 cm, para $\pm 1$ e 2 desvios padrões em relação ao valor médio ...	63
8	Dados de $IPA_v$ e $IPA_d$ utilizados para ajustar os dados de tendências do crescimento volumétrico, com limite de DAP igual a 50 cm, para $\pm 1$ e 2 desvios padrões em relação ao valor médio .....	64
9	Valores dos coeficientes, G.L., R, Syx, Syx%, SQ.RES. e F, para as regressões testadas para descrever as tendências de crescimento volumétrico da floresta em função do incremento em diâmetro, para uma amplitude de exploração de $50 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 80 \text{ cm}$ , com desvios $\pm 1$ e 2 desvios em relação à média .....	66
10	Valores dos coeficientes G.L., R, Syx, Syx%, SQ.RES. e F, para as regressões testadas para descrever as tendências de crescimento volumétrico da floresta em função do incremento em diâmetro, para uma amplitude de exploração de $40 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 80 \text{ cm}$ , com $\pm 1$ e 2 desvios em relação à média .....	67
11	Volume de corte anual estimado pelos modelos de tendência de crescimento volumétrico .....	79

Quadro

Página

12	Volume de corte anual estimado pelos modelos de tendência de crescimento volumétrico .....	80
----	---	----

## 1. INTRODUÇÃO

A forma de utilização e a pressão exercida hoje na região Amazônica, por grupos econômicos, pela sistemática de colonização e ocupação de novas áreas, vem sendo a cada dia mais questionadas, a fim de tentar disciplinar a exploração madeireira na Amazônia.

A simples ocupação da terra pela derrubada e queima da cobertura vegetal existente não é, com certeza, o mais recomendável. Os produtos da floresta, podem constituir uma fonte de renda capaz de custear a implantação dos projetos desde que permanentemente bem manejados.

Qualquer iniciativa neste sentido requer informações científicas, sem as quais se torna difícil obter mecanismos capazes de elaborar um plano de utilização racional. O manejo florestal neste caso, objetiva dar informações sobre a situação da complexidade da estrutura florestal, para fornecer substancial detalhamento dos mecanismos desejáveis do manejo das florestas.

O parâmetro de maior importância, para descrever o desenvolvimento do povoamento é a idade. Porém a floresta Amazônica caracteriza-se pela distribuição espacial irregular das árvores em espécie, dimensões e idade. A heterogeneidade dessas variáveis eleva o custo de exploração, tornando antieconômica a atividade madeireira.

O sistema de exploração florestal, predominante na região Amazônica, atualmente, é o da prática de corte seletivo de madeira. Em consequência desse sistema, as indústrias não podem contar com um suprimento contínuo de matéria-prima e, constantemente, em sua maioria, entram em ociosidade por falta de madeira.

Partindo da necessidade de se conhecer as tendências de crescimento, velocidade e recuperação florestal, após um certo nível de exploração do povoamento num determinado período, é que se resolveu estudar a produção contínua da Área 3 do polo Juruá-Solimões para encontrar um modelo base de utilização racional orientada. Este trabalho será o primeiro passo a proporcionar informações adequadas para um melhor manejo da área, e condições de conhecer a estrutura da floresta, dirigindo a uma produção sustentada e com o menor desequilíbrio ecológico.

O principal objetivo do presente trabalho é o de estudar a estrutura do povoamento, através de princípios de simulação, que com o uso de modelos matemáticos tentará equacionar este sistema visando sua produção contínua.

Os objetivos específicos são:

- a. Selecionar, na literatura, e testar os modelos que melhor se ajustem aos dados da área;
- b. Obter a distribuição volumétrica do povoamento, através do melhor modelo;
- c. Executar um estudo simulado do crescimento volumétrico do povoamento com os modelos:



- Parábola do 2º grau
  - Parábola do 3º grau
- d. Simular o ciclo de corte, variando o nível de exploração e o período do ciclo de corte;
- e. Calcular o volume anual de corte para cada período de ciclo de corte, quando há variação no nível de exploração.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. FORMAÇÃO E ESTRUTURA DE POVOAMENTOS NATURAIS

Segundo MOSER<sup>27</sup> e WADSWORTH\*, citado por BARROS<sup>5</sup>, descreveram a dinâmica da formação de povoamentos multiantes, considerando o desenvolvimento de florestas sob solos descobertos. Aparecem pequenos indivíduos que, ao passar do tempo desenvolvem-se, formando estratos no sentido vertical através da dominância de uns indivíduos sobre os outros. O contínuo aparecimento de novos indivíduos no estrato inferior, limita o espaço de crescimento das árvores novas com o aumento da densidade, proporcionando a eliminação dos elementos menos capazes de competir.

Para MEYER<sup>25</sup> uma floresta virgem em climax, consiste de grande quantidade de espécies tolerantes, representam uma condição que tem sido mantida por centenas de anos através de uma seqüência natural da morte de grandes árvores e que estabelece um abundante suprimento de regeneração. Com o passar do tempo surgem árvores que passam por um processo natural de seleção permanente, até uma única remanescente.

\* WADSWORTH, R.K. A study of diameter distributions of an uneven aged tropical forest by means of a transition matrix model. Washington, 1977. 155 f. Dissertação. Ph.D. University of Washington.

Uma floresta multiana equilibrada é aquela onde o crescimento atual pode ser removido anualmente ou periodicamente, mantendo-se ao mesmo tempo a estrutura e o volume inicial. É considerada uma floresta com estoque normal, capaz de sustentar uma produção. Em uma floresta virgem equilibrada, o crescimento em vigor é compensado pela mortalidade corrente; o balanço existente entre o crescimento e a mortalidade torna possível que a floresta se perpetue indefinidamente.

## 2.2. CRESCIMENTO E ESTRUTURA DA ÁRVORE

### 2.2.1. FISILOGIA DO CRESCIMENTO

O conhecimento da estrutura da árvore é essencial à compreensão dos processos fisiológicos e químicos. É necessário possuir um conhecimento sobre a estrutura da folha, para que se perceba a forma como a fotossíntese e a transpiração são afetadas pelos diferentes fatores do meio ambiente. Também deve-se conhecer a estrutura da raiz para que se aprecie o mecanismo de absorção de água e dos sais, e é essencial uma certa informação sobre a estrutura do tronco para que se possa compreender a ascensão da seiva e o transporte do alimento. Dada a circunstância de que todos os processos fisiológicos são mais ou menos afetados pela estrutura dos tecidos e dos órgãos em que ocorrem, o conhecimento da estrutura é fundamental para que se entenda o processo do crescimento das árvores.

O crescimento de uma árvore envolve muitos processos

bioquímicos complexos simultâneos. O ritmo de cada um desses processos varia com o tempo, e como resultado destas variações e das variações do meio, as árvores apresentam periodicidade de crescimento diário, estacional e ao longo do ciclo de vida. As árvores crescem rapidamente durante a sua juventude e mais lentamente à medida que vão envelhecendo. O crescimento de uma árvore em altura e diâmetro começa e termina em datas diferentes. A periodicidade estacional do crescimento em altura é sobretudo regulado pelos fatores genéticos internos, o crescimento em diâmetro é mais sensível às flutuações do meio (LARCHER<sup>22</sup>, KRAMER & KOZLOWSKI<sup>20</sup>, STREET & ÖPIK<sup>36</sup> & RAY<sup>32</sup>).

#### 2.2.2. CRESCIMENTO EM DIÂMETRO

O crescimento em diâmetro reveste-se de particular interesse, porque a espessura das camadas anuais e a proporção relativa do lenho no início e final de estação tem efeitos importantes na quantidade e na qualidade do lenho produzido. O crescimento em diâmetro é mais rápido nos primeiros períodos vegetativos, atenuando-se consideravelmente à medida que este decorre. Numerosos estudos sobre crescimento em diâmetro tem indicado que ocorrem regularmente variações diárias nos diâmetros dos troncos das árvores. Parte desta variação deve-se às alterações em volume, conseqüência das alterações no teor de água, que tendem a esconder as variações verificadas na intensidade do crescimento (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>20</sup>, MORAES<sup>28</sup> e LARCHER<sup>22</sup>).

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI<sup>20</sup> o crescimento em diâmetro

tro que ocorre durante um período vegetativo segue uma curva sigmoidal modificada. A estação de crescimento em diâmetro, varia com as espécies e com a altitude, em geral, ocorre durante um espaço de tempo maior do que o crescimento em altura. Parece não haver uma relação consistente entre a data do início do crescimento e a respectiva intensidade. Em regra geral, as espécies que apresentam um ciclo de vida longo crescem menos em um dado período, do que as espécies com ciclo de vida curto.

Para LOETSCH et al.<sup>23</sup>, o diâmetro é a variável mais essencial para a obtenção do volume; também o incremento em diâmetro é o mais importante componente para a determinação do incremento em volume. Além disso, é a variável de maior facilidade de medição dentre os componentes do incremento.

### 2.2.3. CRESCIMENTO DO VOLUME

ASSMAN<sup>3</sup> considera que o incremento em volume é uma função dos componentes de incrementos em área transversal e altura. O desenvolvimento destes componentes não coincidem no tempo. O incremento em altura culmina mais cedo que o incremento em área transversal, enquanto que o incremento em volume culmina mais tarde. Com ajuda da curva de incremento em volume, também podem ser definidas as três fases naturais de crescimento; as idades reais para os pontos de inflexão, entretanto, diferem consideravelmente da curva de incremento. Enquanto que BACKMAN\*, citado por ASSMAN<sup>3</sup>, em sua lei

\* BACKMAN, G. Roux Archiv. Leipzig, 1943. 141, 455 and Bios 15.

de crescimento, usa a altura e o incremento em altura como base, sugere o volume e o incremento em volume da árvore como a base mais lógica e natural. A velocidade deste desenvolvimento é afetado pelos mesmos fatores internos e externos que afetam a atividade do incremento em altura e diâmetro. Há um desenvolvimento mais rápido para as espécies exigentes de luz, enquanto que as espécies tolerantes tem um menor desenvolvimento. A posição sociológica das árvores e a densidade do povoamento também afetam o desenvolvimento em volume. Assim, povoamentos, com diferentes estratos e grande variação na idade, provocam geralmente um desenvolvimento irregular.

BURGER<sup>6</sup> considera que o crescimento em volume de uma árvore depende do crescimento da área transversal, da altura e do desenvolvimento do fator de forma. Para calcular o incremento em volume deve-se considerar o incremento destes três fatores:

$$V = f(g, h, f_{1,3})$$

Para DAVIS<sup>10</sup>, a determinação do incremento em volume envolve o incremento em altura e diâmetro, bem como o incremento em área basal.

#### 2.2.4. DETERMINAÇÃO DO INCREMENTO EM VOLUME

LOETSCH et al.<sup>23</sup> considera que o incremento em volume pode ser exatamente determinado através da diferença entre os volumes das árvores entre dois períodos de medição. Considera-se a medição na ocasião A e B. Tem-se:

$$V_A = G_A h_A f_A$$

$$V_B = G_B h_B f_B$$

$$I_v = V_B - V_A$$

$$I_g = G_B - G_A$$

$$I_h = h_B - h_A$$

$$I_f = f_B - f_A$$

logo o incremento em volume é dado por:

$$I_v = G_B h_B f_B - G_A h_A f_A$$

onde:

$V_A$  - volume determinado na ocasião A

$V_B$  - volume determinado na ocasião B

$I_v$  - incremento em volume

$g$  - área transversal

$h$  - altura

$f$  - fator de forma

$I_g$  - incremento em área transversal

$I_h$  - incremento em altura

$I_f$  - incremento em fator de forma

O incremento periódico anual em volume (IPA) pode ser obtido pela seguinte equação:

$$IPA_v = (V_B - V_A)/n$$

em que:

$n$  - intervalo de tempo entre a ocasião A e B.

### 2.3. CRESCIMENTO DE FLORESTA TROPICAL

MORAES<sup>28</sup> realizou um estudo, na reserva de mata de terra firme do Mocambo (reserva anexa à Área de Pesquisas

Ecológicas do GUAMÁ-EPEG) do Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do Norte (IPEAN), Belém, Pará, para obter a periodicidade de crescimento do tronco em algumas espécies da floresta Amazônica.

Do experimento observou-se que, para cada espécie estudada, há uma concordância no crescimento mensal, isto é, quando num determinado período há um acréscimo na velocidade de crescimento, isso se verifica, de um modo geral, em todos os indivíduos observados, o mesmo ocorrendo em relação à diminuição. A média, portanto, exprime com propriedade as tendências de variação de crescimento foram em geral, maiores para os indivíduos de porte médio; com exceção do *Theobroma subincamun*, em que os indivíduos de diâmetros próximos a 10 cm crescem mais rapidamente. Verificou-se os crescimentos mais elevados nos meses mais chuvosos, embora o máximo de pluviosidade não corresponda diretamente aos máximos de crescimento. Quanto aos valores de menor crescimento, também não correspondem ao mínimo de precipitação.

HEINSDIJK & BASTOS<sup>15</sup> estudando a distribuição dos diâmetros das florestas pluviais da Amazônia e a velocidade com que se processa a mudança de uma árvore que ocupa uma classe de diâmetro menor para outra imediatamente superior, verificaram que uma espécie de rápido crescimento, por exemplo, a árvore de Breu (*Protium* spp.), que ocupa a classe de diâmetro de 25-34 cm, a velocidade de mudança é de 2,0 cm/ano; enquanto que para a Cupiúba (*Goupia glabra*) que ocupa a mesma classe de diâmetro a velocidade de crescimento é de 0,48 cm por ano.

Para dar uma idéia do significado das diversas veloci



dades de crescimento, expressadas no tempo, os autores admitiram que a árvore média, da classe de diâmetro 3 ( $25 \leq \text{DAP} < 34$  cm), cresce respectivamente; 2,0 cm, 1,50 cm, 1,0 cm, 0,80 cm, 0,60 cm, 0,40 cm, por ano, números que coincidiram com o tempo de crescimento da floresta toda, e os da árvore de Breu e da Cupiúba.

Para estes dados os autores concluíram que a velocidade média de crescimento das árvores da floresta Amazônica, da classe de diâmetro 3, é em torno de 0,80 cm por ano.

JOHNSON<sup>19</sup> cita que na costa Oeste da América do Norte são feitos cortes prematuros em povoamentos florestais de Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) com mais de 2000 m<sup>3</sup> por ha; já na Indonésia corta-se menos de 60 m<sup>3</sup> acima da média por ha. Com um corte de raleamento e com o aproveitamento de todas as árvores com diâmetro de 15 cm poderia dobrar esse valor. O período de ciclo de corte na Indonésia e Malásia é de 35 anos. Supondo que o volume cortado será restabelecido neste tempo, a razão de crescimento parcial da floresta é de 1 a 3 m<sup>3</sup> por ha/ano.

LOWE\* citado por JOHNSON<sup>19</sup>, diz que o crescimento da floresta natural da Nigéria é de 2 m<sup>3</sup> por ha/ano. MOMOH & GIBSON\*\* citados por JOHNSON<sup>19</sup>, constatou que é comum o rendimento nas Savanas da Guiné de 1 m<sup>3</sup> por ha/ano. TAGUDAR\*\*\*

\* LOWE, R.G. Nigerian experience with natural regeneration in tropical moist forest. Mimeographed, 1973.

\*\* MOMOH, Z.O. & GIBSON, I. A. S. Status of diseases and insect pest in Africa and Eurasia. FAO World Technical Consultation on Forest Diseases and Insects, 2., New Delhi, 1975. (FAO/IUFRO/DI/75-1-0)

\*\*\* TAGUDAR, E.E. Development of industrial plantations inside paper Industries Corporation of Philippines. Proceedings of the Forest Research. Symposium of Industrial Forest Plantations, Manila, June 26, 1974.

também citado por JOHNSON<sup>19</sup>, diz que na ilha de Mindanao, nas Filipinas, o corte seletivo em florestas de *Dipterocarpus* produzem de 2,9 a 4,3 m<sup>3</sup> por ha/ano.

#### 2.4. REGENERAÇÃO NATURAL

FINOL<sup>11,12,13</sup> considera como regeneração natural todos os descendentes das plantas arbóreas que se encontram entre 0,1 m de altura até os 10 cm de DAP ou até o limite de diâmetro estabelecido no levantamento natural.

Segundo o mesmo autor, a regeneração natural das espécies florestais do ecossistema floresta constitui o apoio ecológico de sua sobrevivência. Fitossociologicamente deveria entender-se que para uma "associação climax", a grande maioria das árvores que integram a cobertura geral das florestas, teriam que estar representadas na regeneração, para que desta maneira possa haver substituição normal dentro da mesma identidade botânica. Entretanto pela grande amplitude ecológica do ambiente e pela grande variabilidade florística disponível, deve-se aceitar que mesmo numa floresta climax, sempre ocorrerão representantes arbóreos sem regeneração, devido, fundamentalmente, ao potencial de "espécies oportunistas" que só esperam uma pequena clareira na cobertura para fazerem parte da estrutura.

Segundo PETIT<sup>30</sup> e FORSTER\* citado em UFPr<sup>39</sup>, o estudo da regeneração natural é de importância fundamental na

\* FORSTER, M. Strukturanalyse eines tropischen regenwaldes in Kolumbein. Allg. Forst. u. j.-Ztg., 144(1): 1-8, 1973.

preparação dos planos de manejo florestal, para informar se a vegetação se presta às medidas de transformação.

CARVALHO<sup>7</sup> realizou um inventário diagnóstico da regeneração natural em uma área da Floresta Nacional do Tapajós, área considerada como uma das amostras mais representativas da cobertura florestal densa da Amazônia Brasileira. Concluiu que a ocorrência da regeneração natural de espécies valiosas apresentou-se elevada, podendo ser aproveitada na formação de povoamento de elevado valor comercial; havendo necessidade, no momento, de eliminar a competição e, no futuro, de efetuar desbastes seletivos, para obter-se maior valor do povoamento adulto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup> para caracterizar a estrutura vertical, da área 3 do Polo Juruá-Solimões, fez um levantamento da regeneração natural e observou-se que para o total da floresta, a regeneração é de 6.509,97 indivíduos por hectare. Este total de indivíduos servem para dar uma visão geral da regeneração pois aparecem muitas espécies que não apresentam representantes arbóreos com DAP maior que 20 cm, excetuando-se cipós, arbustos, gramíneas, taquaras e samambaias.

Assim como algumas espécies que ocorreram apenas na regeneração natural, há outras que possuem representantes arbóreos com DAP maior que 20 cm e não apresentam regeneração. São 60 espécies das quais 6 são de importância econômica.

