

JURIS JANKAUSKIS

AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DA EXPLORAÇÃO
MECANIZADA DA FLORESTA TROPICAL DENSA DE TERRA FIRME

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

1983



PARECER

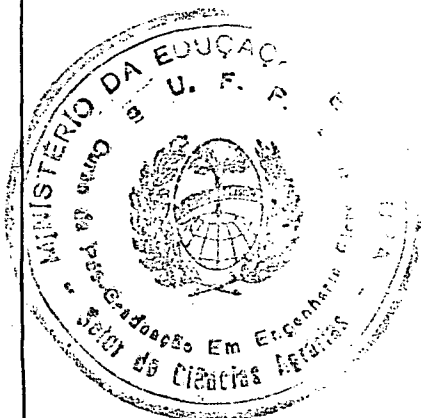
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato JURIS JANKAUSKIS, sob o título "AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DA EXPLORAÇÃO MECANIZADA DA FLORESTA TROPICAL DENSA DE TERRA FIRME" 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, 31 de outubro de 1983.

Professor Paulo Luiz Contente de Barros, M.Sc.
Primeiro Examinador

Professor Sylvio Péllico Netto, DR.
Segundo Examinador

Professor Sebastião do Amaral Machado, P.h.D.
Presidente



DEDICATÓRIA

À Dona CIDADINHA e meus FILHOS

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus agradecimentos ao Professor Dr. Sebastião do Amaral Machado, por sua orientação e estímulo.

Aos co-orientadores, Professor Dr. Roberto Tsuchi Hosokawa e Dr. Sylvio Pellico Neto pelo apoio dado.

Aos Engenheiros Florestais Helcio Hertz de Oliveira e José Sinval Vilhena Paiva pela colaboração da coleta do material de campo e pela análise preliminar dos dados.

À Dra. Clara Martins Pandolfo e à SUDAM, da qual é diretora do Departamento de Recursos Naturais pelo incentivo e suporte financeiro necessário para a coleta de material.

À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará e ao PICD pela licença e suporte financeiro concedidos durante o período de estudo na Escola de Florestas da UFPR.

Ao colega Paulo Luiz Contente de Barros pelo apoio na elaboração do presente trabalho.

Ao colega Jefferson Bueno Mendes pelo auxílio na computação de dados.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, por possibilitar a realização deste curso e do presente trabalho.

À minha irmã Maija Jankauskis pelo apoio na redação.

Aos colegas do Departamento florestal pelo encargo de trabalho a mais, durante a ausência do autor.

Aos demais professores, colegas e funcionários da Escola de Florestas da UFPR que de uma ou outra forma nos ajudaram.

RESUMO

Foi feita a cubagem de resíduos florestais, após a exploração florestal mecanizada de uma área de 100ha, em uma floresta tropical densa de terra firme, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical de Curuá-Una do Centro de Tecnologia Madeireira da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), através de 3 técnicas diferentes.

A primeira constou da cubagem de resíduos de 50 parcelas fixas de 20m x 25m e teve por objetivo a quantificação de resíduos em relação a falhas humanas e naturais. Foi estimado um volume de $143,2\text{m}^3/\text{ha} \pm 6.2\%$.

A segunda constou da cubagem de resíduos de árvores exploradas segundo classes de DAP de 55cm, 75cm, 95cm e 115cm. Para cada classe foram cubadas 6 árvores e estabelecidas as relações métricas existentes entre o DAP, volume, número de peças, comprimento dos resíduos e abertura de copa. Dos modelos testados, as funções :

$$V = b_0 + b_1(1/\text{DAP}) + b_2(\text{DAP}) \quad e$$

$$V = b_0 + b_1(\text{DAP}) + b_2(\text{DAP})^2$$

foram as que melhores ajustes forneceram, obtendo-se através destas relações uma estimativa de $150\text{m}^3/\text{ha}$.

A terceira constou da cubagem de resíduos através de transectos de 200m de comprimento cuja largura correspondeu ao comprimento médio das peças de resíduos que tocam uma corda estendida ao longo dos transectos. Com 38 amostras foi obtido um volume de $140\text{m}^3 \pm 14.3\%$.

SUMMARY

It was made an evaluation of logging waste after logging operations in an area of 100ha, in a dense tropical forest of high land, at the Research Station of Tropical Silviculture of Curuá-Una, belonging to the Wood Technology Center of SUDAM, using three different techniques.

The first technique was based on the evaluation of logging waste through 50 sample units (20m x 25m), and had as goal the quantification of logging waste due to technical or natural faults, which gave an average of $143,2\text{m}^3/\text{ha}$.

The second one was based on the evaluation of logging waste from individual logged trees, considering DBH classes of 55cm, 75cm, 95 cm and 115cm. For each DBH class were measured 6 trees and analysed the relationships between DBH, volume, number of waste units, waste of units lengths and canopy opening. Among the tested models, the functions :

$$V = b_0 + b_1(1/\text{DBH}) + b_2(\text{DBH}) \quad \text{and}$$

$$V = b_0 + b_1(\text{DBH}) + b_2(\text{DBH})$$

gave the best fits and the volume estimated by this method gave $150\text{m}^3/\text{ha}$.

The third one was based on the evaluation of logging waste through transects with 200m long, whose width was considered as the average lengths of the logging waste peaces which touched a wire extended along the transect. With 38 transects it was obtained an average of $140\text{m}^3/\text{ha} \pm 14,6\%$.

S U M Á R I O

<u>INTRODUÇÃO</u>	1
<u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	5
DADOS E APROVEITAMENTO ECONÔMICO.....	5
SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS.....	7
MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	7
CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS.....	9
<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	11
CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	11
CUBAGEM DE RESÍDUOS EM PARCELAS FIXAS.....	14
MÉTODO DE AMOSTRAGEM.....	14
CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS.....	14
MEDIDA E CUBAGEM DE RESÍDUOS.....	16
MAPEAMENTO DE RESÍDUOS.....	17
ANÁLISE DE DADOS.....	18
CUBAGEM DE RESÍDUOS DE ÁRVORES EXPLORADAS.....	20
MÉTODO DE AMOSTRAGEM.....	21
MAPEAMENTO, CLASSIFICAÇÃO E CUBAGEM DE RESÍDUOS.....	22
ANÁLISE DE DADOS DE ÁRVORES EXPLORADAS.....	25
MODELO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS.....	28
CONCEPÇÃO DO MODELO.....	29
MEDIÇÃO DE AMOSTRAS.....	31
ANÁLISE DE AMOSTRAS.....	31

<u>ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS</u>	32
PARCELAS FIXAS.....	32
AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS RESÍDUOS EM PARCELAS FIXAS	34
LUBAGEM DE RESÍDUOS DE ÁRVORES EXPLORADAS.....	35
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	35
PARÂMETROS DOS VOLUMES DAS ÁRVORES EXPLORADAS.....	36
AJUSTE DE FUNÇÕES E PARÂMETROS.....	39
DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM CLASSES DIAMETRAIS DENTRO	
DE CADA CLASSE DE DAP.....	44
RELAÇÕES MÉTRICAS ENTRE RESÍDUOS;.....	56
COMPRIMENTO DE PEÇAS DE RESÍDUOS.....	56
NÚMERO DE PEÇAS DE RESÍDUOS E SUAS RELAÇÕES MÉTRICAS..	57
OUTRAS RELAÇÕES MÉTRICAS.....	63
MODELO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS.....	67
DESENVOLVIMENTO DO MODELO;.....	67
TESTE DE CONSISTÊNCIA DO MODELO.....	71
<u>CONCLUSÕES</u>	74
PARCELAS FIXAS.....	74
ÁRVORES EXPLORADAS.....	75
MODELO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS.....	77
<u>RECOMENDAÇÕES</u>	79
<u>ANEXOS</u>	80
ANEXO I.....	80
EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA VOLUMES DE RESÍDUOS EM	
FUNÇÃO DO DAP.....	80
EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA COMPRIMENTOS DE RESÍDUOS	
EM FUNÇÃO DO DAP.....	84

EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA ÁREAS DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DO DAP.....	89
ANEXO 2.....	91
CROQUIS DE ÁRVORES EXPLORADAS SEGUNDO CLASSES DAP....	91
ANEXO 3.....	99
MODELOS DE FIXAS DE CAMPO PARA LEVANTAMENTO DE RESÍDUOS.....	99
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	102

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1	Distribuição das espécies por classe de DAP..... 21
2	Parâmetros dos resíduos em parcelas fixas em função de sua origem..... 32
3	Parâmetros dos volumes médios por classe de DAP..... 36
4	Distribuição relativa de volumes por classe de DAP..... 37
5	Distribuição relativa dos volumes de resíduos entre árvores isoladas e tombadas..... 38
6	Distribuição relativa dos volumes de resíduos de fuste e copa..... 39
7	Equações e parâmetros para o volume de resíduos de árvores isoladas e tombadas em função do DAP..... 40
8	Equações e parâmetros para volumes de resíduos de árvores isoladas em função do DAP..... 42
9	Equações e parâmetros de volumes de resíduos de árvores tombadas em função de DAP..... 44
10	Volumes médios de resíduos por classe de DAP e CV% por classe de diâmetro das peças..... 46
11	Equações e parâmetros para volumes de resíduos segundo classes diamétricas dentro das classes de DAP..... 48
12	Número de árvores exploradas por classe de DAP..... 50
13	Distribuição dos volumes de resíduos por classe diamétrica em 100ha, por classe de DAP..... 50

14	Distribuição dos volumes de resíduos de fuste por classe diamétrica, em 100ha, por classe de DAP.....	51
15	Distribuição dos volumes de resíduos de copa por classe diamétrica, em 100ha, por classe de DAP.....	52
16	Distribuição dos volumes m^3/ha e %, dos resíduos segundo origem e por classe de DAP.....	53
17	Distribuição % dos volumes por hectare e por classe de DAP.....	53
18	Distribuição porcentual dos volumes de resíduos de fuste e copa por classe de diâmetro por ha.....	54
19	Distribuição porcentual dos volumes de resíduos por hectare e por classe diamétrica segundo sua origem.....	55
20	Equações e parâmetros para comprimento geral das peças de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	56
21	Relações métricas entre classes de DAP, número de peças comprimento e volume.....	58
22	Coefficientes e parâmetros das funções entre o número de peças e DAP.....	59
23	Coefficientes e parâmetros para as relações entre comprimento e o número de peças, volume e número de peças e volume e comprimento.....	60
24	Estimativa do volume total por 100ha através de relações métricas $V = f(N^2)$	62
25	Estimativa de volume total por 100ha através das relações métricas $V = f(C)$	62

26	Área aberta por queda de árvores.....	63
27	Coeficientes e parâmetros das relações entre abertura de copa e classe de DAP.....	64
28	Abertura de copa em 100ha.....	65
29	Equações e parâmetros para a área de projeção vertical dos resíduos das árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	66
30	Estimativa da área ocupada pelos resíduos.....	67
31	Dados do inventário piloto do modelo linear.....	68
32	Parâmetros para número, comprimento e comprimento médio para faixas de 50m, 100m, 150m e 200m de extensão.....	69
33	Inventário final - número de peças, comprimento total e comprimento médio.....	70
34	Parâmetros finais para número de peças, comprimento e comprimento médio.....	71
35	Estimativas de resíduos de fuste por hectare segundo sua origem.....	74
36	Estimativa de volumes de resíduos de copa, árvores tombadas e total por hectare.....	75
37	Distribuição porcentual dos volumes por hectare e por classe de DAP.....	75
38	Distribuição porcentual dos volumes de resíduos por hectare e por classe diamétrica segundo sua origem.....	76
39	Equações e parâmetros para volumes de resíduos de fuste de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	81

40	Equações e parâmetros para volume de resíduos de copa de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	81
41	Equações e Parâmetros para volume de resíduos total de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	81
42	Equações e parâmetros para volume de resíduos de fuste para árvores isoladas em função do DAP.....	82
43	Equações e parâmetros para volumes de resíduos de copa para árvores isoladas em função do DAP.....	82
44	Equações e parâmetros para volumes de resíduos totais de árvores isoladas em função do DAP.....	82
45	Equações e parâmetros para volumes de resíduos de fuste de árvores tombadas em função do DAP.....	83
46	Equações e parâmetros para volume de resíduos de copa de árvores tombadas em função do DAP.....	83
47	Equações e parâmetros para volume de resíduos total de árvores tombadas em função do DAP.....	83
48	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de fuste em função do DAP.....	85
49	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa em função do DAP.....	85
50	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos total em função do DAP.....	85
51	Equações e parâmetros para comprimento total de resíduos de árvores isoladas em função do DAP.....	86
52	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de fuste de árvores tombadas em função do DAP.....	86
53	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de fuste de árvores isoladas em função do DAP.....	86

54	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa de árvores isoladas em função do DAP.....	87
55	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa de árvores isoladas e tombadas em função do DAP...	87
56	Equações e parâmetros para comprimento total de resíduos de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.....	87
57	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos total de árvores isoladas em função do DAP.....	88
58	Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de árvores tombadas em função do DAP.....	88
59	Equações e parâmetros para a projeção vertical dos resí- duos de árvores isoladas e tombadas (área) em função do DAP.....	90
60	Equações e parâmetros para abertura de copa pela queda de árvores em função do DAP.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página	
1	Mapa de situação da Reserva Florestal de Curuá-Una onde está situada a Estação de Silvicultura Tropical....	12
2	Mapa da Estação Experimental de Curuá-Una, onde a área achuriada corresponde à área de estudo.....	13
3	Croquis de resíduos das parcelas fixas 20m x 25m; os números correspondem a código de espécies.....	15
4	Mosaico de resíduos dentro de 1 ha.....	19
5	Projeção vertical dos resíduos de árvores exploradas....	23
6	Volumes de fuste (F), copa (C), total (T) de árvores isoladas e tombadas por classe de DAP.....	42
7	Volumes de fuste (F), copa (C) e total (T) das árvores isoladas por classe de DAP.....	43
8	Volumes de fuste (F), copa (C) e total (T) para árvores tombadas dentro de classe de DAP.....	44
9	Representação gráfica da distribuição dos volumes de resíduos por classe diametral dentro de cada categoria de DAP.....	47
10	Comprimento das peças de fuste (F), copa (C) e total (T) em relação a classe de DAP.....	57
11	Comprimento total em relação ao número total das peças..	59
12	Volume em função de peças e comprimento.....	61

13	Abertura de copa na floresta pela queda de árvores em função do DAP.....	64
14	Área de projeção vertical dos resíduos de fuste (F), de copa (C) e total (T) por classe de DAP.....	66
15	Normograma de conversão de número de peças para volume por hectare.....	73
16	Normograma de conversão de comprimento de peças para volume por hectare.....	73
17	Croquis de árvore explorada de DAP 55cm (1).....	92
18	Croquis de árvore explorada de DAP 55cm (2).....	93
19	Croquis de árvore explorada de DAP 75cm (1).....	94
20	Croquis de árvore explorada de DAP 75cm (2).....	95
21	Croquis de árvore explorada de DAP 95cm	96
22	Croquis de árvore explorada de DAP 115cm (1).....	97
23	Croquis de árvore explorada de DAP 115cm (2).....	98
24	Ficha de campo para classificação de resíduos segundo sua origem.....	100
25	Ficha de campo para medição de resíduos.....	101

1. INTRODUÇÃO

A floresta tropical da Amazônia Brasileira até a década de 1960 tem sido considerada pelos seus estudiosos como um objeto de curiosidade para levantamentos botânicos com os devidos debates semânticos de classificação ao invés uma efetiva e potencial fonte de renda para a região.

Foi somente a partir de 1958, com o estabelecimento do acôrdo internacional com a Organização das Nações Unidas (ONU), é que um novo enfoque foi iniciado com a vinda à região das equipes técnicas da Food Agricultural Organization (FAO), enfoque este que visava, de um lado, o conhecimento quantitativo e qualitativo das espécies madeireiras por unidade de área e região, e do outro, além do treinamento de técnicos brasileiros em ciência florestal, estabelecer técnicas silviculturais que permitissem conduzir a floresta em bases de rendimento sustentado.

Estes estudos deram uma visão de exuberância aos recursos florestais quer, quanto à qualidade de suas madeiras quer quanto ao volume por hectare, dando a impressão de ser um recurso inexaurível.

Uma nova onda de quantificação maciça dos recursos florestais foi realizada pelo projeto RADAM-BRASIL que, atra-

vés das imagens de radar e amostragens de campo, fez uma abrangente avaliação quantitativa, confirmando e ampliando a visão de exuberância ilimitada.

Paralelamente a estas quantificações os interesses sobre os recursos florestais são realizados estudos sobre espécies florestais mais abundantes, seu aproveitamento industrial e de mercados nacional e internacional, bem como a respeito de técnicas mecanizadas para a extração da madeira da floresta.

Se de um lado, durante 20 anos a preocupação do setor florestal esteve basicamente voltado para a quantificação de seus recursos e na tentativa de um esboço de planejamento, do outro, no setor privado, ocorreu a corrida sobre a floresta que sem se preocupar com os estudos realizados conseguiu demonstrar que a floresta não é tão exuberante e se apresenta limitada em seus recursos madeireiros, em particular para fins comerciais.

Esta corrida do setor privado será ainda mais agravada e a floresta ainda mais ameaçada quando do início das atividades industriais de dois projetos gigantescos na região (Projeto Carajás e Albras-Alunorte) que além da necessidade de dormentes para a construção e manutenção da ferrovia que deverá ligar as áreas de mineração ao porto de embarque, ambos serão grandes consumidores de carvão vegetal como agente redutor na conversão de alumina e na produção de ferro gusa.

Por outro lado a crise de energia já se faz sentir na região uma vez que todo o transporte hidroviários é feito com óleo combustível o qual, num prazo de tempo muito próximo deverá ser substituído por fontes alternativas de energia entre

as quais uma delas será a lenha.

Verifica-se assim que a pressão sôbre a floresta tropical é cada vês maior e estudos de quantificação de madeira por unidade de área e a respeito de eficiência de equipamento na retirada da madeira da floresta, embora sejam esclarecedores e necessários dão um enfoque errôneo sôbre a floresta uma vez que se limitam a analisá-la exclusivamente em função do fuste e não em função do volume total que é composto pelos volumes de copas e das árvores tombadas durante a exploração.

Associado a necessidade de uma quantificação mais abrangente dos recursos florestais é também importante que, ao lado dos estudos de rendimentos de equipamentos sejam conduzidos outros que analisem a eficiência do aproveitamento destes recursos uma vez que na literatura nacional não existem referências a este respeito.

Baseando-se nestas colocações é que o presente trabalho foi desenvolvido, em 1978, paralelamente com a equipe de exploração florestal do então PRODEPEF, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical de Curuá-Una, com o apoio financeiro da SUDAM, através de convênio firmado com a Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, com os seguintes objetivos:

- Avaliar quantitativamente, por unidade de área, através de parcelas fixas, os resíduos segundo sua origem; fuste, copa, árvores tombadas;
- Avaliar quantitativamente, em parcelas fixas, os resíduos em função de falhas naturais e falhas humanas;
- Fazer mapeamento de resíduos nas parcelas fixas e de árvores isoladas;

- Avaliar quantitativamente os resíduos de árvores abatas segundo sua origem: árvores isoladas e tombadas resíduos de fuste, de copa e total em função do DAP.
- Avaliar abertura de copa na floresta causada pela queda das árvores exploradas;
- Avaliar a área ocupada pelos resíduos florestais;
- Estabelecer relações métricas entre peças dos resíduos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DANOS E APROVEITAMENTO ECONÔMICO

HAKILLA ⁽¹¹⁾ em seu trabalho discute a importância de estudos sobre o aproveitamento integral de resíduos florestais na economia escandinava e conclui que os custos de exploração dos resíduos representam o maior problema e não a tecnologia de seu processamento.

WAHLGREN ⁽³⁴⁾ examina as possibilidades de melhoria nos equipamentos de industrialização assim como o controle de qualidade no sentido de aumentar a participação dos resíduos florestais nas indústrias.

MATTSON & CARPENTER ⁽²³⁾ trabalhando com resíduos florestais na Floresta Nacional de Ottawa, ao norte de Michigan, mostraram que mais de 50% do peso da árvore era composto de resíduos e que 40% deste pode ser utilizado na fabricação de celulose, porém devido à existência de um baixo volume por unidade de área, não se apresentou economicamente viável, assim como os danos causados dentro da floresta eram significativos.

PIRES ⁽²⁶⁾, quando consultor da Jari Florestal, estimou a biomassa existente em um hectare, na região do rio Jari, no estado do Pará, em aproximadamente 400 ton/ha.

STEINHILB & DEY ⁽²⁹⁾ em estudos realizados em Michigan

para o aproveitamento de resíduos florestais em picadores, à margem de estradas, citam que obtiveram um superavit de U\$ 1,2/ton. Os estragos na floresta residual foram sensíveis, embora possam ser minimizados mediante o treinamento de equipes operadoras.

KRAPFENBAUER⁽¹⁸⁾ cita que a exploração mecanizada que retira árvores inteiras da floresta, retira também 60 ton/ha de biomassa que, por sua vez, corresponde a 2% da biomassa total. Observa ainda que a retirada é considerada perigosa para o futuro desenvolvimento da floresta, em termos de rendimento sustentado.

MALKONEV⁽²⁰⁾ mostra em seu trabalho que o arraste de árvores inteiras, durante operação de desbaste, retira três vezes mais nitrogênio e fósforo que os métodos tradicionais de arraste de toras.

JANKAUSKIS⁽¹⁴⁾ mostra em seu trabalho que, após a exploração mecanizada da floresta tropical, da qual foram retiradas de 40 a 50 m³/ha, de madeira em toras, os danos causados à regeneração natural não chegam a afetar o futuro desenvolvimento da floresta, dado o elevado índice de estoque existente na área.

FOX⁽⁹⁾ cita que numa segunda exploração, após seis meses da primeira intervenção, em uma área de 30 are, utilizando trator de esteira, foram retirados 500 pés cúbicos/are. Após a retirada, levantamentos da regeneração natural mostraram que os danos causados não recomendavam um reaproveitamento.

TELISHEVSKI⁽³¹⁾ mostra que a utilização mais integral das árvores, incluindo resíduos, permite reduzir a intensidade de exploração, sem decréscimo de produtividade. Em 1960, com

apenas as atividades tradicionais, 94% da área foi necessária para suprir a matéria prima planejada, ao passo que, em 1974, 73% da área com a inclusão dos resíduos, foi suficiente.

ZIVNUSKA⁽³⁵⁾ conclui em 1974 que, se os preços dos produtos derivados da madeira aumentarem, os resíduos florestais poderão se transformar numa fonte muito importante de matéria prima.

McINTOSH⁽²⁴⁾ analisa em seu trabalho que a perda de madeira durante a exploração está na ordem de 15% a qual poderá ser evitada através de controle de qualidade mais eficiente.

CHAPPELL & BELTZ⁽⁵⁾ citam que, em 110 locais de exploração os levantamentos feitos mostraram que 25 % do volume bruto é composto de resíduos florestais: toras, fustes, galhos e árvores deixadas por esquecimento.