A regeneração natural está assim distribuído:

Classe de diâmetro(em cm)	%
menor que 5	81,38
de 5 a 10	12,18
de 10,1 a 15	4,40
de 15,1 a 20	2,04

## 2.5. CICLO DE CORTE

### 2.5.1. DETERMINAÇÃO DO CICLO DE CORTE

MEYER et al.<sup>26</sup>, definem o ciclo de corte como o intervalo planejado entre as operações de maior derrubada na mesma sub-área, do povoamento, ou outra subdivisão permanente da floresta.

Para DAVIS<sup>10</sup>, a maioria das considerações silviculturais do povoamento pressionam a uma direção de ciclos de cortes comparativamente curtos, 10 ou menos anos, os quais permitem um melhor controle biológico dos povoamentos, do que para ciclos de cortes maiores. Um corte anual não muito severo seria biologicamente o ideal para o povoamento. Os cortes freqüentes são desejáveis para manter o povoamento crescendo constantemente e, ainda, para melhorar a sua composição em espécies, estrutura, tamanho e evitar dificuldades entomológicas. Um corte razoavelmente pesado pode ser necessário em alguns tipos florestais para facilitar a regeneração das espécies desejáveis e para remover o estoque excedente de grandes árvores, freqüentemente em condição de forma pobre.

Geralmente há um relacionamento entre a qualidade dos produtos removidos e os períodos de ciclo de corte. Há uma tendência para o manejo de florestas com períodos de ciclos de cortes longos, em média há uma menor produção que os períodos de ciclos curtos. Devido a esta tendência geral e por causa da conversão, o valor por unidade de volume de árvore aumenta substancialmente com o diâmetro, havendo um incentivo financeiro para aplicar em períodos de ciclos

curtos de corte para maximizar o valor unitário médio do material produzido. Se há grande investimento de capital a ser corretamente aplicado em um desenvolvimento florestal, haverá uma pressão para fazer um corte pesado por ha e conseqüentemente voltado ao uso de um período de ciclo de corte longo. Se as facilidades de transportes são boas de tal maneira que a floresta possa ser prontamente alcançada e o seu manejo é intensivo, ela pode ser preparada para cortes anuais.

Na prática, os ciclos de cortes são usualmente agrupados a um intervalo que permitirá um serviço de derrubada praticável e ao mesmo tempo produzir o máximo de volume possível ou de valor dos produtos. A obtenção da integração de considerações biológicas e econômicas, que darão o mais alto retorno líquido possível para uma situação particular e para os propósitos do manejo constitui-se no problema maior. Em geral usos de períodos de ciclos de cortes mais longos, os produtos são de maior qualidade, entretanto períodos de ciclos curtos permitem um melhor controle sobre a floresta e são financeiramente mais desejáveis que os ciclos de cortes longos (DAVIS<sup>10</sup>, MEYER et al.<sup>26</sup>).

#### 2.5.2. SISTEMA INDONÉSIO DE CORTE SELETIVO

O Sistema Indonésio de Corte Seletivo, re desenvolvido, apresentado por MATOSOEDIGDO<sup>24</sup>, baseia-se na condição das florestas da Indonésia e no estágio atual de utilização da madeira. É considerado um método mais seguro para a utilização das florestas tropicais heterogêneas com

grandes variedades na composição de espécies. Este sistema controla uma produção contínua e mantém um razoável equilíbrio ecológico.

Os aspectos técnicos do Sistema Indonésio de Corte Seletivo baseiam-se em:

a) Limites de diâmetros; com base em um ciclo de corte de 35 anos as espécies de valor comercial com DAP menor que 50 cm são deixados no povoamento como estoque em crescimento.

b) Árvores mães; as árvores mães são aquelas que irão constituir o principal estoque de madeira para o próximo ciclo de corte.

Para assegurar um estoque de madeira de espécies comerciais para o próximo ciclo de corte, um número de 25 árvores por ha, com um diâmetro mínimo de 35 cm, devem ser deixadas na área. Este Sistema Indonésio de Corte Seletivo não é aplicado para grupos de árvores com diâmetros inferiores a 30 cm.

## 2.6. ESTRUTURA DIAMÉTRICA

### 2.6.1. DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CLASSES DE DIÂMETROS

Muitos pesquisadores vem se preocupando com o estudo da distribuição para povoamentos naturais.

LOETSCH et al.<sup>23</sup> classificam as distribuições nos seguintes tipos: Unimodal, multimodal e decrescentes.

As unimodais são características dos povoamentos jo

vens equianeos, podendo ser encontrados em povoamentos naturais, como por exemplo, *Dipterocarpus alatus*.

As multimodais não ocorrem em povoamentos naturais, às vezes são encontrados em povoamentos em que houve aproveitamento de árvores que ocupam apenas uma classe de diâmetro. Estas distribuições podem ser causadas por:

1. Mistura de espécies em diferentes ritmos de crescimento;
2. diferenças de idade;
3. utilização de certas classes de diâmetros que satisfaçam à demanda;
4. diferenças consideráveis de sítios.

As multimodais apresentam pouca importância nos estudos florestais.

As diamétricas decrescentes são características dos seguintes povoamentos:

- a. Florestas naturais que apresentam árvores de todas as classes de idade em uma pequena área;
- b. povoamentos florestais bem manejados que existem indivíduos de uma determinada espécie em todas as classes de idade;
- c. florestas artificiais, quando consideradas para uma região, estado ou país.

Em 1892 DE LIOCURT\* citado por MEYER et al.<sup>26</sup>, desenvolveu um modelo baseado em Progressão Geométrica para distribuição de diâmetro em floresta natural e, estabelece que a razão do número de árvores em sucessivas classes de diâmetro

\* DE LIOCURT, F. L'aménagement de sapinières. Bull. de la Société For.Franche - Comté à Belfort. Besancon, 1898.

tro dentro de um povoamento é constante.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{N_3}{N_4} = \dots \dots \dots q$$

Se a estrutura de um povoamento segue esta lei, o número de árvores nas classes subsequentes podem ser derivadas pela série geométrica.

$$N_1 = qN_2 = q^2N_3 = q^3N_4 = \dots q^{n-1}N_n$$

A razão "q" é chamado de quociente de Liocurt. Os principais aspectos do modelo são:

- a. A relação entre o número de árvores por hectare e o diâmetro a altura do peito (DAP) produz na linha reta quando traçado em papel semi-logarítimo;
- b. O valor de "q" que caracteriza a distribuição é a razão do número de árvores numa determinada classe de diâmetro sobre o número na próxima classe de maior valor.

As distribuições diamétricas decrescentes podem apresentar três tipos:

Tipo I - O número de árvores por unidade de área de cresce nas classes sucessivas de diâmetros em uma progressão geométrica uniforme,

$$N_1 = qN_2 = q^2N_3 = \dots q^{n-1}N_n$$

Tipo II - O número de árvores por unidade de área de cresce nas classes sucessivas de diâmetros em progressão geométrica crescente,

$$N_1 > qN_2 > q^2N_3 > q^3N_4 > \dots > q^{n-1}N_n$$

Tipo III - O número de árvores por unidade de área decresce nas classes sucessivas de diâmetros em progressão



geométrica decrescente,

$$N_1 < qN_2 < q^2N_3 < q^3N_4 < \dots < q^{n-1}N_n$$

Estas distribuições são apresentadas na Figura 1.

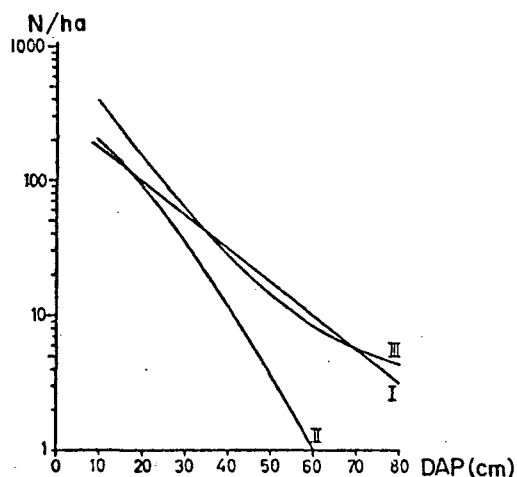


Figura 1. Três tipos de distribuição diamétrica decrescentes, plotados sobre escala das ordenadas em semi-logarítmos (LOETSCH et al.<sup>23</sup>)

MEYER et al.<sup>26</sup> estudando as distribuições diamétricas concluíram que o número de árvores por classe de diâmetros teriam a forma de "J" invertido quando plotados no gráfico.

Sugerem que numa floresta multiana balanceada, o incremento pode ser retirado anualmente, mantendo uma floresta de crescimento normal capaz de sustentar uma produção. Em floresta virgem e nas florestas bem manejadas a estrutura diamétrica permanece equilibrada. Não somente estas mas também as grandes áreas florestais que contenham madeiras finas, clareiras e grande quantidade de madeira para serraria, como é o caso das florestas nacionais.

MEYER et al.<sup>26</sup> aplicaram o modelo geral baseado na teoria de De Liocurt, a função de distribuição exponencial para as espécies de florestas mistas na Pensilvânia.

HIENSDIJK & BASTOS<sup>15</sup> estudando a distribuição diamétrica das florestas pluviais da Amazônia e no Norte do Espírito Santo utilizou a seguinte equação:

$$N = a \cdot D_{cl}^b \quad \text{ou} \quad \log N = \log a + \log D_{cl}^b$$

onde:

N = número de árvore por hectare

$D_{cl}$  = valor numérico da classe de diâmetro.

O Centro de Pesquisas Florestais - UFPR<sup>37</sup>, com a finalidade de avaliar a situação atual da Região de Influência da represa Itaipu e sugerir um plano de Manejo Florestal apropriado para atender os requisitos de proteção da área, aplicou a teoria de De Liocurt para a equação exponencial negativa de Meyer pela utilização da metodologia de ALEXANDER & EDMINSTER\*.

GOFF & WEST<sup>14</sup> introduziram um modelo polinomial para descrever a estrutura dos povoamentos uniformes. Em povoamentos naturais de estrutura uniforme, a distribuição diamétrica dos povoamentos tem uma tendência sigmoïdal. Isto, deve-se ao fato que a razão entre crescimento e mortalidade não serem distribuídos uniformemente para as freqüências das classes de diâmetros.

BARROS<sup>5</sup> testando sete equações para descrever a distribuição diamétrica da floresta do planalto Tapajós por

\* ALEXANDER, A. & EDMINSTER, C. Uneven-aged management of old growth spruce-fir forests: cutting methods and stand structure goals for the initial Entry.

grupos de espécie, encontrou que a polinomial sugerida por GOFF & WEST<sup>14</sup> e a exponencial introduzida por MEYER et al.<sup>26</sup>, apresentaram melhores resultados. Para o intervalo de classe de 10 cm os modelos apresentaram melhores ajustes, uma vez que a precisão das equações decresce a medida que diminui o intervalo de classe.

#### 2.6.2. DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME

HERRICK<sup>16</sup> define a estrutura de povoamento como o complexo do povoamento com sua distribuição e frequência de árvores e volume por classe de diâmetro. Estudou a distribuição do volume através do cálculo do ponto de máxima produção em diâmetro do povoamento. Este ponto é definido quando o volume da árvore com o DAP médio é máximo, ou seja, o ponto onde o volume por unidade de área (ha) começa a diminuir mais rapidamente enquanto DAP médio da árvore aumenta. É um ponto crítico do povoamento.

No campo do Manejo Florestal duas formas de estruturas de distribuição de volume são conhecidas, a saber:

- a. Formato "J" que é caracterizada pela distribuição do volume por classe de diâmetro, aumenta ou diminui consistentemente quando a classe de diâmetro do povoamento aumenta;
- b. Formato de sino, aproxima da distribuição normal. Para este modelo, o volume será aproximadamente o mesmo para os pontos de mínima e máxima classe de diâmetro.

MEYER et al.<sup>26</sup> dizem que a distribuição do volume é

utilizada para fornecer a estrutura de um povoamento florestal multiana. Mais tarde CHAPMAN<sup>9</sup> fez uma clara referência da importância da distribuição do volume por classe de diâmetro para se conhecer o estoque volumétrico do povoamento florestal.

CARVALHO<sup>8</sup>, estudando a freqüência de árvores, volume e composição da mata em diversas classes de diâmetros, em área de floresta tropical úmida não explorada, localizada na Floresta Nacional do Tapajós, concluiu que há variações na freqüência diamétrica das árvores em diferentes espécies. Em geral, a freqüência do volume por espécies está relacionado com a freqüência de árvores por espécies. Para espécies com distribuição quase uniforme o volume é sempre maior nas classes de diâmetro maiores.

### 2.6.3. DESCRIÇÕES DAS FUNÇÕES

#### 2.6.3.1. FUNÇÃO EXPONENCIAL

##### - 2.6.3.1.1. Função de Densidade Tipo I

MEYER et al.<sup>26</sup>, baseado na teoria de De Liocurt aplicou a função exponencial que é representada pela função de densidade:

$$Y_i = A \cdot e^{-Bx_i} \quad \text{passando para a forma loga-}$$

rítmica temos:

$$\ln Y_i = \ln a + bx_i \cdot \ln e$$

como  $\ln e = 1$ , a função resume-se em:

$$\ln Y_i = \ln a + bx_i$$

onde:

$Y_i$  = número de árvore por unidade de área ou volume por classes de diâmetro

$x_i$  = centros de classes de diâmetros

$a, b$  = constantes a serem estimados

$e$  = base logarítmo natural.

Esta função admite um quociente de decréscimo entre as freqüências proporcional e constante, de modo que os fatores ingresso, crescimento e mortalidade atingem em proporção constantes as freqüências em todas as classes de diâmetros da distribuição. Fornece uma linha reta quando plotado em papel semi-logarítmico. Se uma floresta apresenta tal distribuição é considerada balanceada.

#### - 2.6.3.1.2. Função de Densidade Tipo II

LOETSCH et al.<sup>23</sup>, utilizaram-se desta função para ajustar a distribuição diamétrica em que a variável independente é o diâmetro ao quadrado. A equação é:

$$Y_i = a e^{-bx_i^2}$$

onde:

$Y_i$  = número de árvores por unidade de área ou volume por classes de diâmetro

$x_i$  = centro de classe de diâmetro

$a, b$  = coeficientes a serem estimados

$e$  = base logarítmo natural

O quociente entre o número de árvores em cada classe de diâmetro não é constante, pois aumenta com o acréscimo dos diâmetros, resultando em distribuições não lineares quando plotados em papel semi-logarítmico.

### 2.6.3.2. FUNÇÃO POTENCIAL

MERVART\* em 1972 citado por BARROS<sup>5</sup>, para ajustar os dados da Nigéria aplicou também os seguintes modelos:

$$Y_i = a.b^{-x_i}$$

$$Y_i = a.x_i^{-b}$$

$Y_i$  = número de árvores por unidade de área ou volume por classe de diâmetros  $x_i$ .

$a, b$  = coeficientes a serem estimados.

### 2.6.3.3. FUNÇÃO POLINOMIAL

A polinomial sugerida por GOFF & WEST<sup>14</sup>, para ajustar as distribuições diamétricas de povoamentos florestais foi a série potencial, da forma:

$$\log Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2^2 + b_3X_3^3 + b_4X_4^4 + \dots + b_nX^m$$

em que o logaritmo do número de árvores por unidade de área em função das potências sucessivas do diâmetro variando entre o primeiro ao m-ésimo grau.

O critério utilizado para selecionar o grau apropriado da polinomial foi o índice de correlação ( $r$ ). O grau utilizado será aquele onde o valor de " $r$ " seja maior ou igual a 0,95.

Se o grau do polinômio for igual ao número de clas

\* MERVART, J.O. Frequency curves of the growing stock in the Nigerian high forest. Nigerian J. For., 2(1): 7-17, 1972.

ses de diâmetro a linha de regressão ajustado passará por todos os pontos da classe de diâmetro.

## 2.7. ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DO POVOAMENTO ATRAVÉS DE TÉCNICA DE SIMULAÇÃO

### 2.7.1. PRINCÍPIOS

Segundo PERKINS<sup>29</sup> a simulação é uma técnica para representar e facilitar a execução de um sistema (de mesma classe, espécie ou natureza), sobre um prolongado período de tempo. Neste caso o tempo é um elemento essencial.

A simulação é usada para auxiliar em decisões onde o modelo de otimização não podem ser aplicados. Por exemplo, quando os sistemas reais são tão complexos que não podem ser descritos por uma série precisa de equações matemáticas, ou mesmo, se muitas dessas séries de equações podem ser determinadas, porém, impossível de serem resolvidos com uma solução precisa. Em cada caso a simulação fornece uma maneira de resolver tais dificuldades.

BARE<sup>4</sup>, define simulação como sendo um processo dinâmico para construir um modelo e movimentá-lo através do tempo.

NAYLOR et al.\* citado por BARE<sup>4</sup>, classificou os modelos em:

- a - Modelos Físicos;
- b - Modelos Analógicos;

\* NAYLOR, T.H. et al. Computer simulation techniques. New York, Wiley, 1966.

- c - Modelos Matemáticos;
- d - Modelos Determinísticos;
- e - Modelos Estocásticos;
- f - Modelos Estáticos;
- g - Modelos Dinâmicos.

A simulação pode ser usada na criação de modelos de povoamentos. Usando procedimentos de simulação é possível descrever os efeitos de competição, arranjo espacial, crescimento e produção, mortalidade de um dado povoamento a medida que o mesmo se desenvolve com o tempo.

SPIECKER<sup>34</sup>, distingue dois tipos de simulação para desenvolvimento de povoamentos, ou seja, para o desenvolvimento de árvores individuais e para os povoamentos como uma unidade básica.

O crescimento de árvores individuais é determinado por suas propriedades genéticas e ambientais. O desbaste influencia o ambiente de cada árvore, isto é, influencia a relação de concorrência entre as árvores vizinhas.

Para a imitação do povoamento como uma unidade básica é mais interessante as características globais que representam as propriedades relevantes do povoamento, tais como, altura dominante, volume total por hectare, número de árvores por hectare.

O volume destas unidades globais podem ser formulados matematicamente por um sistema de equação, por exemplo, função de distribuição normal, função de distribuição exponencial (SHAMBLIN & STEVENS<sup>33</sup>).

A imitação do desenvolvimento do povoamento como um todo não representa as características de cada árvore na



realidade mas pode representar uma distribuição de frequências das grandezas de árvores individuais. Assim a simulação pode representar a distribuição dos diferentes diâmetros e alturas causadas pela variação genética, pela variação do micro-sítio, pela densidade, pelas interferências humanas, etc.

A variação total pode ser separada em classes de árvores. O crescimento, ingresso e a mortalidade do povoamento total pode ser alocado a cada classe de árvore de acordo com a alocação na realidade.