KEAYS⁽¹⁷⁾ observa que, na literatura internacional referente a resíduos florestais de exploração, a utilização de toda a árvore, incluindo as raízes, tendo como base de comparação a exploração tradicional, aumenta a biomassa disponível em 60% para as coníferas, enquanto para as folhosas, atinge 100%.

2.2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS

2.2.1. METODO DE AMOSTRAGEM

VRIES⁽³³⁾ cita que o modelo de transecto fundamenta-se no estudo que tem por base a probabilidade de uma linha traçada sobre uma mesa tocar uma agulha jogada sobre ela, sendo o posicionamento de ambas inteiramente casualizado.

BAILEY⁽¹⁾ descreve em seu trabalho o método de amostragem por transecto, mostrando a possibilidade da determinação do

volume por unidade de área e a frequência da distribuição do tamanho dos resíduos.

BAILEY & LEFEBURE citam que o método utilizado por eles, consiste na relação existente entre as frequências dos resíduos em classes de comprimento e das classes de comprimento com o volume por classe de diâmetro.

HARWARD & WARD⁽¹²⁾ adaptaram o método do transecto para um delineamento sistemático a fim de permitir que, em áreas de exploração homogêneas, seja utilizado o menor número de unidades de amostra.

MARTIN⁽¹³⁾ mostra que o levantamento feito através do método transecto em floresta folhosa em Virgínia, através de 16 unidades de 4.000m², para a cubagem de resíduos florestais a partir de 10cm de diâmetro e 1,20m de comprimento, forneceram um volume de 32m³/ha, com estimativas máximas e mínimas de 88m³/ha e 7m³/ha, respectivamente.

DELL & WARD⁽⁸⁾ utilizaram o método de transecto para determinar o volume e o peso de todos os resíduos acima de 10 cm de diâmetro numa operação de corte raso em povoamento de *Pseudotsuga* sp. e *Tsuga* sp. O volume estimado por hectare foi de aproximadamente 500m³/ha dos quais 45% eram passíveis de serem aproveitados para a fabricação de cavacos. Os resíduos corresponderam a 323 ton/ha.

MÉNHRD & DIONNE⁽²⁵⁾ comparando os métodos de linhas - transectos e de parcelas de amostragem, concluíram que ambos os métodos apresentaram os mesmos resultados. Porém, o método do transecto foi três vezes mais rápido que o das parcelas e, para a mesma precisão, o método do transecto foi mais barato.

2.2.2. CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

BROWN⁽⁴⁾ em seu trabalho usando regressão múltipla estudou a correlação do peso de copa com as seguintes variáveis:

$$W = f(d, d^2, d^3, h, dh, d^2h, c, dc, d^2c, r, dr, d^2r) \text{ e,}$$

$$\ln W = f(\ln d, \ln h, \ln dh, \ln c, \ln dc, \ln r, \ln dr) \text{ onde:}$$

d = diâmetro e altura do peito;

h = altura total da árvore

c = altura da copa

r = razão da copa (c/h 100);

W = peso de copa.

O mesmo autor cita que alguns estudos demonstraram que o diâmetro de copa é uma variável que apresenta grande correlação com o peso de copa, tanto em coníferas como em folhosas.

Por outro lado JOHNSTONE⁽¹⁶⁾ não obteve resultados satisfatórios utilizando diâmetro de copa de Lodgepole Pine quando correlacionado com o peso de copa em estudos realizados no Canadá, o mesmo acontecendo com LANDIS & MOGREN⁽¹⁹⁾ em trabalhos realizados com Engelmann Spruce no Colorado.

YANG⁽³²⁾ utilizando 200 árvores do gênero *Chamaecyparis* em Taiwan demonstrou a possibilidade de trabalhar com ajustes de regressão, mostrando que nos processos usuais de exploração florestal o resíduo corresponde a 30% do volume total das árvores.

MARTIN⁽²²⁾ realizando estudo preliminar com 46 árvores de carvalho, desenvolveu, através de análise multivariável, regressões para estimar o volume de resíduos em função do diâmetro das árvores.

SAPUNOV⁽²⁸⁾ apresenta método para cálculo de resíduos através do desenvolvimento de tabelas de dupla entrada para re

síduos de copa, baseando-se em $m^3/100$ árvores. As entradas são o DAP e a altura média de 100 árvores.

CLARK & TARAS⁽⁶⁾ desenvolveram equações de regressão com 35 árvores de Pinus taeda em povoamento natural com diferentes idades no Alabama. Os resíduos, após a retirada, corresponderam de 82% a 87% do peso total das árvores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O trabalho de campo foi executado através de convênio entre a Faculdade de Ciências Agrárias do Pará e a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, em 1978, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical de Curuá-Una do Centro de Tecnologia Madeireira da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM)^(*) em Santarém, Estado do Pará (fig.1).

Trata-se de uma área de 100 ha (fig. 2) distante de Santarém 110 Km, cujo acesso atual através do rio Amazonas e rio Curuá-Una, e que foi explorada pela equipe técnica do convênio SUDAM/PNUD/FCAO/IBDF/BRA-76/027, com a finalidade de realizar o "estudo da viabilidade Técnico-Econômica da exploração mecanizada em Curuá-Una".

O trabalho de cubagem foi realizado em três etapas, sendo a primeira a cubagem de resíduos em parcelas fixas 25m x 20m, cujo trabalho de campo durou três meses; a segunda, a cubagem de resíduos de árvores isoladas cujo trabalho de campo durou 4 meses e, a terceira, a cubagem de resíduos pelo processo de transecto cuja duração foi de 7 dias.

Foi utilizada uma equipe padrão composta por um eng^o

Florestal e três operários, tendo sido cada etapa elaborada por pessoas diferentes.

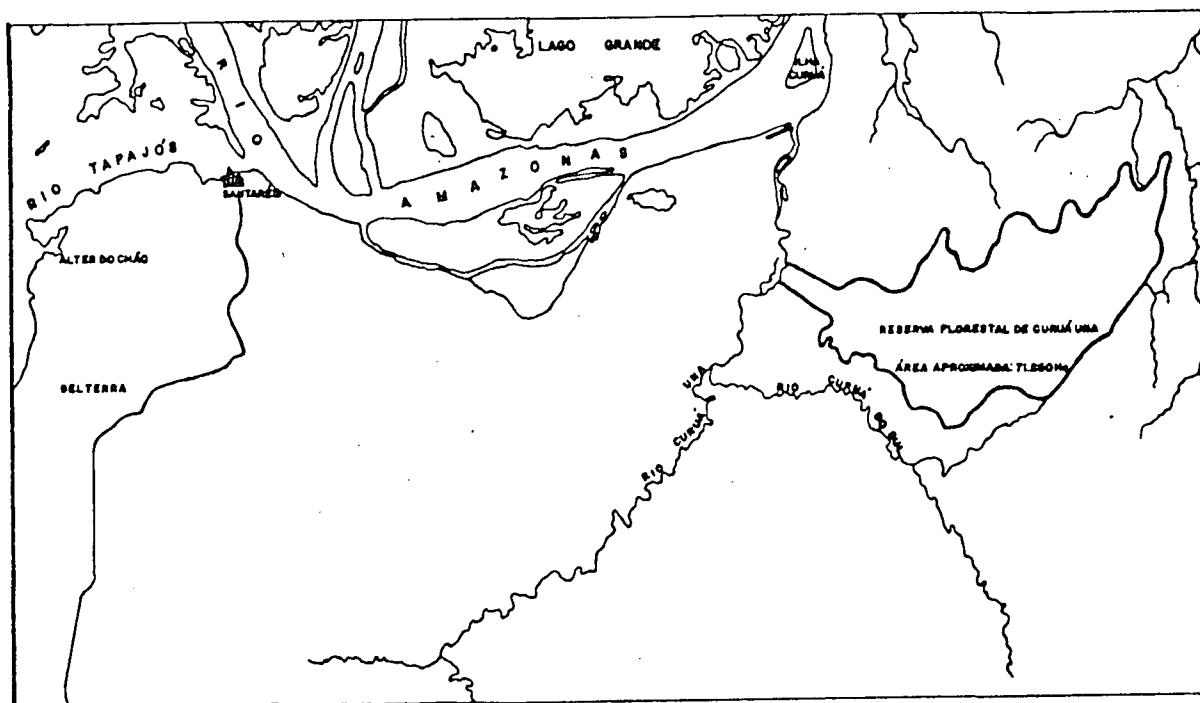


FIGURA 1 : Mapa de situação da Reserva Florestal de Curuá-Una onde está situada a Estação de Silvicultura Tropical