BARE<sup>4</sup>, cita que um dos primeiros usos de simulação em florestas foi o teste de projeto de amostragem alternativa, úteis em inventário florestal. Um segundo uso de simulação foi feita para a criação de povoamentos.

A simulação foi ainda usada na distribuição espacial da árvore, tamanho do povoamento, padrão de corte e no tipo de equipamento a ser utilizado na exploração de uma certa área florestal.

#### 2.7.2. SIMULAÇÃO APLICADA AO MANEJO FLORESTAL

Segundo BARE<sup>4</sup>, a primeira aplicação da simulação nesta área foi o simulador florestal de Harvard. Esse modelo foi construído para determinar os efeitos a longo prazo, de estratégia de corte, susceptível a variação de preço.

Na Estação Experimental das Montanhas Rochosas foi aplicado um segundo modelo que indicava geograficamente a localização do povoamento a ser cortado. Este permite testar inúmeras combinações alternativas de estratégias de ma

nejo para períodos prolongados de tempo. Um terceiro simulador de manejo florestal foi criado na Universidade da Geórgia, nos EUA. Este modelo identifica cada povoamento associado a um certo regime de manejo. O simulador não computa os volumes de madeiras e os valores descontados num modelo de programação linear. O objetivo é maximizar o valor atual descontado do material colhido, sujeito a restrições no volume de madeira cortada e o número de hectares regenerados a cada ano.

VALE<sup>40</sup>, utilizou jogo simulado em manejo florestal para tomar decisões sobre as alternativas de manejo, o que facilita a tomar o caminho mais viável para atingir os objetivos da produção.

ABREU<sup>1</sup>, baseou em simulação para desenvolver uma metodologia para a regulação da produção dos desbastes, independentemente do corte final.

HOSOKAWA<sup>17</sup> utilizou a técnica de simulação a fim de elaborar normas que possibilitem o manejo persistente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAIS

##### 3.1.1. DESCRIÇÃO GERAL

Será apresentada aqui uma descrição sumária das florestas Amazônicas bem como considerações gerais sobre o Pólo Juruá-Solimões, contendo uma descrição física, classificação tipológica e localização da área base em estudo.

##### 3.1.1.1. FLORESTAS AMAZÔNICAS

HUECK<sup>18</sup>, afirma que uma floresta pluvial tropical só encontra condições para se desenvolver em nosso globo quando as precipitações são superiores a 1.800-2.000 mm, onde períodos secos prolongados não possam interromper o desenvolvimento da vegetação, e que a temperatura seja relativamente constante e sem grandes variações durante o ano com a mínima superior a 18°C.

A Amazônia brasileira situa-se no extremo Norte do Brasil sendo detentora de um grande complexo hídrico florestal, com uma área aproximadamente de 260 milhões de hectares, o que representa 30,5% do território nacional, 52% do território Amazônico onde fazem parte mais oito países e 78% das florestas brasileiras.

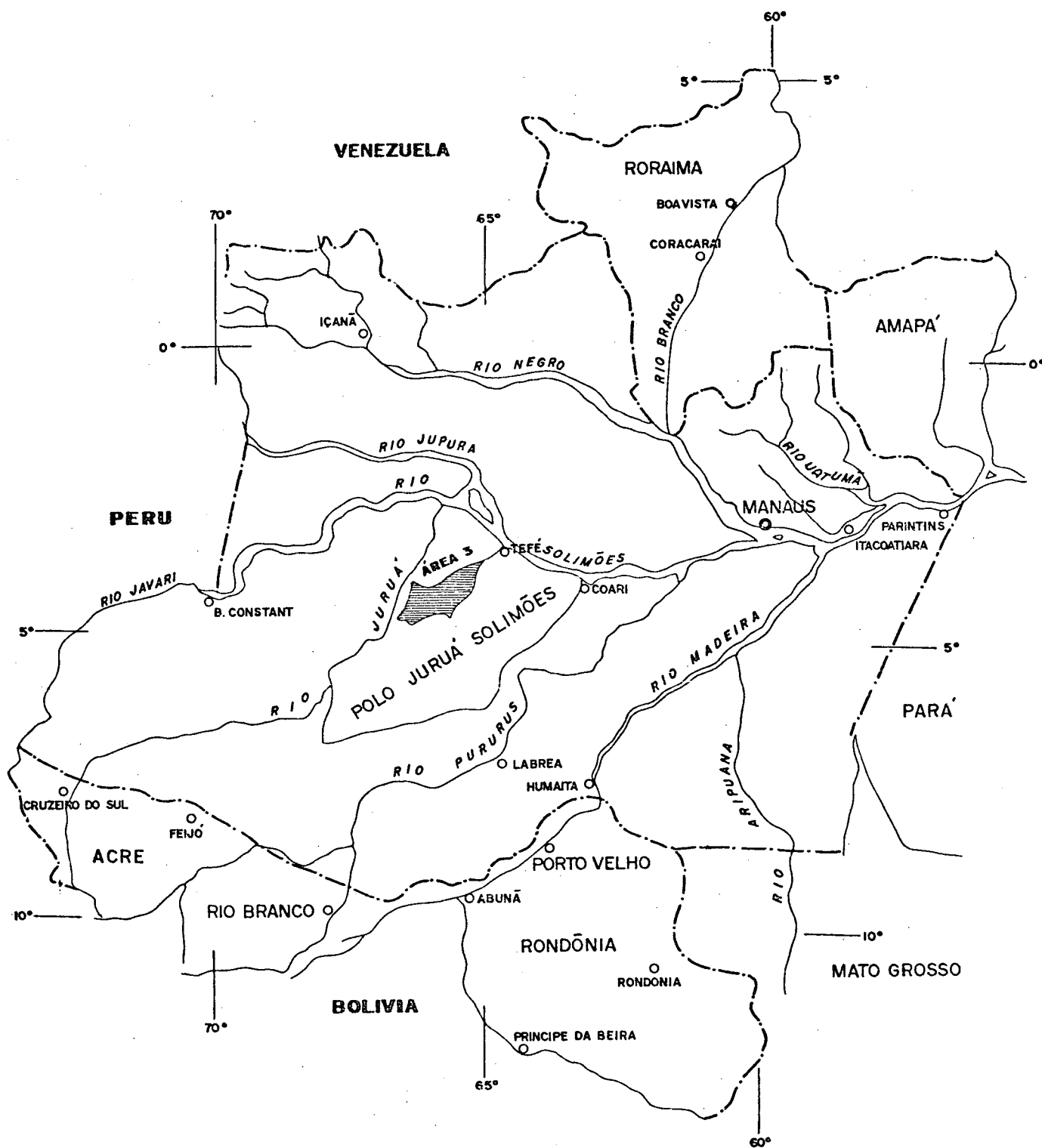
A floresta Amazônica, segundo HEINSDIJK & BASTOS<sup>15</sup>, existem muitas divergências entre especialistas quanto a uma classificação para as florestas tropicais, devido sua grande extensão. Uma das características marcantes dessas florestas é a existência de grande número de espécies e em sua maioria com folhas perenes. Outra característica é a irregularidade de ocupação das espécies no estrato florestal e a grande variedade de forma da seção dos troncos das árvores.

### 3.1.1.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O POLO JURUÁ-SOLIMÕES

Nas pesquisas de Revisão Bibliográficas tratadas neste capítulo, utilizou-se principalmente, as folhas Juruá, Manaus e Purus dos Levantamentos de Recursos Naturais executados pelo Projeto RADAMBRASIL, que foi utilizado pelo Centro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná<sup>38</sup>, na realização do Inventário Florestal. A área inventariada faz parte da região coberta por tais folhas e, portanto, as informações são específicas.

#### - 3.1.1.2.1. Localização e Extensão

Localiza-se entre os paralelos 3°30' a 4°30' de latitude Sul e os meridianos de 65° a 66°20' de longitude Oeste de Greenwich. A área tem aproximadamente 1.000.000 ha, tendo seu limite ao Norte com o rio Bauana, Sul pelo rio Curimatá de Cima, a Leste pelo rio Tefé e a Oeste pelo rio Andirá (Figura 2). Nesta área estão incluídos os municípios de Tefé e Juruá, do Estado do Amazonas.



### ESTADO DO AMAZONAS

Figura 2. Localização da área em estudo.

- 3.1.1.2.2. Geologia

Está inteiramente incluída nos domínios da província Geológica Depósitos Cenozóicos, que engloba os sedimentos, plio-plistocênicos da formação do Solimões e os depósitos aluvionários, holocênicos, associados a rede de drenagem amazônica; Aluviões Indiferenciados sobre terraços fluviais e Aluviões Atuais das planícies de inundação (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

- 3.1.1.2.3. Geomorfologia e Relevo

Caracteriza-se pela predominância de interfúlvios tabulares de intensidade de aprofundamento da drenagem muito fraca e índices de ordem de grandeza variáveis, pertence ao planalto rebaixado da Amazônia. Além dessa forma de relevo, ocorrem superfícies pediplanadas e colinas (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

- 3.1.1.2.4. Características Pedológicas

Predominam nesta área, solos Podzólicos Vermelho Amarelos e Laterita Hidromórfica em associações. São diferenciados em manchas contínuas e sinuosas onde os bordos dissecados dos interfúlvios de relevo mais movimentado são ocupados por Podzólicos Vermelho Amarelo Álicos e as partes centrais são planas ocupadas pelas Lateritas Hidromórficos Álicos.

Na parte dissecada dos interfúlvios tabulares, a formação do horizonte argílico, facilmente identificado no cam

po, define o processo de podzolização. Estes solos são mais ou menos livremente drenados, aparecendo aí a plintita que por sua vez não forma uma fase contínua dentro de 1,25 m da camada superficial do solo.

Os sedimentos formadores são arenitos de granulometria fina, grosseiro e argilitos.

A Laterita Hidromorfa são os solos que ocupam o centro dos interfúlvios, correspondente na classificação americana a ordem dos Ultissolos e dos Oxissolos.

#### - 3.1.1.2.5. Características Climáticas

Segundo a classificação de Köeppen o clima da região enquadra-se no Grupo A.

O clima dominante na área em estudo é o Clima Tropical Chuvoso, que se caracteriza por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C, limite abaixo da qual não se desenvolvem plantas tropicais. Tanto a temperatura como a chuva sofrem um mínimo de variação anual e mantem-se em um nível relativamente elevado. A amplitude anual das temperaturas médias mensais não ultrapassa a 5°C (HUECK<sup>18</sup>, BARROS<sup>5</sup> e UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

#### - 3.1.1.2.6. Precipitação Pluviométrica

Um dos fatores característicos desta região é a elevada pluviosidade que está em torno de 2.500 mm a 2.759 mm. O período chuvoso geralmente tem o seu início em outubro, atingindo maiores índices nos meses de janeiro, fevereiro e março.

- 3.1.1.2.7. Umidade relativa

A média anual está situada entre os valores de 85 a 90%, ocorrendo os maiores valores no período de janeiro a julho.

- 3.1.1.2.8. Temperatura do Ar

As temperaturas do ar apresentam poucas variações durante o ano todo. A média anual está entre 24°C a 26°C.

3.1.1.3. DESCRIÇÃO TIPOLOGICA DA VEGETAÇÃO DO PÓLO JURUÁ-SOLIMÕES

Com a realização do Inventário Florestal do Pólo Juruá-Solimões, Área 3, pelo Centro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná - UFPR<sup>38</sup> as matas foram classificadas, segundo os mapas florestais obtidos através de fotografias aéreas em:

- 3.1.1.3.1. Floresta Tropical Densa

Este tipo florestal apresenta um dossel de copa fechada, onde as alturas das árvores variam entre 25 a 35 m, com árvores emergentes que atingem até 40 m de altura.

Os fatores climáticos são favoráveis ao desenvolvimento das atividades biológicas, onde a abundância de luminosidade, água e calor, propiciam a ocorrência de grande número de espécies que contrastam com homogeneidade fisionômica



apresentada pela cobertura vegetal.

Esta floresta apresenta um sub-bosque, geralmente, limpo e sombrio, onde ocorrem espécies herbáceas tolerantes, conseqüência da pouca luz que atinge o solo.

#### - 3.1.1.3.2. Floresta Tropical Densa Aluvial

Esse tipo de formação florestal é caracterizada por inundações periódicas. As espécies existentes, nesta região, estão ecologicamente adaptadas às variações do nível da água, predominando nessa formação florística a Sumauma (*Ceiba pentandra*), ao lado de abundantes palmáceas e plantas rosuladas como a *Heliconia* spp.

#### - 3.1.1.3.3. Floresta Tropical Densa de Terras Baixas

Segundo UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>, a área pertence à sub-região dos Baixos Platôs da Amazônia, essa unidade florística ocorre nas partes centrais dos interfúlvios tabulares e nas superfícies pediplanadas.

As formações florestais de terras baixas apresentam grupamento de espécies emergentes nas elevações mais pronunciadas dos interfúlvios como o angelim-da-mata (*Hymenolobium petraeun*), castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) entre outras, que sofrem competição em luz no estrato arbóreo superior. As palmeiras ocorrem preferencialmente em locais úmidos.

As árvores mais grossas e com alturas superiores a 40 m ocorrem na formação dos platôs. Apresenta um grande nú

mero de espécies emergentes, sem estrato arbustivos, intensa regeneração de espécies arbóreas, com predominância das Abiu ranas e outras árvores de grande porte.

- 3.1.1.3.4. Floresta Tropical Densa de Terras Baixas-  
Relevo Dissecado

Esta formação pertence à sub-região dos Baixos Platôs da Amazônia, ocorrendo nas regiões dos interfúlvios dissecados. A homogeneidade das espécies acentua-se com a diminuição da ocorrência de espécies emergentes, proporcionalmente, com a diminuição da declividade. A formação florística das colinas varia com o maior ou menor grau de dissecação (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

- 3.1.1.3.5. Floresta Tropical Aberta

Esta cobertura vegetal ocorre principalmente nas planícies e terraços do rio Tefé. É caracterizada pela presença de grandes árvores espaçadas, permitindo que os raios de luz atinjam os estratos inferiores. Nos espaços abertos surgem lianas, bambús e palmeiras (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

- 3.1.1.3.6. Floresta Tropical Aberta, Aluvial Terraços e Planícies

Estas formações são caracterizadas pelas suas ocorrências nas margens do rio Bauana, Curimatá de Baixo, Curimatá de

Cima, margens do rio Andirá e seus afluentes, e fazem parte da sub-região pluvial da Amazônia.

As espécies florestais de porte arbóreo mais frequentes são as Ucuúba (*Virola melinini* Bern), Anani (*Simphonia globulifera* L.F.) e outros. As palmeiras ocupam os terraços e as planícies que são periodicamente inundadas. Esta associação é caracterizada pelo alto índice de Buriti e com pouca presença de Babaçu (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

#### - 3.1.1.3.7. Áreas de Formações Pioneiras

Aparecem na foz do rio Bauana e pequena área na margem do rio Tefê, próximo à foz do rio Curimatá de Baixo.

Neste tipo de formação florística o ambiente envolve a vegetação que se encontra em fases de sucessão. As gramíneas, ciperáceas e outras são as primeiras que surgem devido a evolução pedológica e períodos de inundações menos acentuadas. As estruturas lenhosas e portes arbustivas, são representadas pelas Embaubas (*Cecropia* spp), Ucuúba (*Virola surinamensis*) e Macucu-de-paca (*Aldina heterophylla*).

A fase arbórea é o período de transição para floresta, caracterizada pelo Faveiro-do-igapó (*Crudia amazonica*), Muiratinga (*Olmediophaema maxima*), Sumauma (*Ceiba pentandra*) e outras. A ausência de sub-matas é uma das características marcantes. As espécies que compõem este tipo de vegetação são decíduas e perdem as folhas durante as enchentes (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

### - 3.1.1.3.8. Áreas de Tensão Ecológica

Fazem parte destas áreas, os terraços e planícies aluviais periodicamente inundadas. Apresenta-se praticamente em toda extensão da margem do rio Tefé e parte final das margens do rio Curimatá de Baixo. Caracteriza-se por espécies como: Açacu (*Hura creptans*), Cedro (*Cedrela* spp.), Pau-d'arco (*Tabebuia* spp.), Ucuúba (*Virola* spp.), Piquiá (*Caryocar villosum*) e outras.

### 3.1.2. SISTEMA DE COMPUTAÇÃO HELLEWTT-PACKARD

Para este sistema, foram utilizados canais de fitas cassetes para entrada de dados, impressora de linha HP-2607 A para saída e os computadores HP - 9830 A com o plotter HP - 9862 A, no processamento e construção de gráficos.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. AMOSTRAGENS

Os tipos florestais definidos pela Equipe de Fotointerpretação, do Centro de Pesquisas Florestais - CPF (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>), foram englobados, fundamentalmente, em dois grandes estratos: floresta de várzea e de terra firme. Aplicaram-se nos mesmos a amostragem em conglomerados, com quatro sub-unidades estruturadas em curz de forma retangular, com 10 m de largura por 250 m de comprimento. A partir do centro do conglomerado mediu-se 10 m para cada lado, quando então estabeleceu-se as sub-unidades amostrais (Figura 3).

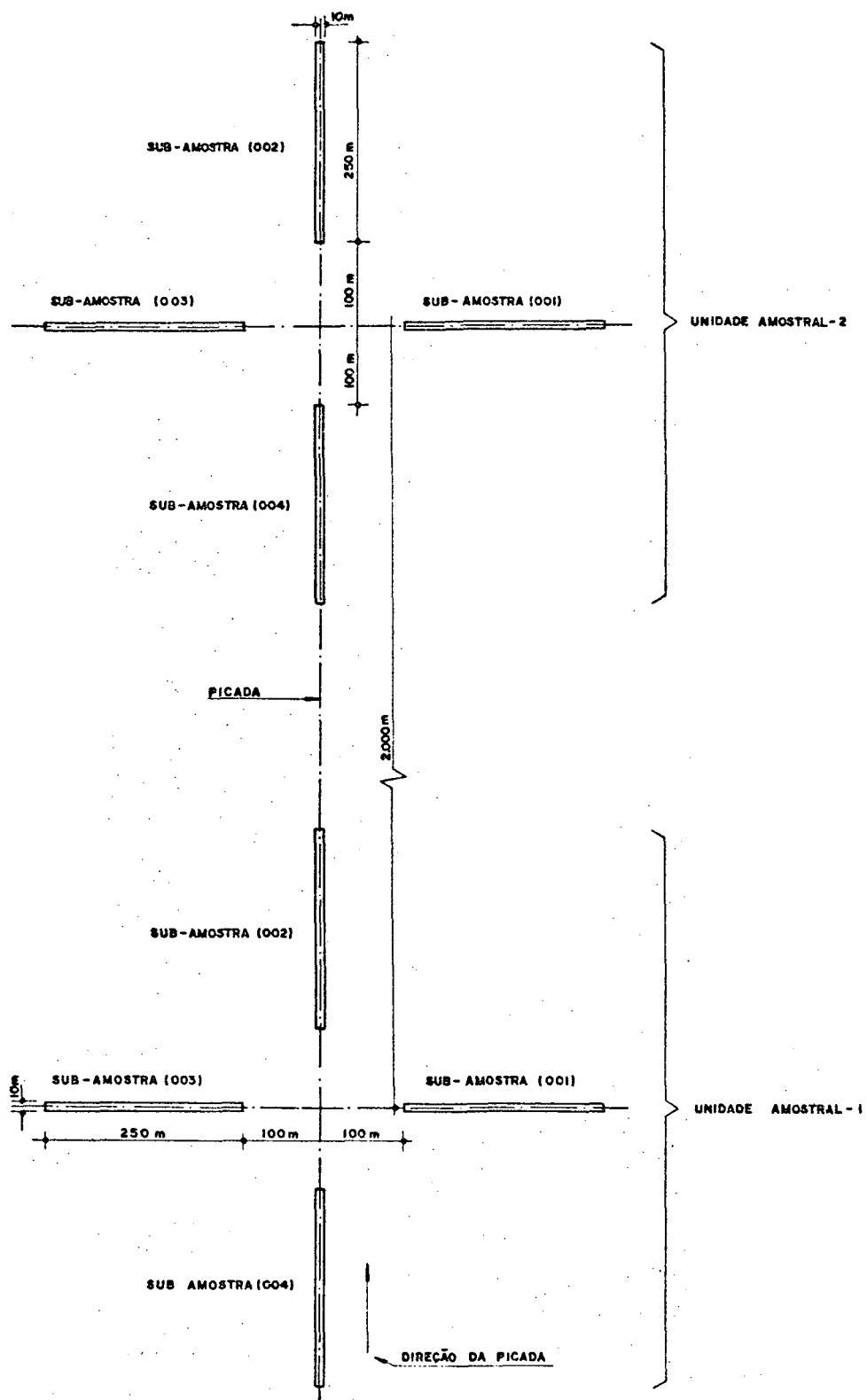


Figura 3. Unidade amostra (Conglomerado).

Foram instalados 119 conglomerados, distribuídos em ambos os estrados, perfazendo-se um total de 476 sub-unidades amostrais.

### 3.2.2. OBTENÇÃO DOS DADOS

Em cada sub-unidade (10 m x 250 m) foram obtidas as seguintes informações:

- Identificação da espécie (nome vulgar);
- circunferência à altura do peito (CAP-1,30 m) das árvores com CAP  $\geq$  60 cm;
- altura comercial (HC) de todas as árvores com CAP  $\geq$  60 cm;
- informações para estudo da regeneração natural.

Os dados usados para o presente trabalho foram obtidos do Centro de Pesquisas Florestais - CPF (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

### 3.2.2. OBTENÇÃO DO VOLUME

Os volumes de árvores individuais foram obtidos do Inventário Florestal, da Área 3 do Pólo Juruá - Solimões, que foi executado pelo Centro de Pesquisas Florestais - CPF (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>38</sup>).

A metodologia utilizada constitui-se das seguintes etapas:

#### 3.2.3.1. COLETA DE DADOS

Foi realizado coleta de dados por indivíduos, varian

do-se em espécies e classes diamétricas, de tal forma a obter a máxima variação das ocorrências.

Os dados coletados, enquadram-se na metodologia de obtenção de diâmetros relativos, a fim de possibilitar o ajustamento de uma função de forma linear contínua.

Foram medidos 10 diâmetros em cada árvore, tomando-se 1/10 de altura total, o que permite compará-los qualquer que sejam as dimensões dos indivíduos.

### 3.2.3.1. FUNÇÃO UTILIZADA

A função de forma utilizada foi o polinômio de 5º grau:

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + fX^5 \quad (1)$$

onde:

$$Y = \frac{d_i}{2d_{0,1}} \quad e \quad X = \frac{h_i}{h}$$

em que

$d_i$  = diâmetro tomado à altura  $h_i$

$d_{0,1}$  = diâmetro à 0,1 da altura total  $h$

Esta função resulta em curva de forma média relativa e que pode ser operativa através de integração para obtenção do volume  $V$ .

$$V = K \int_0^{h_i} f(X)^2 dx \quad (2)$$

onde

$K$  = constante

### 3.2.4. PREPARAÇÃO DOS DADOS ORIGINAIS

Os dados coletados por espécies a partir de 20 cm de

diâmetro foram devidamente codificadas. As parcelas do povoamento foram gravados em 476 arquivos de memória do computador, com 100 linhas x 6 colunas cada, pelo Centro de Pesquisas Florestais (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>). Posteriormente, dos arquivos gravados foram retirados os dados de diâmetros e volume comercial com casca das árvores e novamente gravadas em arquivos de 250 linhas por 2 colunas.

Como os dados foram obtidos em diferentes áreas, montaram-se matrizes para todas as espécies, menos as palmeiras e transformadas em área base de 100 hectares.

### 3.2.5. ESTRUTURA DIAMÉTRICA

Foi analisada a distribuição do volume comercial com casca, de todas as espécies, por classe de diâmetro para caracterizar a estrutura diamétrica em relação a sua frequência.

#### 3.2.5.1. INTERVALO DE CLASSE

Para a escolha do intervalo de classe comparou-se os ajustes dos diferentes modelos para os diversos intervalos de classes utilizados. Selecionou-se aquele que apresentou o melhor ajuste.

#### 3.2.5.2. MODELOS TESTADOS PARA DESCREVER A ESTRUTURA DIAMÉTRICA

De acordo com o Centro de Pesquisas Florestais (UNI



VERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>), os modelos matemáticos testados para descrever a estrutura diamétrica do povoamento da área em estudo, diferem de um modo geral na forma, embora todos possam descrever funções decrescentes.

Para as estimativas dos coeficientes dos modelos, utilizou-se o volume comercial com casca por classe de diâmetro (Y), como a variável dependente, e, os centros de classe de diâmetro (x) como variável independente.

Os cinco modelos testados são os seguintes:

1. Exponencial, Tipo I, MEYER (1933)

$$\ln Y = \ln b_0 + b_1 X \quad (3)$$

2. Exponencial, Tipo II, MEYER

$$\ln Y = \ln b_0 + b_1 X^2 \quad (4)$$

3. Potencial, MERVART (1972)

$$\ln Y = \ln b_0 + b_1 \ln X \quad (5)$$

4. Polinomial, 2º Grau, GOFF & WEST

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 \quad (6)$$

5. Polinomial, 3º Grau, GOFF & WEST

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3 \quad (7)$$

Os modelos matemáticos acima mencionados foram testados para descrever a estrutura diamétrica em função do volume comercial com casca por classe de diâmetro.

### 3.2.6. CÁLCULO DO INCREMENTO

#### 3.2.6.1. INCREMENTO EM DIÂMETRO

De acordo com os estudos de MORAES<sup>28</sup> e HEINSDIJK &

BASTOS<sup>15</sup>, foi admitido incrementos médios para os diâmetros, com variação de 0,1 cm a 2,0 cm por ano, para toda floresta.

Estes valores foram utilizados para conhecer o tempo que leva uma árvore para mudar de uma classe de diâmetro menor para outra superior. Da mesma forma, quantos anos a floresta leva para recuperar em diâmetro, quando sofre um corte num determinado limite de classe.

### 3.2.6.2. INCREMENTO EM VOLUME

Com base nos estudos de CARVALHO<sup>7</sup> e do Centro de Pesquisas Florestais (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>), considerou-se que a floresta, da área em estudo, poderá ser capaz de garantir uma exploração contínua sem maiores prejuízos ecológicos, desde que bem manejada e as condições bioclimáticas assim o permitirem.

Analisando a função de distribuição volumétrica, pode-se determinar os seguintes estoques (Figura 4):

- a. Estoque de Crescimento (EC), para todas as árvores com amplitude de  $20 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 40, 50 \text{ e } 60 \text{ cm}$ .
- b. Nível de Exploração (NE), para todas as árvores na faixa de  $40, 50 \text{ e } 60 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 80 \text{ cm}$ .
- c. Estoque Excedente (EE) para todas as árvores com  $\text{DAP} > 80 \text{ cm}$ .

Estes limites de cortes foram baseados no Sistema Indonésio de Corte Seletivo, apresentado por MATOSOEDIGDO<sup>24</sup>, em que o limite mínimo de exploração é de 50 cm de diâmetro. Utilizou-se também como limite a porcentagem de estoque volumétrico do povoamento.

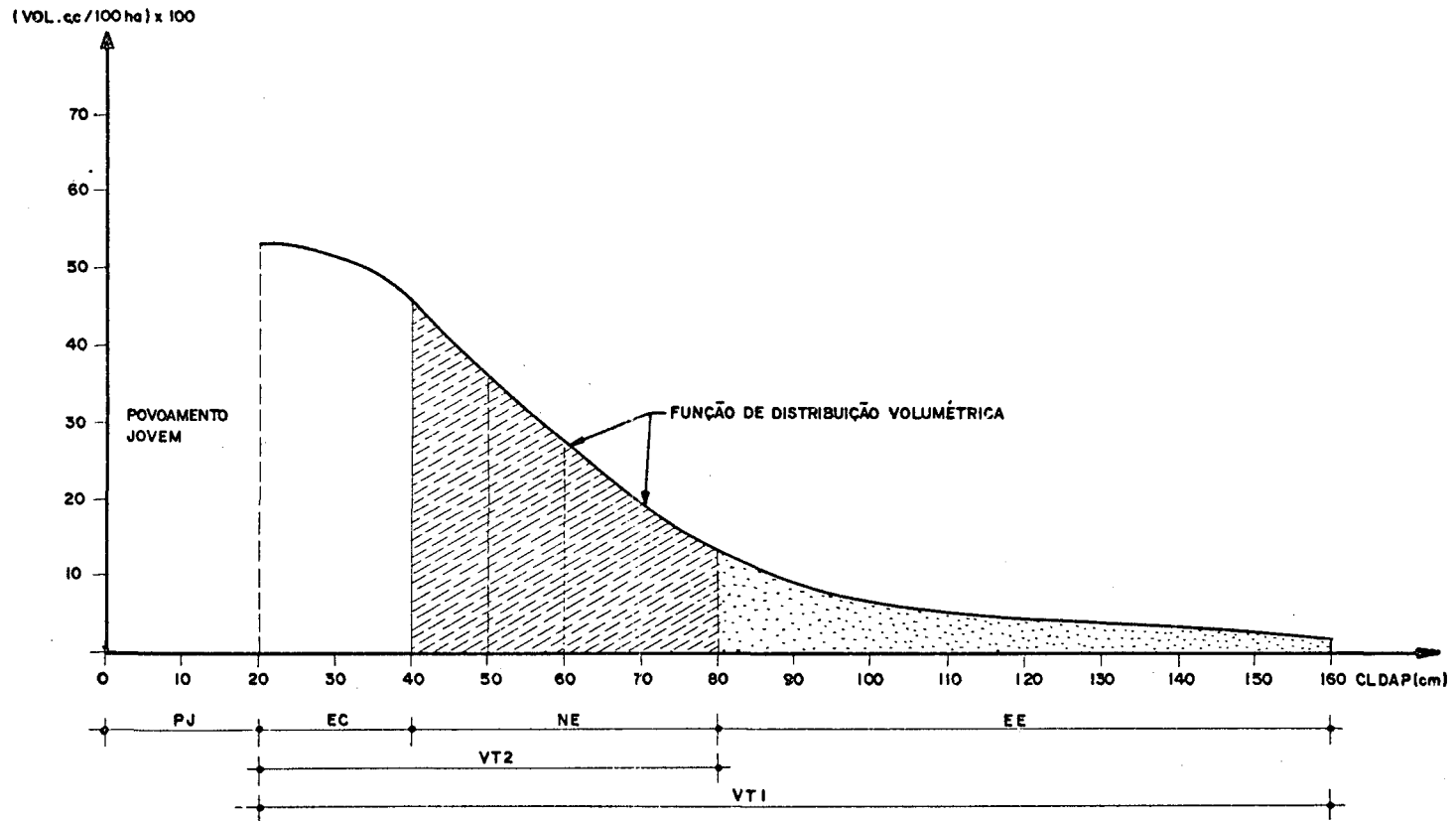


Figura 4. Distribuição do volume.

- Para o limite de diâmetro de 40 cm o EC = 40% e NE = 60%;
- Com limite de diâmetro de 50 cm o EC = 57% e NE = 43% e
- Com diâmetros acima de 60 cm o EC = 70% e NE = 30%.

O volume total da floresta ( $Vt_1$ ) é de:

$$Vt_1 = EC + NE + EE$$

Aplicando-se um primeiro corte em todas as árvores com DAP > 80 cm; temos um novo volume da floresta ( $Vt_2$ ), que se rá:

$$Vt_2 = EC + NE$$

Fazendo um segundo corte em todas as árvores que ocupam a faixa do NE, tem o estoque volumétrico da floresta, sendo reduzido a um valor ( $Vt_3$ ) menor, onde:

$$Vt_3 = EC$$

Com os dados dos incrementos periódicos anual em diâmetro ( $IPA_d$ ) que variam de 0,1 a 2,0 cm, aplicados nas árvores que ocupam o intervalo do EC, até atingir o limite superior do NE (DAP = 80 cm), fez-se a observação do volume encontrado e o tempo necessário para atingir o diâmetro de 80 cm. Esta mudança corresponde exatamente ao volume do NE.

O incremento periódico anual em volume ( $IPA_v$ ) é determinado pela fórmula, apresentada por LOETSCH et al.<sup>23</sup>, que é a seguinte:

$$Iv = (Vf - Vi)/n \quad (8)$$

onde:

Iv = Incremento volumétrico

Vf = volume no final do período

Vi = volume inicial

n = anos de duração

em que

$$NE = V_f - V_i$$

logo

$$IPA_v = NE/n \quad (9)$$

Com o resultado do incremento em volume formou-se pares de valores (incremento em diâmetro e volume) que se tornou possível, através de regressão linear, determinar os coeficientes para a tendência de crescimento volumétrico da floresta.

### 3.2.6.3. CÁLCULO DA TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DA FLORESTA

Para determinar a tendência de crescimento para cada amplitude de exploração, três modelos foram testados (Figura 5):

- reta
- parábola do 2º grau
- parábola do 3º grau

Para estimar os coeficientes dos modelos de tendência de crescimento, utilizou-se o incremento em volume por hectare (Y) como a variável dependente e, os incrementos em diâmetro (X) como a variável independente.

Os três modelos testados são os seguintes:

1. Reta

$$Y = a + bX \quad (10)$$

2. Parábola do 2º Grau

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (11)$$

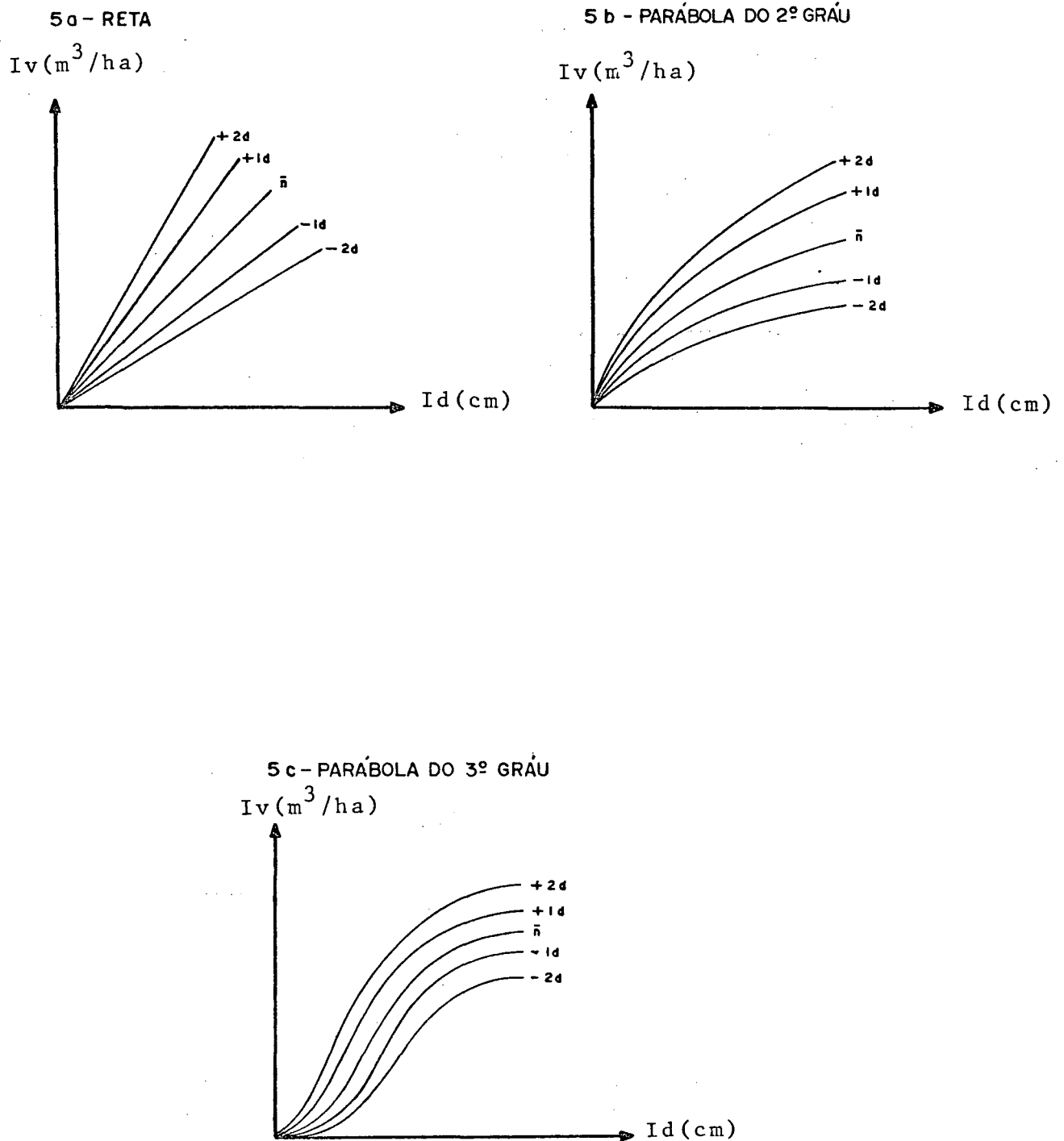


Figura 5. Tendência de crescimento volumétrico.

### 3. Parábola do 3º Grau (Sigmóide)

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (12)$$

Os modelos matemáticos acima descritos foram testados para descrever o incremento periódico em volume por hectare em função do incremento em diâmetro.