(*) Superintendencia de Desenvolvimento da Amazonia

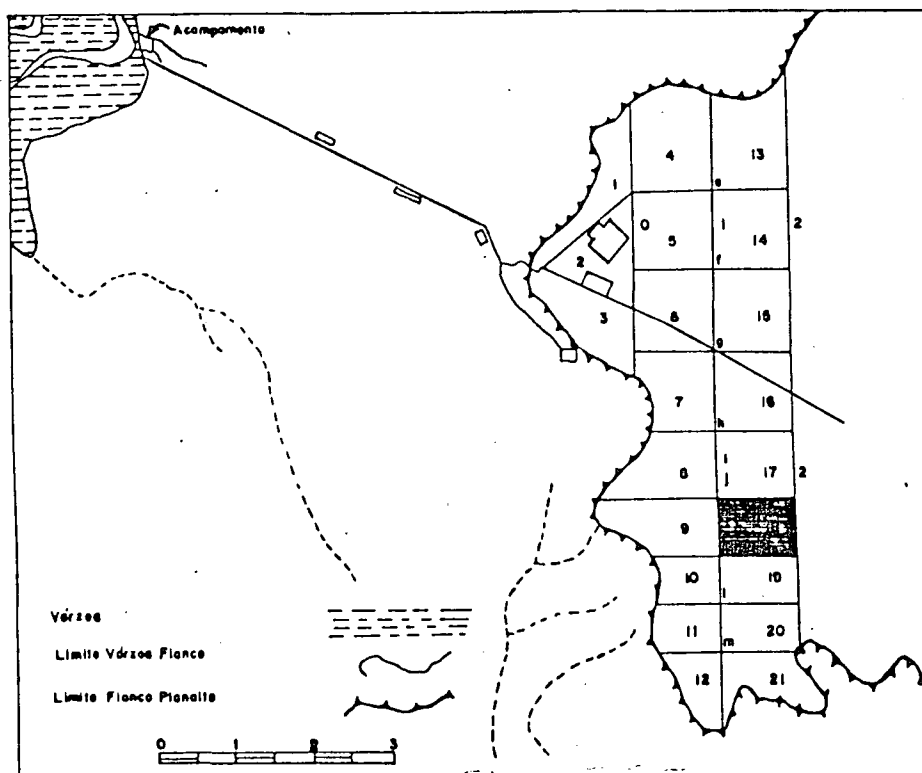


FIGURA 2: Mapa da estação experimental de Curuá-Una, onde a área achuriada corresponde à área de estudo.

O inventário executado pela equipe de exploração florestal revelou que foram cortadas 837 árvores cujo volume potencial foi de 4.819m³, embora o volume real retirado em toras tenha sido 4.000m³. O diâmetro médio dos fustes foi de 80 cm e comprimento de 18 m SUDAM (30)

3.2. CUBAGEM DE RESÍDUOS EM PARCELAS FIXAS

3.2.1. MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Como o estudo dos resíduos decorreu dos estudos sobre regeneração natural, as parcelas instaladas para um projeto, serviram de base para o outro.

O delineamento básico instalado constou de 50 parcelas inteiramente casualizadas dentro da área de 100 ha, recentemente explorada.

Cada parcela tinha dimensões de 20m x 25m, orientada no sentido norte-sul, segundo a dimensão maior e, posteriormente sub-dividida em unidades menores de 5m x 5m que por sua vez foram sub-divididas em outras de 1m x 1m com o objetivo de facilitar os trabalhos de medição. (fig.3)

3.2.2. CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS

Como resíduo foi considerado todo e qualquer material lenhoso que estivesse depositado no solo, decorrente, direta ou indiretamente das atividades de exploração florestal mecanizada, cujo diâmetro e comprimento fosse superior a 10cm e 50 cm, respectivamente, independentemente da espécie.

Os resíduos assim definidos, foram classificados em três grupos básicos:

- Resíduos de copa

Foram considerados como resíduos de copa todos os galhos das árvores cortadas e derrubadas pelo equipamento de exploração.

- Resíduos de Árvores Tombadas

Foram considerados como resíduos de árvores tombadas, todo material lenhoso oriundo da derrubada de árvores jovens por ocasião da queda das árvores comerciais cortadas durante a exploração. Normalmente esta classe de resíduo não apresenta resíduos de copa com dimensões mínimas desejadas.

- Resíduos de Fuste

Foi considerado como resíduo de fuste o material lenhoso oriundo do tronco da árvore e foi agrupado em duas categorias

a) Resíduo de fuste devido a falhas naturais;

Este resíduo é causado pelo ataque de fungos, graves tortuosidades, ôcos, e sapopemas.

b) Resíduo de fuste devido a falhas diversas;

Abandono de toras por esquecimento;

Corte exagerado da altura do toco;

Corte exagerado para evitar o ôco da árvore;

Traçamento de toras mal conduzido.

3.2.3. MEDIDA E CUBAGEM DE RESÍDUOS

Para a medida dos resíduos foram usados gabaritos previamente preparados que permitiam a leitura direta das clas -

ses diametraais, em intervalos de 10cm, independentemente da espécie que estava sendo medida.

O comprimento de cada peça foi medido até a precisão de 50cm com o auxílio de uma vara graduada em intervalos de 50cm. Utilizou-se a vara por ela ser mais prática na avaliação do comprimento do resíduo quando o mesmo está amontoado, uma vez que ela possui a necessária rigidez para alcançar lugares de difícil passagem.

Como o intervalo das classes diametraais era bastante elevado (10cm) a influência do fator de forma do resíduo foi desconsiderada, adotando-se, para a cubagem, o centro da classe diametral como referência e considerou-se todas as peças como cilíndricas. Desta forma o volume das peças individuais foi determinado por:

$$V = \pi * d^2 * L / 4 \quad \text{onde:}$$

V= volume (m³)

$\pi = 3,1418$

d= centro da classe diametral (m)

L= comprimento do resíduo (m)

3.2.4. MAPEAMENTO DE RESÍDUOS

O mapeamento de resíduos constou da elaboração de um croquis de suas projeções verticais numa folha especialmente preparada em escala 1:100.

Para facilitar a projeção, cada unidade de 5m x 5m foi esquadrejada, com auxílio de varas de 5m, graduadas em intervalos de 1m, em unidades de 1m x 1m as quais permitiram uma excelente visão da disposição dos resíduos dentro das parce-

las (fig.3)

Posteriormente as projeções individuais das parcelas foram anexadas umas às outras de forma casualizada com a finalidade de fornecer uma visão conjunta da distribuição dos resíduos em um hectare. Como o tamanho das parcelas era de 500 m^2 , a área total coberta por elas corresponderia a 2,5 ha. Assim foram sorteadas 50 parcelas, as quais, por sua vez foram separadas em dois lotes de 20 e delas feito um mosaico equivalente a 1 ha.