Os valores utilizados para determinar a tendência de crescimento são uma média geral do estoque existente na área. Por esta razão, executou-se variações para ajustar as funções de tendências com valores acima e abaixo da média. Baseando na distribuição normal, estimou-se as funções com 1 e 2 desvios padrões acima e abaixo da média encontrada. A curva de distribuição normal, para uma amplitude de mais ou menos 1 desvio padrão, cobre uma área em torno da média de 62,27% (WONNACOTT & WONNACOTT<sup>41</sup> e SPIEGEL<sup>35</sup>) e para 2 desvios uma área de 95,45% (Figura 5).

O ajuste com estes desvios foram feitos para dar maior segurança nos resultados encontrados em relação a média real de produtividade da floresta.

#### 3.2.7. TESTE DE VALIDADE DOS MODELOS

Para a escolha dos modelos, foram adotados os seguintes critérios:

- Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )
- Erro Padrão de Estimativa ( $S_{yx}$ )
- Análise dos Resíduos
- Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQRes.)
- Análise Gráfica.

## 3.2.8. CÁLCULO DO VOLUME DE CORTE

Com a função de tendência de crescimento ajustado fez-se o somatório do incremento em volume estimado para um ciclo de corte de 30, 40 e 50 anos.

O volume de corte, em cada ano, foi determinado pelas seguintes fórmulas:

$$RE = EC + \sum_{i=1}^t IPA_v \quad (13)$$

$$NE = RE - EC \quad (14)$$

$$RE - EC = \sum_{i=1}^t IPA_v \quad (15)$$

logo temos:

$$NE = \sum_{i=1}^t IPA_v \quad (16)$$

onde:

RE = estoque recuperado

EC = estoque para crescimento

$IPA_v$  = incremento periódico em volume por hectare por ano

t (1, 2, 3... n) = período do ciclo de corte

NE = nível de exploração

Logo o volume de corte anual por área de exploração será:

$$VC = NE \times AC \quad (17)$$

$$AC = A/t \quad (18)$$

$$VC = \sum_{i=1}^t IPA_v \times A/t \quad (19)$$

em que:

AC = área de corte por ano



A = área total destinada à exploração.

Este método tem as vantagens de:

- permitir o corte de apenas o volume que cresce na floresta no período de ciclo considerado;
- manter um razoável equilíbrio ecológico da floresta.

### 3.2.9. PROCESSAMENTO DE DADOS

A programação foi feita em linguagem BASIC e o processamento foi realizado no Centro de Computação Altair Pereira Barusso do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. MODELOS DE EQUAÇÕES DE REGRESSÃO

Os modelos de regressão testados para a distribuição do volume em classes de diâmetro, foram aqueles previamente selecionados na revisão de literatura e que possibilitaram fornecer a estrutura diamétrica do povoamento florestal, em função do volume comercial com casca.

#### 4.1.1. TESTES DOS INTERVALOS DE CLASSES

Foram testados modelos para intervalos de classes diamétricas de 2, 5, 7 e 10 cm.

Os quadros de 1 a 4 mostram os valores dos coeficientes, G.L.,  $R^2$ , Syx, Syx% e F, para todos os modelos testados em cada intervalo de classe.

Nos testes dos intervalos, o melhor ajuste foi para o intervalo de classe de 10 cm; comprovado também, por alguns autores (LAMPRECHT<sup>21</sup>, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup> e BARROS<sup>5</sup>).

#### 4.1.2. VOLUME COMERCIAL COM CASCA POR CLASSE DE DIÂMETRO

O modelo que melhor se ajustou aos dados para estimar o volume comercial com casca em classes diamétricas foi a po

QUADRO 1. Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 2 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras.

Nº	MODELO	COEFICIENTES	G.L.	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1.	MEYER TIPO I $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X$	$b_0 = 8,108835806$ $b_1 = -0,034974328$	1/68	0,860827991	0,576573651	11,6	420,60399
	MEYER TIPO II $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X^2$	$b_0 = 6,770250038$ $b_1 = -1,85873E-04$	1/68	0,819507979	0,656610537	13,2	308,74796
3.	MERVART $\ln Y = \ln b_0 + b_1 \ln X$	$b_0 = 15,931965$ $b_1 = -2,509170564$	1/68	0,797303279	0,695828488	14,0	267,47657
4.	GOFF & WEST 2º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$b_0 = 8,2594733$ $b_1 = -0,039167114$ $b_2 = 2.32933E-05$	2/67	0,861326522	0,579819213	11,7	208,0746729
5.	GOFF & WEST 3º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$	$b_0 = 6,055639367$ $b_1 = 0,062177005$ $b_2 = -1,25766E-03$ $b_3 = 4,74426E-06$	3/66	0,887336226	0,526566807	10,6	173,2712862

QUADRO 2. Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 5 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras.

Nº	MODELOS	COEFICIENTES	G.L.	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1.	MEYER TIPO I $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X$	$b_0 = 9,137375808$ $b_1 = -0,035794968$	1/26	0,906642892	0,481426672	8,1	252,50049
2.	MEYER TIPO II $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X^2$	$b_0 = 7,795442048$ $b_1 = -1,93152E-04$	1/26	0,88965576	0,523397069	8,8	209,62626
3.	MERVART $\ln Y = \ln b_0 + b_1 \ln X$	$b_0 = 17,00427918$ $b_1 = -2,53591666$	1/26	0,817202275	0,673661683	11,4	116,23372
4.	GOFF & WEST 2º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$b_0 = 8,808273489$ $b_1 = -0,026637338$ $b_2 = -5,08757E-05$	2/25	0,90902388	0,48465961	8,2	124,8986932
5.	GOFF & WEST 3º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$	$b_0 = 7,263451434$ $b_1 = 0,044325267$ $b_2 = -9,47508E-04$ $b_3 = 3,32086E-06$	3/24	0,921659963	0,459018632	7,6	94,11848679

QUADRO 3. Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 7 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras.

Nº	MODELOS	COEFICIENTES	G.L.	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1.	MEYER TIPO I $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X$	$b_0 = 9,39041465$ $b_1 = -0,3427683$	1/18	0,951455051	0,329420897	5,2	352,79038
2.	MEYER TIPO II $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X^2$	$b_0 = 8,096016433$ $b_1 = -1,84034E-04$	1/18	0,924128387	0,411830759	6,5	219,24288
3.	MERVART $\ln Y = \ln b_0 + b_1 \ln X$	$b_0 = 16,99509634$ $b_1 = -2,444526509$	1/18	0,867069759	0,54511862	8,6	117,40937
4.	GOFF & WEST 2º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$b_0 = 9,235592082$ $b_1 = -0,029970055$ $b_2 = -2,39265E-05$	2/17	0,952054764	0,336871013	5,3	168,78560
5.	GOFF & WEST 3º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 + b_2 X^2 + b_3 X^3$	$b_0 = 7,52195279$ $b_1 = 0,048650474$ $b_2 = -1,01693E-03$ $b_3 = 3,67778E-06$	3/16	0,969507004	0,276920705	4,4	169,57022

QUADRO 4. Coeficientes e estatísticas relevantes dos modelos testados para estimar o volume em classes diamétricas de 10 cm para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras.

Nº	MODELOS	COEFICIENTES	G.L.	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	F
1.	MEYER TIPO I $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X$	$b_0 = 9,698520507$ $b_1 = -0,033384717$	1/12	0,97644109	0,226264269	3,4	495,27323
2.	MEYER TIPO II $\ln Y = \ln b_0 + b_1 X^2$	$b_0 = 8,42955097$ $b_1 = -1,78474E-04$	1/12	0,939782134	0,3610015	5,4	187,27641
3.	MERVART $\ln Y = \ln b_0 + b_1 \ln X^2$	$b_0 = 17,19514814$ $b_1 = -2,40109914$	1/12	0,900632108	0,463734452	6,9	108,76336
4.	GOFF & WEST 2º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$b_0 = 9,689722759$ $b_1 = -0,033140147$ $b_2 = -1,35873E-06$	2/11	0,976346188	0,236314936	3,5	227,02066
5.	GOFF & WEST 3º GRAU $\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$	$b_0 = 7,86208831$ $b_1 = 0,050492061$ $b_2 = -1,05678E-03$ $b_3 = 3,90896E-06$	3/10	0,996942693	0,089105904	1,3	1086,95076

linomial do 3º grau introduzida por GOFF & WEST. A equação ajustada é a seguinte:

$$\ln Y = 7,86208831 + 0,050492061X - 1,05678E-03X^2 + 3,90896E-06X^3 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,996942693$$

$$S_{yx} = 0,089105904$$

A equação que forneceu o pior ajuste foi a função hiperbólica utilizada por MERVART. Este modelo também não apresentou bons ajustes nos trabalhos executados por BARROS<sup>5</sup> e UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>.

A Figura 6 mostra o ajuste dos dados pelo modelo escolhido. O Quadro 5 fornece os valores do volume com casca observado e o estimado pelo modelo por classe de diâmetro de 10 cm.

#### 4.2. INCREMENTO EM DIÂMETROS

O crescimento em diâmetro é mais rápido nos primeiros períodos vegetativos, atenuando-se gradativamente à medida que estes decorrem (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>20</sup>). Por esta razão, assumiu-se um incremento periódico anual em diâmetro, como sendo a média geral dos incrementos para a floresta, como um todo. Este incremento tem uma amplitude de variação entre 0,1 cm/ano a 2,0 cm/ano. A hipótese deste crescimento está próxima aos resultados encontrados por MORAES<sup>28</sup> e HEINS DIJK & BASTOS<sup>15</sup>, em estudo de crescimento diamétrico para floresta tropical úmida da Amazônia. Os valores assumidos de incremento periódico anual em diâmetros ( $IPA_D$ ) encontram-se no Quadro 7. Os  $IPA_D$  foram utilizados para formar pares

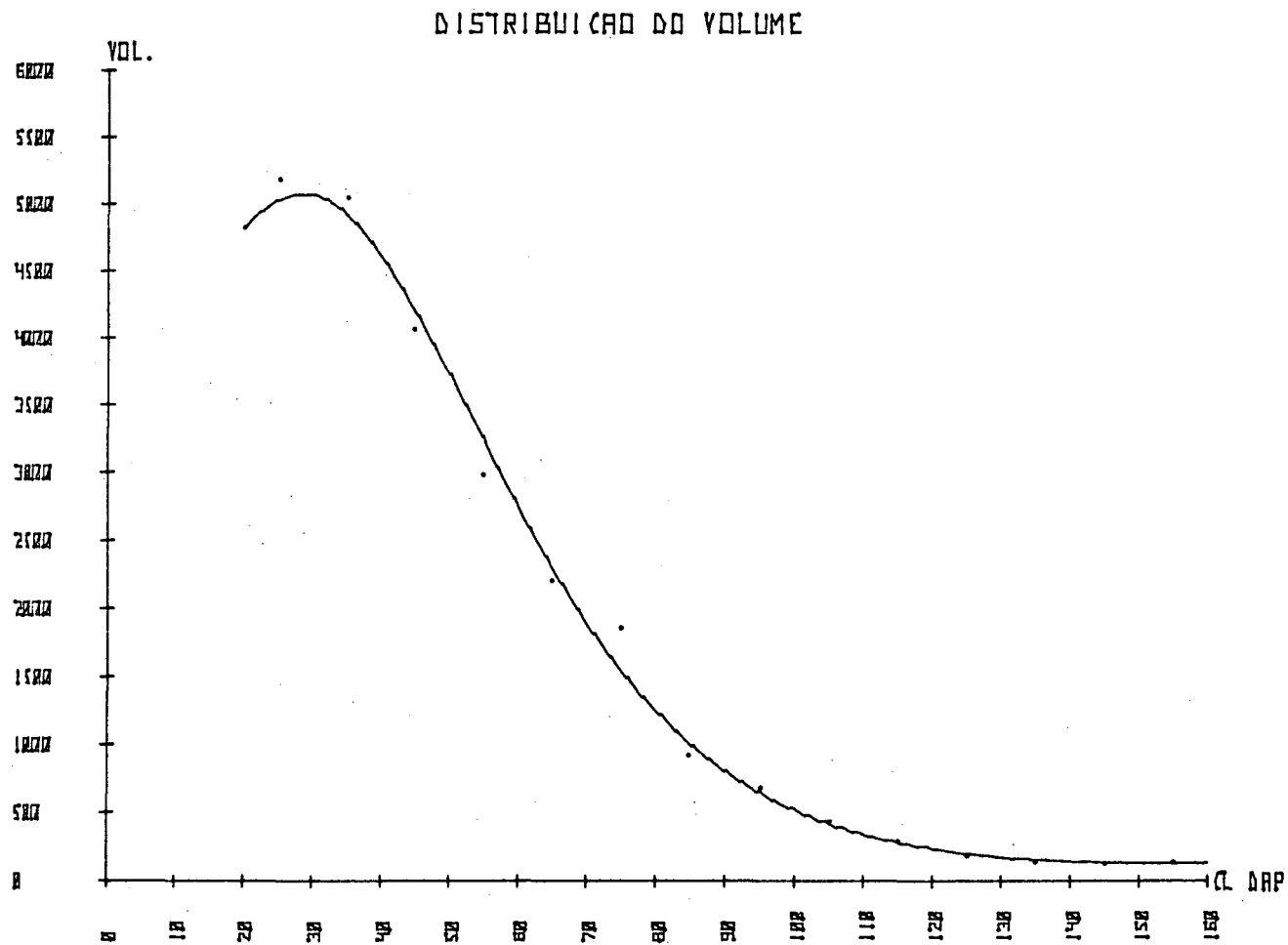


Figura 6. Distribuição do volume comercial com casca por 100 ha de todas as árvores, ajustadas pelo modelo de GOFF & WEST de 3º grau.



QUADRO 5. Volume comercial com casca observado e volume comercial com casca estimado pela polinomial de GOFF & WEST de 3º grau por classe de diâmetro de 10 cm por 100 ha, para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras.

Classe de Ø cm	Volume comercial com casca observado por 100 ha (m <sup>3</sup> )	Volume comercial com casca esti- mado por 100 ha(m <sup>3</sup> ) GOFF & WEST
20 - 30	5186,3798	5039,0852
30 - 40	5052,5975	4926,3400
40 - 50	4067,8546	4232,1082
50 - 60	2982,6143	3270,6545
60 - 70	2204,8252	2327,7907
70 - 80	1860,9106	1561,9618
80 - 90	923,1960	1011,5793
90 - 100	863,3665	647,3189
100 - 110	441,0711	418,9975
110 - 120	294,8148	280,8440
120 - 130	190,2152	199,5562
130 - 140	140,2440	153,8855
140 - 150	126,7876	131,8402
150 - 160	138,3745	128,4702

de valores com os incrementos em volumes, para posteriormente ajustar modelos de regressão de tendência de crescimento geral da floresta.

#### 4.3. INCREMENTO EM VOLUME

O incremento volumétrico aqui determinado é para todo o povoamento florestal. Os valores dos incrementos em volume é expresso em unidades de um hectare.

Aplicando-se a equação 7, foi possível calcular o estoque volumétrico de reserva de crescimento (EC) e o estoque volumétrico destinado à exploração (NE), bem como o estoque volumétrico considerado como excedente (EE) que ocupa a faixa das árvores com diâmetros à altura do peito (DAP) maior que 80 cm. Os resultados observados no campo e o valor estimado pelo modelo estão no Quadro 6. Com os valores do estoque de crescimento (EC) e Nível de Exploração (NE), calculou-se o Incremento periódico anual em volume ( $IPA_v$ ) por hectare, para todas as espécies, excluindo-se as palmeiras. O  $IPA_v$  foi calculado pela equação 8. Com os dados que se encontram no Quadro 6, tem-se:

$$IPA_v = (216,0071 - 146,5906)/61$$

$$IPA_v = 70,4835/61$$

$$IPA_v = 1,155467 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$$

Os outros resultados encontram-se nos Quadros 7 para uma amplitude de exploração com  $40 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 80 \text{ cm}$  e no Quadro 8, para uma exploração entre  $50 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 80 \text{ cm}$ . O período de tempo (n) variou de 16 até 505 anos, de acordo com a velocidade de crescimento diamétrico do povoamento.

QUADRO 6. Volumes destinados à exploração anual e que será deixada como estoque de crescimento, em ciclos futuros, para cada nível inicial de corte de diâmetros de 40, 50 e 60 cm.

AMPLITUDE DE EXPLORAÇÃO	VOLUME (m <sup>3</sup> /ha)					
	40		50		60	
	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado
Estoque de crescimento	105,9121	99,6543	146,5906	141,9753	176,4168	174,6819
Nível de Exploração (NE)	111,1620	113,9251	70,4835	71,6041	40,6573	38,8975
Estoque para árvore com DAP > 80 cm	33,8193	29,7249	33,8193	29,7249	33,8193	29,7249
Volume total (m <sup>3</sup> /ha)	250,8934					

O  $IPA_V$  em  $m^3/ha$  calculados através dos valores assumidos para os incrementos em diâmetros e com a utilização da equação 8, proporcionou resultados próximos àqueles apresentados em estudos de outros autores, em diferentes regiões da amazônia (HEINSDIJK & BASTOS<sup>15</sup>) e em outras regiões tropicais do mundo (LOWE\*, MOMOH & GIBSON\*\* e TAGUDAR\*\*\*, citados por JOHNSON<sup>19</sup>). Os pares de valores  $IPA_D$  (cm) e  $IPA_V$  ( $m^3/ha$ ), encontrados nos Quadros 7 e 8, foram utilizados para ajustar os modelos de tendência de crescimento volumétrico do povoamento florestal.

#### 4.4. TENDÊNCIA DO CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DA FLORESTA

A tendência do crescimento volumétrico da floresta foi determinado sob forma empírica e, nesta forma, é apresentado por PRODAN<sup>31</sup> como uma polinomial do tipo:

$$y = a + b + cx^2 + \dots$$

A curva geral de crescimento descreve uma forma sigmoidal e, por isso, deve-se esperar que uma função polinomial descreva bem a tendência de crescimento volumétrico em  $m^3$  por hectare da área florestal em estudo. Como os dados de campo não permitiram que se realizasse um estudo completo do crescimento geral da floresta, fez-se apenas um estudo simulado de segmento da curva geral de crescimento.

Foi utilizado a polinomial apresentado por PRODAN<sup>31</sup>, seccionados nas condições de:

- reta

\* LOWE, R.G. Op. cit., p. 10

\*\* MOMOH, Z.O. & GIBSON, I.A.S. Op. cit., p. 10

\*\*\* TAGUDAR, E.T. Op. cit., p. 11

QUADRO 7. Dados de  $IPA_v$  e  $IPA_d$  utilizado para ajustar os modelos de tendências do crescimento volumétrico, com limite de DAP igual a 40cm, para  $\pm 1$  e 2 desvios padrões em relação ao valor médio.

Nº	$IPA_d$ (cm)	$IPA_v$ ( $m^3/ha$ )				
		- 2 desvios	- 1 desvio	médio	+ 1 desvio	+ 2 desvios
1	0,10	0,163771	0,210883	0,320174	0,429466	0,472977
2	0,20	0,334742	0,421766	0,640349	0,858932	0,945955
3	0,30	0,503110	0,633904	0,962429	1,299054	1,421748
4	0,35	0,582913	0,734454	1,115090	1,495726	1,647266
5	0,40	0,676179	0,851967	1,293504	1,735042	1,910829
6	0,45	0,734978	0,926051	1,405983	1,885915	2,076988
7	0,50	0,845224	1,064958	1,616880	2,168802	2,388536
8	0,55	0,889710	1,121009	1,701979	2,282950	2,514249
9	0,60	0,994381	1,252892	1,902212	2,551532	2,810043
10	0,70	1,126966	1,419944	2,155840	2,891736	3,184715
11	0,80	1,341626	1,690410	2,566477	3,442143	3,791327
12	1,00	1,690448	2,129916	3,233760	4,337605	4,777073
13	1,30	2,113066	2,662395	4,042201	5,422006	5,971341
14	1,50	2,414926	3,042738	4,619658	6,196578	6,824389
15	1,70	2,817414	3,549861	5,389601	7,229341	7,961788
16	2,00	3,380997	4,259833	6,467521	8,675209	9,554145

QUADRO 8. Dados de  $IPA_v$  e  $IPA_d$  utilizados para ajustar os dados de tendências do crescimento volumétrico, com limite de DAP igual a 50 cm, para  $\pm 1$  e 2 desvios padrões em relação ao valor médio.

Nº	$IPA_d$ (cm)	$IPA_v$ ( $m^3/ha$ )				
		-2 desvios	- 1 desvio	médio	+ 1 desvio	+ 2 desvios
1	0,10	0,11886	0,14975	0,22737	0,30498	0,33588
2	0,20	0,23771	0,29951	0,45473	0,60996	0,67175
3	0,30	0,35772	0,45072	0,68431	0,91789	1,01098
4	0,35	0,42351	0,53361	0,81016	1,08670	1,19680
5	0,40	0,48481	0,61084	0,92741	1,24399	1,37002
6	0,45	0,54184	0,68271	1,03652	1,39034	1,53120
7	0,50	0,60402	0,76105	1,15577	1,54989	1,70691
8	0,55	0,65795	0,82900	1,25863	1,68827	1,85391
9	0,60	0,72246	0,91027	1,38203	1,85379	2,04160
10	0,70	0,83739	1,05509	1,60190	2,14871	2,36640
11	0,80	0,94475	1,19036	1,80727	2,42418	2,66979
12	1,00	1,18856	1,49755	2,27366	3,04978	3,35877
13	1,30	1,47381	1,85696	2,81934	3,78172	4,16487
14	1,50	1,75454	2,21066	3,35636	4,50205	4,95819
15	1,70	1,93922	2,44337	3,70966	4,97595	5,48009
16	2,00	2,30283	2,90150	4,40522	5,90894	6,50761

- Parábola do 2º grau

- Parábola do 3º grau

Como a idade da floresta é uma variável desconhecida, não pode ser utilizada como termo independente, por esta razão, utilizou-se como variável independente o valor do  $IPA_d$ .

Os valores dos coeficientes, G.L.,  $R^2$ , Syx, Syx% e F dos modelos testados estão apresentados no Quadro 9 para uma amplitude de exploração de árvores com diâmetros variando entre 50 cm a 80 cm e no Quadro 10, para uma amplitude em que o diâmetro varia entre 40 cm a 80 cm. Dentre os modelos testados, a polinomial do 3º grau não apresentou uma configuração adequada à tendência sigmoïdal, quando plotadas no gráfico. Isso deve-se possivelmente ao fato de não se ter valores correspondentes à idade jovem e adulta do povoamento, visto que o estudo da tendência variou entre 40 cm a 80 cm de DAP. Isto quer dizer que trabalhou-se apenas com um segmento da curva geral de crescimento. Por isso, desprezou-se a parábola do 3º grau.

Os resultados com as variações em torno da média encontram-se nos Quadros 7 e 8. As Figuras 7, 8, 9, 10 mostram os ajustes dos dados para a reta e parábola do 2º grau para o valor médio observado em cada amplitude de exploração.

#### 4.5. CICLO DE CORTE

O ciclo de corte, aqui desenvolvido, é baseado no sistema Indonésio de corte seletivo. O período do ciclo de corte pode ser determinado por cálculos através de várias fórmulas, de acordo com a finalidade e tipo florestal. A determi

QUADRO 9. Valores dos coeficientes, G.L., R<sup>2</sup>, Syx, Syx%, SQRES. e F, para as regressões testadas para descrever as tendências de crescimento volumétrico da floresta, em função do incremento em diâmetro, para uma amplitude de exploração de 50 cm  $\geq$  DAP  $\geq$  80 cm, com desvios  $\pm 1$  e 2 desvios em relação à média.

Nº	MODELOS	DESVIO	COEFICIENTES	G.L.	R <sup>2</sup>	Syx	Syx%	SQRES	F
1.	$Y = b_0 + b_1X$	$\bar{m}$	$b_0 = 0,049113278$ $b_1 = 2,178652815$	1/14	0,999371782	0,032017048	1,84	0,014347565	22271,24395
2.	$Y = b_0 + b_1X$	$-1\sigma$	$b_0 = 0,032347932$ $b_1 = 1,434970529$	1/14	0,999371794	0,021087836	1,84	6,22576E-03	22271,67634
3.	$Y = b_0 + b_1X$	$-2\sigma$	$b_0 = 0,025674667$ $b_1 = 1,138980388$	1/14	0,999371698	0,016738022	1,84	3,92226E-03	22268,27349
4.	$Y = b_0 + b_1X$	$1\sigma$	$b_0 = 0,065879943$ $b_1 = 2,92233421$	1/14	0,999371735	0,042947623	1,84	0,025822978	22269,60223
5.	$Y = b_0 + b_1X$	$2\sigma$	$b_0 = 0,072012384$ $b_1 = 3,218673242$	1/14	0,999374905	0,04718317	1,84	0,031167523	22382,59943
6.	$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$	$\bar{m}$	$b_0 = 0,01441354$ $b_1 = 2,282719702$ $b_2 = -0,051073421$	2/13	0,999507648	0,029414154	1,69	0,01124476	13195,42406
7.	$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$	$-1\sigma$	$b_0 = 9,49134E-03$ $b_1 = 1,503519013$ $b_2 = -0,033641879$	2/13	0,999507678	0,019373035	1,69	4,87909E-03	13196,25429
8.	$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$	$-2\sigma$	$b_0 = 7,53500E-03$ $b_1 = 1,19329249$ $b_2 = -0,026699189$	2/13	0,99950757	0,015377463	1,69	3,07406E-03	13193,33226
9.	$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$	$1\sigma$	$b_0 = 0,019332484$ $b_1 = 3,061933221$ $b_2 = -0,068511698$	2/13	0,999507619	0,039455799	1,69	0,0202379	13194,65679
10.	$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$	$2\sigma$	$b_0 = 0,021177781$ $b_1 = 3,3711269$ $b_2 = -0,074821806$	2/13	0,999508503	0,049417725	1,69	0,024506267	13218,39353



QUADRO 10. Valores dos coeficientes G.L.,  $R^2$ , Syx, Syx%, SQRES. e F, para as regressões testadas para descrever as tendências de crescimento volumétrico da floresta, em função do incremento em diâmetro, para uma amplitude de exploração de  $40 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 80 \text{ cm}$ , com  $\pm 1$  e 2 desvios em relação à média.

Nº	MODELOS	DESVIO	COEFICIENTES	G.L.	$R^2$	Syx	Syx%	SQRES.	F
1.	$Y = b_0 + b_1 X$	$\bar{m}$	$b_0 = -5,49344E-03$ $b_1 = 3,174421928$	1/14	0,998894637	0,0618995443	2,51	0,053634644	12651,52619
2.	$Y = b_0 + b_1 X$	$-1\sigma$	$b_0 = -3,61805E-03$ $b_1 = 2,090832921$	1/14	0,998894634	0,040767492	2,51	0,023267638	12651,48919
3.	$Y = b_0 + b_1 X$	$-2\sigma$	$b_0 = -3,50530E-03$ $b_1 = 1,65996271$	1/14	0,998895918	0,032347474	2,51	0,014649027	12666,21613
4.	$Y = b_0 + b_1 X$	$1\sigma$	$b_0 = -7,36844E-03$ $b_1 = 4,2580108$	1/14	0,998894635	0,083023522	2,51	0,09600676	12651,50332
5.	$Y = b_0 + b_1 X$	$2\sigma$	$b_0 = -8,11524E-03$ $b_1 = 4,689414682$	1/14	0,998894635	0,091435132	2,51	0,117417742	12651,50110
6.	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$\bar{m}$	$b_0 = 0,057475777$ $b_1 = 2,985572951$ $b_2 = 0,092682348$	2/13	0,999105284	0,05778848	2,34	0,043414634	7258,373265
7.	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$-1\sigma$	$b_0 = 0,037856948$ $b_1 = 1,966446555$ $b_2 = 0,061045713$	2/13	0,999105283	0,038062396	2,34	0,018833691	7258,36757
8.	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$-2\sigma$	$b_0 = 0,028447176$ $b_1 = 1,564135062$ $b_2 = 0,04702981$	2/13	0,999094271	0,030404027	2,36	0,012017268	7170,041059
9.	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$1\sigma$	$b_0 = 0,077095335$ $b_1 = 4,004697979$ $b_2 = 0,124319489$	2/13	0,999105282	0,07751467	2,34	0,078110826	7258,354923
10.	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$	$2\sigma$	$b_0 = 0,084905723$ $b_1 = 4,410438468$ $b_2 = 0,136914538$	2/13	0,99910528	0,085368222	2,34	0,094344273	7258,340665

### TENDENCIA DE CRESCIMENTO

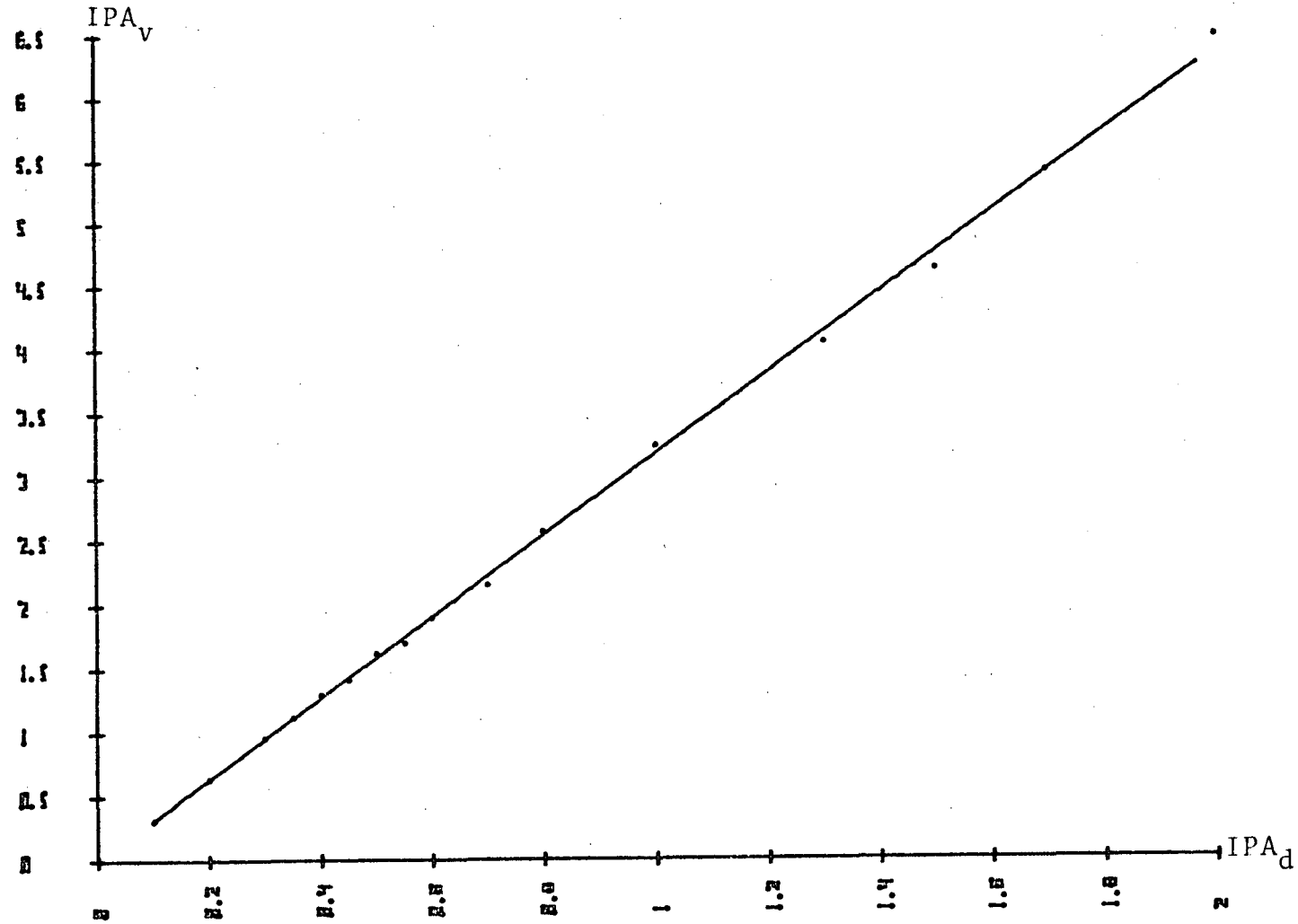


Figura 7. Ajuste da equação da reta para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 40 a 80 cm.

### TENDENCIA DE CRESCIMENTO

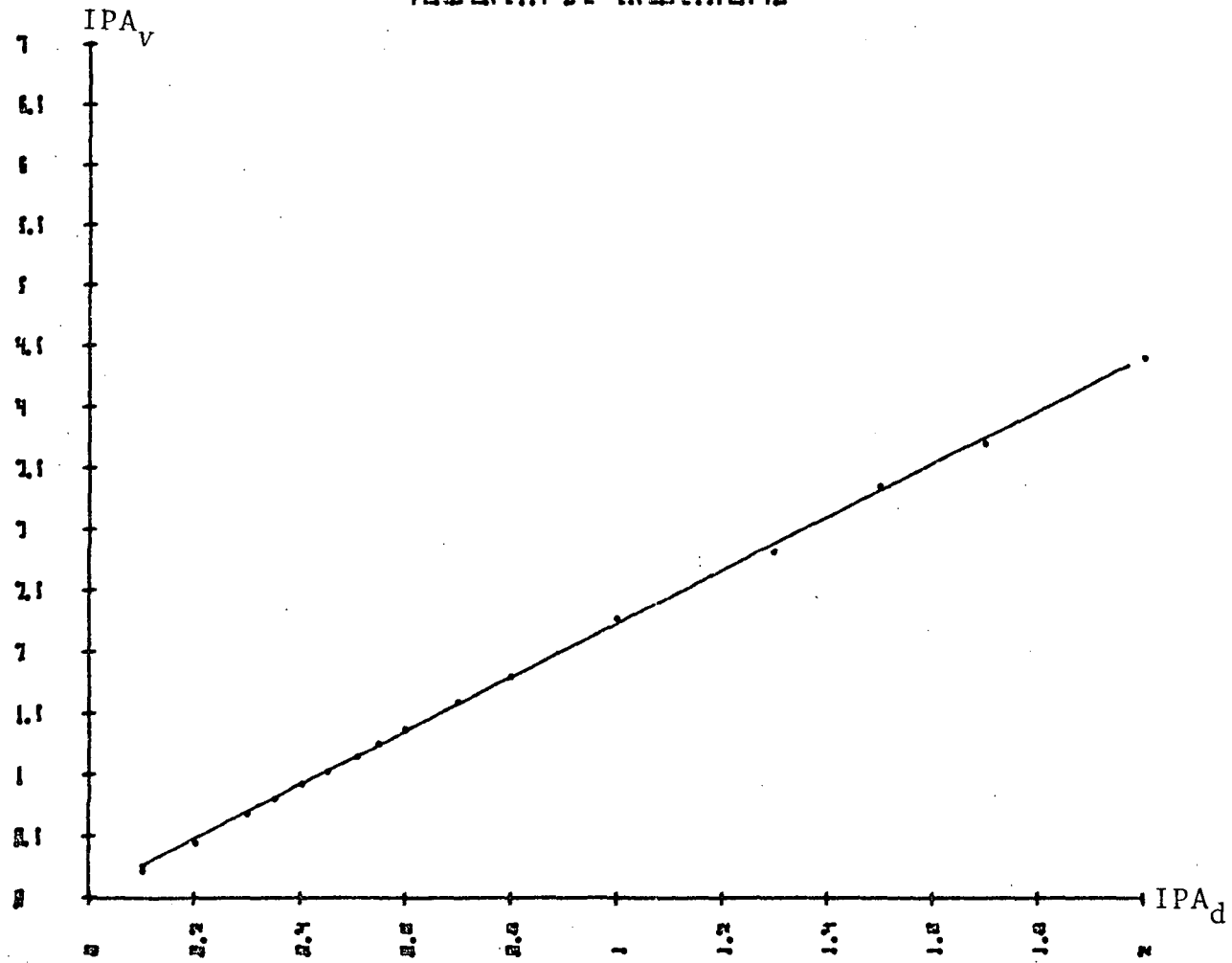


Figura 8. Ajuste da equação da reta para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 50 a 80 cm.