3.2.5. ANÁLISE DE DADOS

Como o processo de amostragem foi de parcelas inteiramente casualizadas, determinou-se para os resíduos os seguintes parâmetros:

Média aritmética
 Desvio padrão
 Coeficiente de variação
 Erro de amostragem
 Limites de confiança

Estes parâmetros foram determinados para os seguintes grupos de resíduos:

Resíduos de copa
 Resíduos de árvores tombadas
 Resíduos devidos a falhas naturais
 Resíduos devidos a falhas no corte de fuste

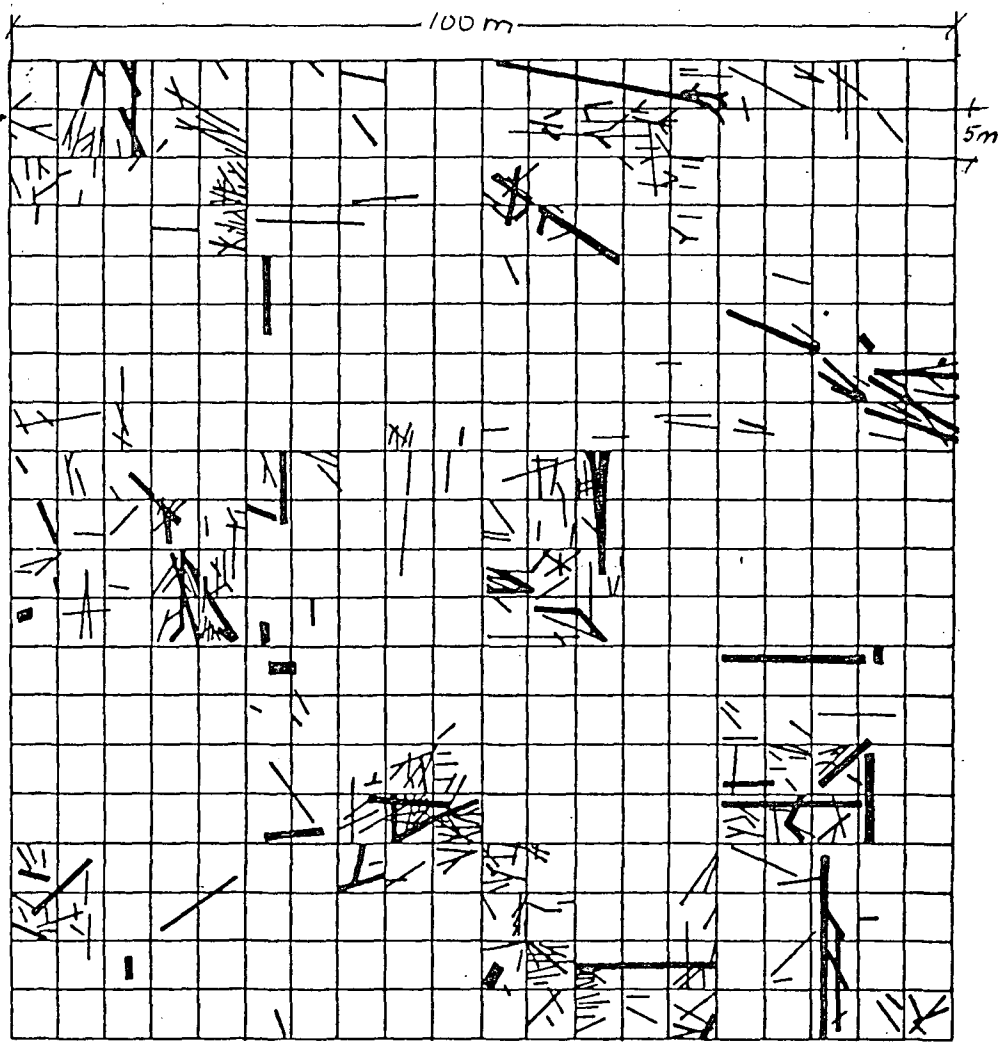


FIGURA 4: Mosaico de residuos dentro de 1 ha

Resíduos de toras abandonadas
 Resíduos de fuste devidos a sapopemas
 Resíduos de fuste devido ao ôco
 Resíduos totais de fuste devidos a falhas diversas
 Resíduos totais de fuste
 Resíduos totais de copas
 Resíduos de árvores tombadas
 Resíduos totais (fuste + copa + árvores tombadas)

Inicialmente procurou-se separar os resíduos, dentro das respectivas classificações, em volumes por classes diamétricas e por comprimento mas, abandonou-se a tentativa pelo fato do comprimento das peças medidas não corresponder ao seu comprimento total real, mas sim, ao comprimento que estava dentro do limite das parcelas de 20m x 25 m.

3.3. CUBAGEM DE RESÍDUOS DE ÁRVORES EXPLORADAS

Terminada a cubagem e análise dos resíduos das parcelas casualizadas, verificaram-se limitações do sistema adotado quanto à análise dos resíduos em função do tamanho das peças, bem como à impossibilidade de indicar a relação entre o diâmetro das árvores cortadas e o resíduo por elas fornecido.

Para superar este problema decidiu-se fazer a cubagem de forma similar à das parcelas fixas, de árvores isoladas, em quatro categorias diamétricas: 55cm, 75cm, 95cm, 115cm. A seleção destas categorias foi decorrente do fato das equipes de exploração terem-se utilizado destas classes para seus

estudos de planejamento e análise de dados (SUDAM³⁰).

3.3.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

3.3.1.1 Seleção de Classes Diamétrais

Para cada classe diametral foram selecionadas 6 árvores de forma inteiramente casualizada, independentemente de espécies.

O sorteio foi baseado nos resumos das fichas de campo utilizadas para exploração, elaboradas pela equipe de exploração do então PRODEPEF (EMBRAPA). Delas, as árvores foram separadas em classes diamétrais e, dentro de cada classe, foram sorteadas as 6 árvores.

3.3.1.2 Seleção de Espécies

Após o sorteio verificou-se que das 24 árvores sorteadas para o levantamento elas correspondiam às espécies constantes no quadro 1.

QUADRO 1: Distribuição das espécies por classe de DAP.

ESPÉCIE	CLASSE DIAMÉTRICA (cm)				NOME CIENTÍFICO
	55	75	95	115	
ABIURANA			1		<u>Paouteria guianensis</u> Aubl.
ANGELIM PEDRA				1	<u>Dinizia excelsa</u> Ducke.
CUPIUBA	3	1	2		<u>Goupia glabra</u> Aubl.
FAVA F.FINA				1	<u>Piptadenia suaveolens</u> Miq.
LORO CANELA		1			<u>Ocotea fragrantissima</u> Ducke.
MAÇARANDUBA	3	3	2	1	<u>Manilkara huberi</u> A.Chev.
QUARUBA				1	<u>Vochysia maxima</u> Ducke.

QUARUBARANA		1	<u>Erisma uncinatum</u> Warm.
PIQUIA		1	<u>Caryocar villosum</u> Pers.
SAPUCAIA		1	<u>Lecythis paraensis</u> Hub.
TAXI PITOMBA		1	<u>Schisolobium paniculatum</u> Vog.
<hr/>			
TOTAL	6	6	6
<hr/>			

3.3.2. MAPEAMENTO, CLASSIFICAÇÃO E CUBAGEM DE RESÍDUOS

A metodologia de avaliação dos resíduos para as árvores exploradas obedeceu, em seus traços gerais, a sistemática adotada nas parcelas fixas.

Uma vez localizado o pé de árvore procedia-se ao piqueteamento da área de influência da árvore cortada em unidades de 5m x 5m. Como área de influência considerou-se o espaço tomado pela árvore cortada e as demais tombadas por ocasião de sua queda e pela retirada da respectiva parte comercial pelo equipamento de extração. (fig. 5)

3.3.2.1. Mapeamento dos resíduos

O objetivo do mapeamento dos resíduos foi para servir de base no entendimento da disposição dos resíduos ao solo e para visualização do grau de aproveitamento das árvores exploradas.