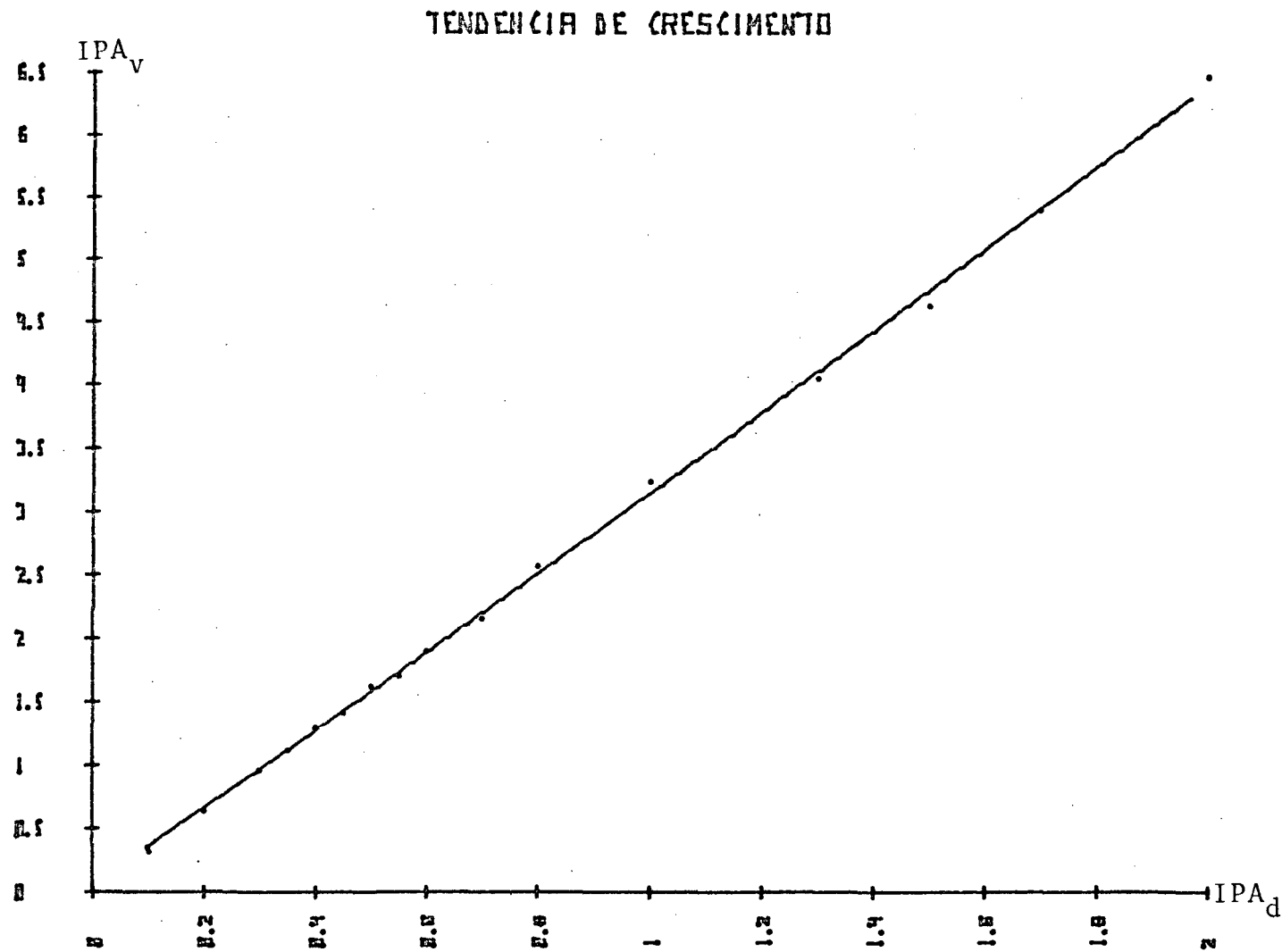


Figura 9. Ajuste da equação da parábola do 2º grau para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 40 a 80 cm.

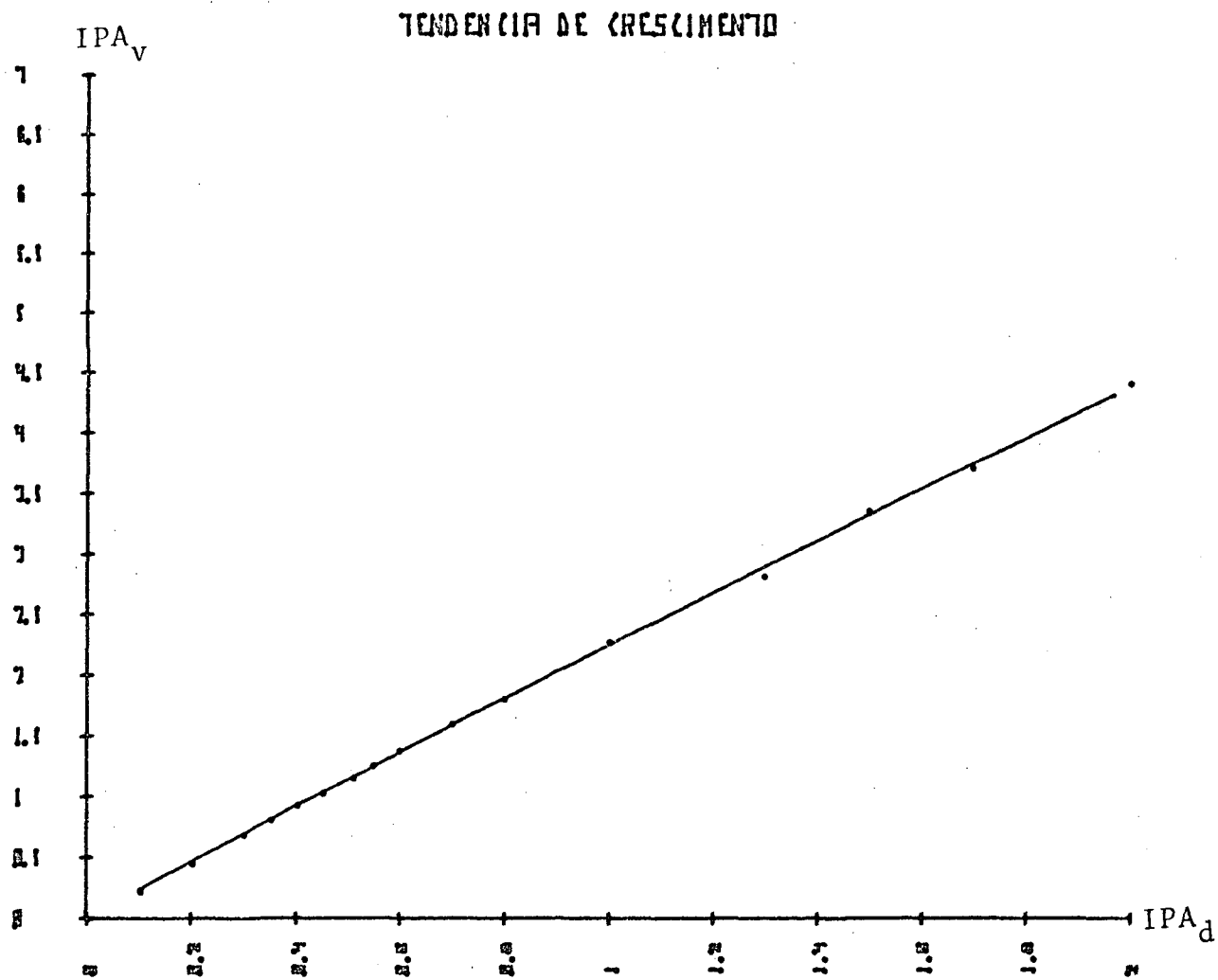


Figura 10. Ajuste da equação da parábola do 2º grau para descrever a tendência de crescimento volumétrico da floresta para uma amplitude em que o DAP varia entre 50 a 80 cm.

nação real do período de ciclo exige, entre outras, uma análise da sensibilidade da produção florestal.

Os aspectos básicos deste sistema são para obter uma produção contínua e manter um razoável equilíbrio ecológico da floresta.

Determinadas as funções de tendência de crescimento volumétrico da floresta, formulou-se as seguintes hipóteses sobre a duração do ciclo de corte:

- a. hipótese de 3 períodos de ciclos de corte :
  1. para 30 anos;
  2. para 40 anos;
  3. para 50 anos;
- b. hipóteses para três níveis de exploração:
  1. corte de todas às árvores com  $DAP \geq 40$  cm;
  2. corte de todas às árvores com  $DAP \geq 50$  cm;
  3. corte de todas às árvores com  $DAP \geq 60$  cm;

No sistema indonésio de corte seletivo, apresentado por MATOSOEDIGDO<sup>24</sup>, usa-se cortar todas as árvores com  $DAP \geq 50$  cm e o trabalho apresentado pela UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>, a hipótese de corte foi para as árvores com  $DAP \geq 50$  cm.

Para facilitar, ainda mais, as formulações do ciclo de corte foi executado, simuladamente, um corte de todas as árvores com  $DAP \geq 80$  cm, ficando com isso, uma amplitude de 40, 50 e 60 cm até 80 cm de DAP. Considerou-se que os incrementos em diâmetro, dos Quadros 7 e 8, para as árvores destinadas à exploração futura levariam de 16 a 505 anos para recuperar o diâmetro e o volume explorado. Segundo ALLOARD<sup>2</sup>, uma exploração florestal tropical deve ser considerada satis

fatória, quando se retira da floresta  $10 \text{ m}^3$  de madeira. A extração de  $30 \text{ m}^3/\text{ha}$  madeira é o limite mínimo fixado, salvo em casos de superfícies pequenas. Baseando-se nos incrementos fornecidos pelas funções de tendências, foi necessário estabelecer períodos de ciclos de 30, 40 e 50 anos para que se cumprisse o mínimo proposto por ALLOARD<sup>2</sup>. É importante frisar, que os períodos de ciclos propostos permitem uma exploração apenas da quantidade de madeiras produzidas pelas florestas, ao longo do período de ciclo.

Dividindo-se a área de 818.693,69 ha, sujeita ao plano de manejo sustentado, por 30, 40 e 50 e que correspondam respectivamente a 30, 40 e 50 anos para a reposição do volume explorado, tem-se: 30, 40 e 50 áreas respectivamente de 26.666,67 ha, 20.000 ha e 16.000 ha cada, perfazendo-se um total de 800.000 ha em cada simulação. Os 18.693,69 ha restantes ficam de reserva. A Figura 11 ilustra, melhor o modelo exposto para um ciclo de corte de 30 anos.

#### 4.6. VOLUME ANUAL DE CORTE

O volume anual de corte foi desenvolvido sob duas condições, sendo uma em função da distribuição do volume em classes diamétricas e a outra sobre hipóteses. A condição hipotética é de acordo com as tendências de crescimento obti dos pelos modelos dos Quadros 9 e 10.

Na primeira condição, o volume de corte para o primeiro ciclo é baseado na distribuição do volume comercial com casca, em classes diamétricas, para toda a floresta, excluindo-se as palmeiras. O volume comercial com casca total da flo

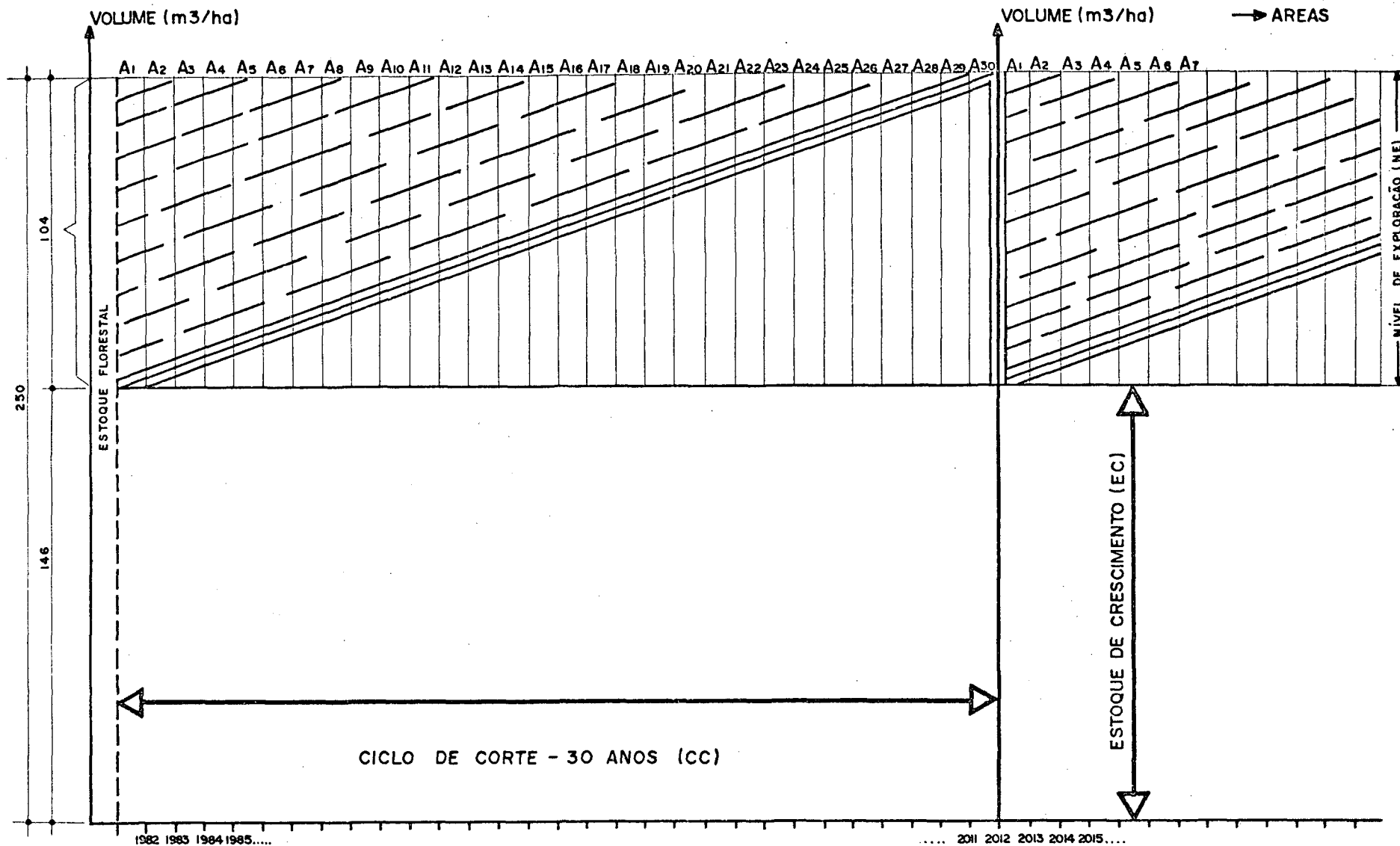


Figura 11. Modelo teórico de exploração contínua.



resta é de 250,8934 m<sup>3</sup>/ha. Portanto, o volume comercial com casca anual a cortar será:

. Para o período de ciclo de 30 anos:

a - exploração de árvores com DAP  $\geq$  40 cm tem-se:

$$EC = 105,9121 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{sub-área} = 26.666,67 \text{ ha/ano}$$

$$NE = 250,8934 - 105,9121 = 144,9813 \text{ m}^3/\text{ha}$$

logo,

$$Vc = 26.666,67 \text{ ha} \times 144,9813 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$Vc = 3.866.168,48 \text{ m}^3/\text{ano}$$

b - exploração de árvores com DAP  $\geq$  50 cm

$$EC = 146,5906 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$NE = 250,8934 - 146,5906 = 104,3028 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$Vc = 26.666,67 \times 104,3028$$

$$Vc = 2.781.408,35 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Este resultado está de acordo com o encontrado pelo Centro de Pesquisas Florestais do Paraná (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ<sup>39</sup>), em seu relatório sobre manejo sustentado.

c - exploração de árvores com DAP  $\geq$  60 cm

$$Ec = 176,4168 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$NE = 250,8934 - 176,4168$$

$$NE = 74,4766 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$Vc = 26.666,67 \times 74,4766$$

$$Vc = 1.986.942,92 \text{ m}^3/\text{ano}$$

. Para o período de ciclo de 40 anos:

a - exploração de árvores com DAP  $\geq$  40 cm

$$EC = 105,9121 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Sub-área = 20.000,00 ha/ano

NE = 144,9813 m<sup>3</sup>/ha

Vc = 20.000 x 144,9813

Vc = 2.899.626,0 m<sup>3</sup>/ano

b - exploração de árvores com DAP  $\geq$  50 cm

EC = 146,5906 m<sup>3</sup>/ha

NE = 104,3028 m<sup>3</sup>/ha

Vc = 20.000 x 104,3028

Vc = 2.086.056,0 m<sup>3</sup>/ano

c - exploração de árvores com DAP  $\geq$  60 cm

EC = 176,4168 m<sup>3</sup>/ha

NE = 74,4766 m<sup>3</sup>/ha

Vc = 20.000 x 74,4766

Vc = 1.489.532,0 m<sup>3</sup>/ano

. Para período de ciclo de 50 anos:

a - exploração de árvores com DAP  $\geq$  40 cm

Sub-área = 16.000 ha/ano

EC = 105,9121 m<sup>3</sup>/ha

NE = 144,9813 m<sup>3</sup>/ha

Vc = 16.000 x 144,9813

Vc = 2.319.700,8 m<sup>3</sup>/ano

b - exploração de árvores com DAP  $\geq$  50 cm

EC = 146,5906 m<sup>3</sup>/ha

NE = 104,3028 m<sup>3</sup>/ha

Vc = 16.000 x 104,3028

Vc = 1.668.844,8 m<sup>3</sup>/ano

c - exploração de árvores com DAP  $\geq$  60 cm

EC = 176,4168 m<sup>3</sup>/ha

$$NE = 74,4766 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$Vc = 16.000 \times 74,4766$$

$$Vc = 1.191.625,6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Na segunda condição, determinou-se os volumes de cortes para os ciclos futuros, ou seja, a partir do segundo que foi totalmente calculado em função das tendências de crescimento volumétrico da floresta. Os incrementos em diâmetros assumidos, por exemplo, foram: 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 cm. A seqüência dos cálculos podem ser vistos na Figura 12.

Utilizando a equação 19, que acumula os incrementos anuais em volumes do estoque de crescimento (EC), pode-se determinar ao final de 30, 40 e 50 anos quanto cresceu a floresta, após o primeiro ciclo de corte. O volume de corte, calculado em função do  $IPA_V$  estimado pela equação da rata para o valor médio e com um  $IPA_D$  de 0,5 cm é de 910.751,74  $\text{m}^3/\text{ano}$ .

Os outros resultados simulados para amplitude de exploração com DAP limires de 40 e 50 cm estão dispostos nos Quadros 11 e 12. Os volumes de corte para uma exploração com DAP limite de 60 cm não foram apresentados porque o volume a cortar anualmente será o mesmo existente nos Quadros 11 e 12, dependendo da equação a ser utilizada. Isso explica o fato de que apenas o volume estocado como reserva é maior do que nos outros casos e o volume de corte ser apenas o incremento da floresta.

Nestas condições é possível explorar, volumes iguais ao crescimento anual da floresta. Por esta razão, os ciclos de 40 e 50 anos terão o mesmo volume a ser cortado anualmente. Apenas a área de exploração será reduzida de 26.666,67 ha para 20.000 ha e 16.000 ha e o maior tempo compensará esta

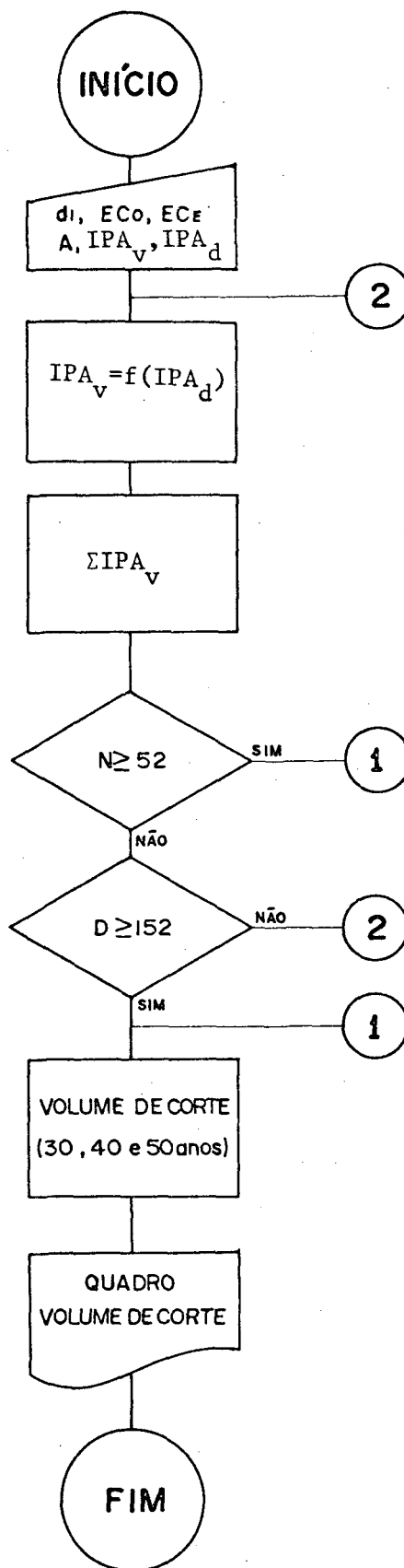


Figura 12. Fluxograma do cálculo do volume de corte.

QUADRO 11. Volume de corte anual estimado pelos modelos de tendência de crescimento volumétrico.

Área para Manejo Florestal = 800.000 ha

Área de corte anual = 26666,67 ha

DAP limite de corte = 40 cm

Período de ciclo de corte = 30 anos

IPA <sub>d</sub> (cm)	MODELO	Y = a + bX		Y = a + bX + cX <sup>2</sup>	
	POSIÇÃO	IPA <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	Volume de corte (m <sup>3</sup> )	IPA <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	Volume de corte (m <sup>3</sup> )
0,1	-2σ	0,162491	129992,80	0,185331	148264,80
	-1σ	0,205465	164372,0	0,235112	188089,60
	$\bar{m}$	0,311949	249559	0,356960	285568,0
	+1σ	0,418433	334746,40	0,478808	383046,40
	+2σ	0,460826	368660,80	0,527319	421855,20
0,5	-2σ	0,826476	661180,80	0,822272	657817,60
	-1σ	1,041798	833438,40	1,036342	829073,60
	$\bar{m}$	1,581718	1265374,40	1,573433	1258746,40
	+1σ	2,121637	1697309,60	2,110524	1688419,20
	+2σ	2,336592	1869273,60	2,324354	1859483,20
1,0	-2σ	1,656457	1325165,60	1,639612	1311689,60
	-1σ	2,087215	1669772,0	2,065349	1652279,20
	$\bar{m}$	3,168928	2535142,40	3,135731	2508582,80
	+1σ	4,250642	3400513,60	4,206113	3364890,40
	+2σ	4,681299	3745039,20	4,777073	3705807,20
1,5	-2σ	2,486439	1989151,20	2,480467	1984373,60
	-1σ	3,132631	2506104,80	3,124880	2499904,0
	$\bar{m}$	4,756139	3804911,20	4,744370	3795496
	+1σ	6,379647	5103717,60	6,363861	5091088,80
	+2σ	7,026007	5620805,60	7,008621	5606896,80
2,0	-2σ	3,316420	2653163,0	3,344837	2675869,60
	-1σ	4,178048	3342438,40	4,214933	3371946,4
	$\bar{m}$	6,343350	5074680,0	6,399351	5119480,80
	+1σ	8,508653	6806922,40	8,583769	6867015,20
	+2σ	9,370714	7496571,20	9,453441	7562752,80

QUADRO 12. Volume de corte anual estimado pelos modelos de tendência de crescimento volumétrico.

Área para Manejo Florestal = 800.000 ha

Área de corte anual = 26666,67 ha

DAP limite de corte = 50 cm

Período do ciclo de corte = 30 anos

IPAd (cm)	MODELO POSIÇÃO	Y = a + bX		Y = a + bX + cX <sup>2</sup>	
		IPAv (m <sup>3</sup> /ha)	Volume de corte (m <sup>3</sup> )	IPAv (m <sup>3</sup> /ha)	Volume de corte (m <sup>3</sup> )
0,1	-2σ	0,139564	111651,20	0,126597	101277,60
	-1σ	0,175845	140476,0	0,159507	127605,60
	$\bar{m}$	0,266979	213583,20	0,242175	193740,0
	+1σ	0,358113	286490,40	0,324841	259872,80
	+2σ	0,393880	315104,0	0,357543	286034,40
0,5	-2σ	0,595120	476096,0	0,597506	478004,80
	-1σ	0,749833	599866,40	0,75284	602272,0
	$\bar{m}$	1,13844	910752,0	1,143005	914404,0
	+1σ	1,527047	1221637,60	1,533171	1226536,80
	+2σ	1,681349	1345079,20	1,688037	1350429,60
1,0	-2σ	1,164565	931652,0	1,174128	939302,52
	-1σ	1,467318	1173854,40	1,479368	1183494,40
	$\bar{m}$	2,227766	1782212,80	2,246060	1796848,0
	+1σ	2,988214	2390571,20	3,012754	2410303,20
	+2σ	3,290686	2632548,80	3,317486	2653988,80
1,5	-2σ	1,734010	1387208,0	1,737401	1389920,80
	-1σ	2,184804	1747843,20	2,189076	1751260,80
	$\bar{m}$	3,317092	2653673,60	3,323578	2658862,40
	+1σ	4,449381	3559504,80	4,458081	3566464,80
	+2σ	4,900022	3920017,60	4,909523	3927618,40
2,0	-2σ	2,303455	1842764,0	2,287323	1829858,40
	-1σ	2,902289	2321831,20	2,881962	2305569,60
	$\bar{m}$	4,406419	2524335,20	4,375559	3500447,20
	+1σ	5,910548	4728438,40	5,869152	4695321,60
	+2σ	6,509359	5207487,20	6,464150	5171320

variação da área. No primeiro ciclo de corte serão aqueles anteriormente apresentados, correspondentes à área  $A_1$  e sucessivamente à área  $A_{30}$ ,  $A_{40}$  e  $A_{50}$ , completando assim o primeiro ciclo de corte.

Nos próximos ciclos, o volume do estoque de crescimento da área  $A_1$  terá atingido o nível de corte, podendo-se repetir a operação anterior.

## 5. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos com dados de uma floresta natural da Amazônia, coletados na área 3 do Pólo Juruá-Solimões, chegou-se as seguintes conclusões:

- a. O melhor intervalo de classe, testado para descrever a estrutura diamétrica em função do volume comercial com casca, foi o de 10 cm.
- b. A estrutura diamétrica, em função do volume comercial com casca, fica melhor descrita pela função polinomial logarítmica do 3º grau, introduzida por GOFF & WEST, da forma:

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$$

- c. Para simulação das tendências de crescimento volumétrico da floresta, a reta e parábola do 2º grau apresentaram melhores resultados para o segmento considerado.
- d. Os períodos de ciclos de cortes, pelo método apresentado, a partir do segundo corte terá para 30, 40 e 50 anos volumes iguais destinados à exploração. Isto porque, cortará apenas o incremento volumétrico da floresta. O maior período de crescimento compensará a variação na área de exploração anual. Por esta razão, os



volumes de corte anual, obtido pelos modelos de tendências de crescimento volumétrico, será igual para qualquer que seja o período de ciclo de corte.

- e. Com uma mesma equação, a variação no limite inicial do diâmetro de exploração de 40, 50 e 60 cm, não afetou a quantidade do volume a ser cortado anualmente. Isto porque foi cortado apenas o incremento da floresta.
- f. Utilizando-se o modelo de exploração apresentado é possível cortar anualmente apenas o incremento da floresta, o que possibilita manter uma produção contínua, com um razoável equilíbrio ecológico.
- g. Para executar a metodologia apresentada, na prática, deve-se observar as condições de regeneração natural, para que seja garantida a permanência das espécies retiradas do povoamento florestal. Caso a regeneração natural não dê condições para uma exploração contínua, deve-se conduzir o manejo de tal maneira que a torna possível.

## 6. RESUMO

O objetivo do presente trabalho é o estudo da distri  
buição volumétrica em classes de diâmetro e a execução de um  
plano de corte simulado, variando o ciclo e o nível de explo  
ração, em povoamentos de florestas naturais da Amazônia. Os  
dados para esta pesquisa foram obtidos na floresta da Área 3  
do Pólo Juruá-Solimões, que compreende 1.022.614,65 ha.

Dos modelos de regressão testados para descrever a es  
trutura diamétrica, em função do volume comercial com casca,  
foi a Polinomial de GOFF & WEST do 3º grau, que melhor se  
ajustou aos dados. O intervalo de classe utilizado foi de  
10 cm. O modelo matemático é o seguinte:

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$$

onde:

Y = volume comercial com casca

X = classe de diâmetro.

A tendência de crescimento da floresta foi calculada  
em função do crescimento em diâmetro:

$$IPA_v = f(IPA_d)$$

Os modelos que melhor se ajustaram aos dados para des  
crever a tendência de crescimento volumétrico da floresta fo  
ram:

1. Reta

$$Y = a + bX$$

onde:

Y = incremento periódico anual em volume ( $IPA_v$ )

X = incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_d$ )

2. Parábola do 2º grau

$$Y = a + bX + cX^2$$

O volume anual de corte foi calculado pela seguinte equação:

$$VC = \sum_{i=1}^t IPA_v \times A/t$$

onde:

VC = volume anual de corte

$IPA_v$  = incremento periódico anual em volume

A = área de exploração

t = período de ciclo de corte.

Para a área sujeita ao manejo sustentado, foi destinado um total de 818.693,69 ha de floresta de terra firme, através do Sistema Indonésio de Corte Seletivo. O ciclo de corte foi calculado para períodos de 30, 40 e 50 anos e com diâmetro inicial de exploração de 40, 50 e 60 cm.

Para o primeiro período de ciclo, o volume anual de corte foi determinado com base na distribuição volumétrica em classes de diâmetros, do povoamento florestal. Para os períodos de ciclos subseqüentes, os volumes anuais de corte, foram calculados em função dos incrementos fornecidos pelos modelos ajustados para a tendência de crescimento volumétrico da floresta.

## SUMMARY

The objective of this study on volumetric distribution is the application of a simulated plan of cutting, varying the cycle and the level of exploitation in an Amazonic natural forest stand.

The data for this research were obtained from the forest of the "Area 3 of the Juruá-Solimões Pole", with an area of 1.022.614 hectares.

Among the tested regression models uses to fit the diameter distribution as a function of commercial volume with bark, the polynomial model of Goff and West of the third degree presented the best fit of the data, when using class interval of 10 cm. This mathematical model is the following:

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$$

The trend of the volumetric growing of the forest was estimated as a function of the diametric growing:

$$PAI_v = f(PAI_d)$$

The models which presented the best fit to the data to describe the volumetric growing of the forest were:

1.  $Y = a + bX$
2.  $Y = a + bX + cX^2$

where:

Y = periodic annual increment in volume

X = Periodic annual increment in diameter

The annual volume of cutting was estimated by the following equation:

$$VC = \sum_{i=1}^t PAI_v \times A/t$$

where:

VC = cut volume

PAI<sub>v</sub> = periodic annual increment in volume

A = exploitation area

t = cutting cycle periods.

The area reserved to be applied the sustained yield testing the Indonesian selective cutting system has 818.693 hectares locates on the plateaus. The cycle of cutting was calculated for periods of 30, 40 and 50 years with initial diameters of exploitation of 40, 50 and 60 centimeters.

For the first period of cycle, the annual volume of cutting was calculated basing on the volumetric distribution per diameter classes. For the subsequent periods of cycle the annual volumes of cutting were calculated as a function of the increment estimated by the fitted models to the trend of volumetric growing of the forest.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, P.S. Metodologia para regulação da produção dos desbaste. Curitiba, 1978. 145 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
2. ALLOUARD, P. Condições gerais de produtividade das explorações florestais e das indústrias de madeira no EEUU. Anu. bras. econ. flor., 4: 112-115, 1951.
3. ASSMAN, E. The principles of forest yield study. Munique, Pergamon Press, 1961. 506 p.
4. BARE, B.B. A aplicação de simulação no manejo florestal. In: SIMPÓSIO FLORESTAL DE MINAS GERAIS, 4., Viçosa, 1970. Anais. Viçosa, 1970. p. 76-87.
5. BARROS, P.L.C. Estudo das distribuições diamétricas da floresta do planalto Tapajós. Curitiba, 1980. 123 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
6. BURGER, D. Ordenamento florestal I: a produção florestal. 2.ed. Curitiba, UFPr, 1976. 124 p.
7. CARVALHO, J.O. de. Inventário diagnóstico da regeneração natural da vegetação em área da Floresta Nacional do Tapajós. B. EMBRAPA. CPATU, n. 2, 1980. 23 p.
8. \_\_\_\_\_. Distribuição diamétrica de espécies comerciais comerciais e potenciais em floresta tropical úmida na Amazônia. B. EMBRAPA. CPATU, n. 23, 1981. 34 p.
9. CHAPMAN, H.H. Forest management. Bristol Conn, The Hilldreth Press, 1950. 582 p.
10. DAVIS, K.P. Forest management: regulation and valuation. New York, McGraw Hill, 1966. 519 p.
11. FINOL, U.H. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el bosque universitario "El Caimital" Estado Barinas. Rev. For. Ven., 12(10/11): 17-63, 1964.

12. FINOL, U.H. Possibilidades de manejo silvicultural para las reservas forestales de la region occidental. Rev. For. Ven., 12(17): 81-107, 1969.
13. \_\_\_\_\_. La silvicultura en la Orinoquia Venezolana. Rev. For. Ven., 18(25): 37-114, 1975.
14. GOFF, F.G. & WEST, D. Canopy-understory interations effect on forest populations structure. For. Sci., 21(2): 98-108, 1975.
15. HEINSDIJK, D. & BASTOS, A.M. A distribuição dos diâmetros nas florestas brasileiras. B. Setor Inv. Flor., 11, 1965. 56 p.
16. HERRICK, A.M. A numerical evaluation of stand structure. J. For., 43: 891-899, 1945.
17. HOSOKAWA, R.T. Contribuição para definir a sucessão de cortes dos povoamentos objetivando a persistência de rendas nas empresas florestais. Boletim APEF, n. 1, 1980. 96 p.
18. HUECK, K. As florestas da América do Sul. São Paulo, Editora Polígono, 1972. 466 p.
19. JOHNSON, N.E. Biological opportunities and risks associated with fast-growing plantations in the tropics. J. For., 74(4): 208-211, 1976.
20. KRAMER, J.P. & KOZWLOSKI, T.T. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
21. LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura floristica de la parte sur-oriental del Bosque Universitario "El Camital" - Estado Barinas. Rev. For. Ven., 7(10/11): 77-119, 1964.
22. LARCHER, W. Fisiologia vegetal. Barcelona, Omega, 1977. 297 p.
23. LOETSCH, F.; ZÖHRER, F. & HALLER, F.E. Forest inventory. Munique, B.L.V., 1973. 469 p.
24. MATOSOEDIGDO, S. Utilização de florestas tropicais com ênfase em uma produção contínua na Indonésia. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., Manaus, 1978. Anais Silvicultura, 13: 60-63, 1978.
25. MEYER, H.A. Structure, growth and drain in balanced uneven aged forests. J. For., 50: 85-92, 1952.
26. \_\_\_\_\_. RECKNAGEL, A.B.; STEVENSON, D.D.; BARTOO, R.A. Forest management. New York, Ronald Press, 1961. 282 p.

27. MOSER Jr., J.W. Dynamics of an uneven aged forest stand. For. Sci., 18(3): 184-191, 1972.
28. MORAES, V.H.F. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da floresta Amazônica. Pesq. Agrop. Brasil., 5: 315-320, 1970.
29. PERKINS, W.C. Simulation. In: CABOT, A.V. & HARNETT, D. L. An introduction to management science. Reading, Addison-Wesley, 1977. p. 325 - 379.
30. PETIT, P.M. Resultados preliminares de unos estudios sobre la regeneración natural espontanea en el bosque "El Camital". Rev. For. Ven., 12(18): 9-21, 1969.
31. PRODAN, M. Forest biometrics. Munique, B.L.V., 1961. 447 p.
32. RAY, P.M. A planta viva. São Paulo, Pioneira, 1971. 165 p.
33. SHAMBLIN, J.E. & STEVENS Jr., G.T. Pesquisa operacional. São Paulo, Atlas, 1979. 426 p.
34. SPIECKER, H. Métodos de pesquisa operacional, com aplicação em manejo florestal. Curitiba, UFPr/SCA, 1975. 146 p.
35. SPIEGEL, M.R. Estatística: resumo da teoria. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580 p.
36. STREET, H.E. & ÖPIK, H. Fisiologia das Angiospermas: crescimento e desenvolvimento. São Paulo, Polígono/EDUSP, 1974. 315 p.
37. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Centro de Pesquisas Florestais. Inventário florestal da região de influência da represa Itaipu, sub-projeto manejo "Protetivo-Produtivo" para as florestas nativas. Curitiba, 1978. 32 p.
38. \_\_\_\_\_. Inventário florestal da Área 3 do Pólo Juruá-Solimões. Curitiba, 1978. 170 p.
39. \_\_\_\_\_. Subprojeto manejo sustentado para a Área 3 do Pólo Juruá-Solimões. Curitiba, 1981. 219 p.
40. VALE, A.B. Jogo simulado em manejo florestal. In: SIMPÓSIO FLORESTAL DE MINAS GERAIS, 4., Viçosa, 1970. Anais. Viçosa, 1970. p. 88-109.
41. WONNACOTT, T.H. & WONNACOTT, R.J. Introdução à estatística. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico e Científico, 1980. 589 p.