O mapeamento na realidade é o croquis da projeção vertical dos resíduos das árvores exploradas, tendo sido elaborados no total 24 croquis. (fig. 5 e Anexo 1)

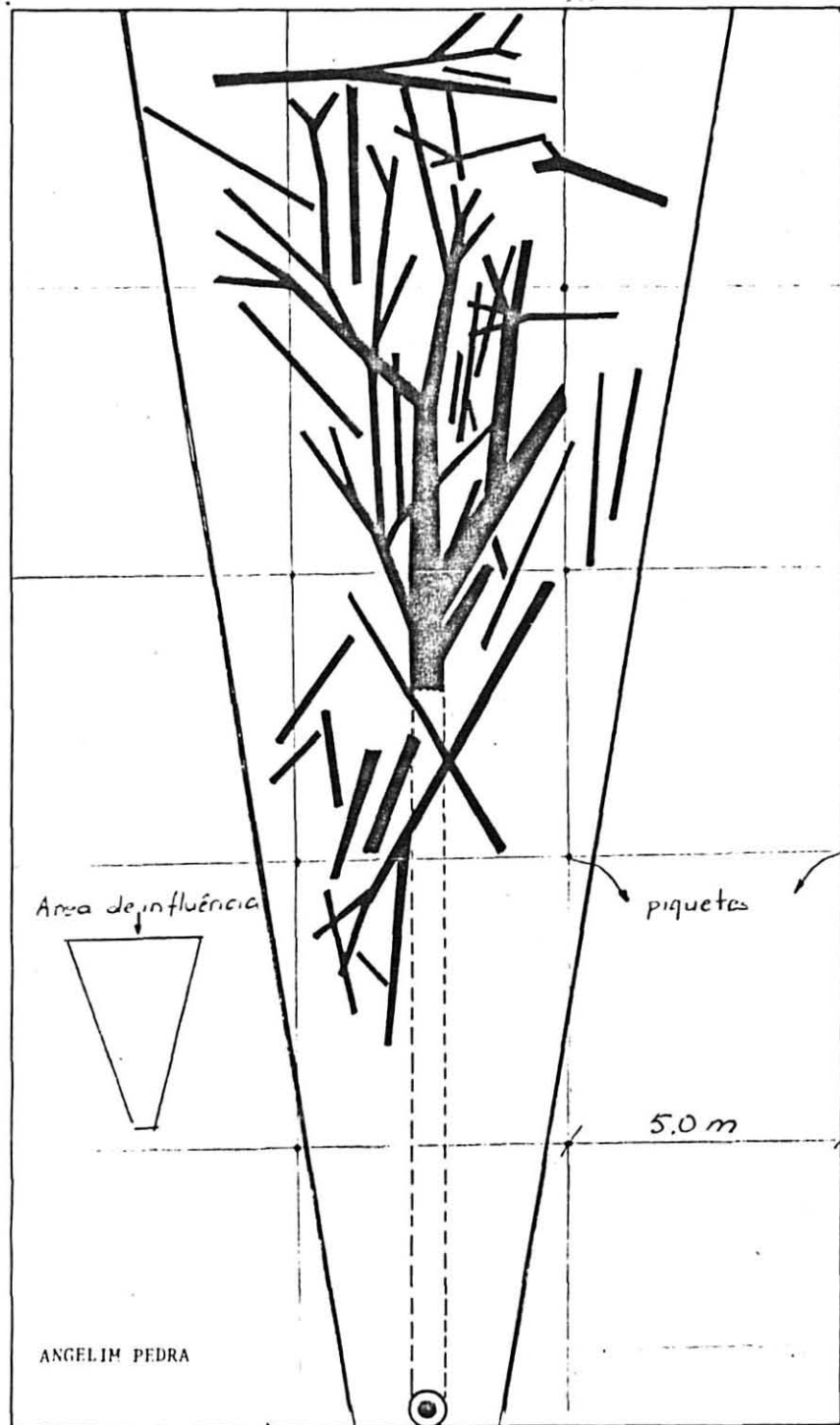


FIGURA 5: Projeção vertical dos resíduos de árvores exploradas.

3.3.2.2. Classificação

A avaliação dos resíduos, no sistema de parcelas fixas objetivou, além de sua quantificação, demonstrar sua origem levando-se em conta as falhas naturais e acidentais. No caso das árvores exploradas procurou-se estudar a composição dos resíduos segundo suas dimensões visando indicar alternativas de seu uso doméstico ou industrial.

Para efeito de levantamento os resíduos foram classificados, dentro das respectivas classes de DAP das árvores em resíduos de fuste, copa e árvores tombadas.

Em cada categoria os resíduos foram separados segundo o nome vulgar da espécie que os produziu em classes diamétricas e comprimentos sendo seus intervalos de classe 10 cm e 1,0m, respectivamente. (Anexo 3)

Por ocasião da análise os resíduos foram reclassificados em resíduos de árvores isoladas, tombadas e geral que representa a somatória dos resíduos das árvores isoladas e tombadas. Dentro de cada uma destas categorias os resíduos foram subdivididos em resíduos de fuste, copa e total (fuste+copa).

3.3.2.3. Cubagem de resíduos

A forma de cubagem utilizada foi a mesma para as parcelas fixas sendo os volumes de resíduos avaliados por classe de diâmetro dentro de cada classe de DAP.

3.3.3. ANÁLISE DE DADOS DAS ÁRVORES EXPLORADAS

3.3.3.1. Ajuste de Funções de Volume de Resíduos

Para relacionar o volume de resíduos com o DAP foram selecionadas e testadas as seguintes funções:

Função potencial $\log V = b_0 + b_1 \log(DAP)$

Função exponencial $\ln V = b_0 + b_1(DAP)$

Função parabólica $V = b_0 + b_1(DAP) + b_2(DAP)^2$

Função parabolóide $V = b_0 + b_1(1/DAP) + b_2(DAP)$

Estas funções foram testadas para as seguintes relações:

- Volume (m^3) de resíduos de fuste de árvores isoladas em função do DAP;
- Volume de resíduos de copa de árvores isoladas em função do DAP;
- Volume total de resíduos (fuste+copa) de árvores isoladas em função do DAP;
- Volume de resíduos de fuste de árvores tombadas em função do DAP;
- Volume de resíduos de copa de árvores tombadas em função do DAP;
- Volume de resíduos total (fuste+copa) de árvores tombadas em função do DAP;
- Volume global de resíduos de fuste (árvores isoladas + tombadas) em função do DAP;
- Volume global de resíduos de copa (árvores isoladas + tombadas) em função do DAP;

- Volume global total (fuste+copa) de resíduos (árvores isoladas+tombadas) em função do DAP,

Para cada função foram calculados o erro padrão (S_{yx}), o erro padrão de estimativa em % ($S_{yx}\%$), o coeficiente de determinação (r^2) e computado o valor de F, (anexo 2)

O critério de seleção das melhores equações ajustadas foi através da escolha da função que ofereceu menor valor para S_{yx} , $S_{yx}\%$, maior valor para r^2 e F, significativa bem como menor tendenciosidade entre os valores reais e os calculados através da análise visual dos gráficos (*). Por outro lado os modelos logarítmicos comparados com os não logarítmicos já tiveram os seus parâmetros devidamente corrigidos pelo índice de

3.3.3.2. Distribuição dos Volumes de Resíduos em Classes de Diâmetro

Para cada classe de DAP foi determinado o volume de resíduos por classe de diâmetro, adotando-se um intervalo de classe de 10 cm, a partir do diâmetro mínimo adotado que foi de 10 cm.

Dentro de cada categoria de DAP o volume de resíduos, por classe de diâmetro, foi separado em relação a sua origem em volume de fuste, de copa e total (fuste+copa) tendo sido calculado, para cada classe de diâmetro o respectivo volume médio e o C.V.%.

Posteriormente, após a visualização gráfica dos volumes de resíduos por classe diametral, foram testadas duas funções que poderia se ajustar às tendências observadas:

Função parabólica $v = b_0 + b_1 \bar{d} + b_2 \bar{d}^2$

Função semi-log $\log V = \log b_0 + b_1 \log(\bar{d}) + b_2 \bar{d}$

onde:

V = volume (m³)

\bar{d} = centro da classe dimétrica (cm)

Da mesma forma que para os ajustes dos volumes em relação ao DAP, foram calculados S_{yx} , S_{yx}^2 , r^2 e o valor de F .

(*) A análise gráfica constou da montagem dos gráficos que relacionam as variáveis, através de comparação visual entre os valores reais e os estimados.

3.3.3.3. Estimativa do volume de resíduo por hectare e por classe de Diâmetro

A partir da distribuição dos volumes de resíduos em classes diamétrais, dentro de cada classe de DAP, foi feita a distribuição dos volumes por 100 ha através do produto do número de árvores exploradas nos 100 ha dentro de cada classe de DAP, pelos respectivos volumes de cada classe diametral.

Com esta abordagem pôde-se determinar os volumes individuais de resíduos de fuste, de copa e total por unidade de área (ha) dividindo-se os resultados pela área total de estudo (100ha) bem como a estrutura da distribuição dos volumes por classe de diâmetro por hectare.

3.3.3.4. Outras Relações

Além do estabelecimento das relações entre o volume de resíduo em função do DAP foram também analisadas as relações entre:

- Comprimento total das peças dos resíduos em função do DAP;
- Número de peças de resíduos em função do DAP;
- Volume de resíduos por classe de DAP em função do comprimento total das peças;
- Volume de resíduos por classe de DAP em função do número de peças;
- Comprimento total das peças de resíduos em função do número total de peças;
- Área de abertura de copa em função do DAP;
- Área de projeção vertical do resíduo em função do DAP.

Para as relações entre comprimento, número de peças, área de abertura de copa, área da projeção vertical dos resíduos e o DAP foram utilizadas as mesmas funções que para as relações entre o volume e DAP. Para as relações entre o comprimento, número de peças em relação ao volume foi utilizada a função linear.

3.3.3.5. Avaliação do Volume de Resíduos por Hectare a Partir das Relações Métricas

Baseando-se no número de árvores que foram cortadas em cada classe de DAP na área do estudo (SUDAM⁽³⁰⁾), foram feitas as estimativas do volume de resíduos a partir das equações que relacionaram o volume de resíduos das árvores em função do comprimento total dos resíduos e do número de peças para fazer um confronto entre o volume estimado através das parcelas fixas como um teste de consistência.

3.4. MODÉLO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS

3.4.1. CONCEPÇÃO DO MODELO

Segundo a revisão de literatura, praticamente todos os autores que lidaram com a cubagem de resíduos são unânimes em considerar o transecto como a forma mais eficiente para fazer levantamentos e estimativas.

O transecto fundamenta-se na probabilidade de uma linha traçada aleatoriamente sobre uma mesa tocar uma agulha também lançada de forma aleatória. (VRIES⁽³³⁾, BAILEY & LEFEBURE⁽²⁾, HARWARD & WARD⁽¹²⁾)

No entanto eles levam em consideração para a estimativa dos volumes, além do comprimento e do diâmetro, o ângulo entre a linha base do transecto e o resíduo para, através de relações trigonométricas, associar as pelas medidas com alguma área uma vez que os resultados finais devem ser dados por unidade de superfície, introduzindo, na metodologia tradicional de amostragem, uma sensível complexidade matemática.

Por outro lado, a natureza, dispersão e dimensões dos resíduos são totalmente distintos daqueles com os quais os autores revisados trabalharam, uma vez que se tratavam de florestas bastantes homogêneas, quando não plantadas, das regiões temperadas, cujas características são totalmente diferentes da floresta tropical, tendo sido os métodos de amostragem desenvolvidos para aquelas condições e, se fossem aplicadas às tropicais, deveriam sofrer adaptações.

Da mesma forma, embora os autores procurassem estabelecer relações entre as características dos resíduos (BAILEY⁽¹⁾ BAILEY & LEFEBURE⁽²⁾) não chegaram a analisar os resíduos em função de árvores inteiras e as respectivas categorias de clas

sificação em relação ao número de peças, DAP, comprimento das peças, fazendo com algumas correlações passassem despercebidas e com isto seus sistemas de avaliação mais complexos.

Baseando-se nas relações métricas encontradas, particularmente aquelas existentes entre o número de peças e seu comprimento e, aquelas entre o comprimento das peças e o volume, pode-se levantar a hipótese de que: se um número suficientemente grande de peças individuais de resíduos forem contadas e medido os seus comprimentos as relações métricas determinadas devem prevalecer, independentemente de pertencerem ou não à mesma árvore ou categoria de DAP.

Se esta hipótese for verdadeira o problema da avaliação passa ser o estabelecimento de uma relação entre o número e comprimento das peças medidas com uma determinada unidade de superfície de forma que se possa converter esta relação para o hectare.

Procurou-se levantar uma segunda hipótese: se um número suficientemente grande de peças individuais de resíduos fosse contado e medido o quociente entre seus comprimentos e número tende a uma constante.

Se ambas as hipóteses forem verdadeiras então bastaria estender uma corda com extensão suficientemente grande de modo que as relações entre o comprimento total das peças dos resíduos que tocassem a corda e o respectivo número, tenderiam à condição da segunda hipótese, e nesta situação, esta constante poderia ser considerada como a largura de uma faixa cuja extensão é o comprimento da corda. Os volumes seriam obtidos através das equações que correlacionam o número de peças e comprimento delas com volume e a área seria o produto do comprimento da faixa pela constante que nada mais é que o comprimento (médio das peças dos)

to da faixa pela constante que nada mais é que o comprimento médio das peças dos resíduos.

3.4.2. MEDIÇÃO DE AMOSTRAS

O método de amostragem foi inteiramente casualizado e constou de duas fases.

A primeira foi uma amostragem piloto de 8 amostras e a segunda, a definitiva, consistiu do levantamento de 38 amostras. Cada amostra constava de uma picada, aberta na área explorada com 200m de extensão, no centro da qual era estendida uma corda e era anotado o comprimento de todas as peças de resíduos que a tocassem.

A equipe de campo era composta por um Eng^o Florestal e dois operários e o tempo gasto para o levantamento das 38 amostras foi de 7 dias.

3.4.3. ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Os parâmetros a serem determinados não envolveram cálculos mais complexos que os tradicionais utilizados para os de lineamentos inteiramente casualizados, considerando-se que as variáveis medidas obedecem a distribuição normal.

Média

Desvio padrão

Coefficiente de variação

erro padrão de estimativa

Intervalo de confiança

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

4.1. PARCELAS FIXAS

Os resíduos em cada parcela foram separados segundo a sua origem em três categorias: resíduos de fuste, resíduos de copa e resíduos de árvores tombadas durante a exploração. A categoria de resíduos de fuste foi sub-dividida em duas partes segundo suas causas em falhas naturais (podridão e tensões internas) e falhas diversas (traçamento de toras (Tra), abandono de toras (Ab), altura de sapopemas (Sap) e corte inadequado do ôco (Oc)).

Para cada classe de resíduos foram calculados a média, desvio padrão, coeficiente de variação, erro de estimativa cujos valores estão apresentados no quadro 02.

QUADRO 02: Parâmetros dos resíduos em parcelas fixas em função de sua origem: (Tra) traçamento de toras; (Ab) abandono de toras; (Sap) corte exagerado de sapopemas; (Oc) Oco de toras.

PARÂ METROS	RESÍDUOS DE FUSTE (m ³ /PARCELA)						RESÍDUO TOTAL	RESÍDUO ARV.	RESÍDUO TOTAL	
	OUTRAS FALHAS				FALHAS	FUSTE				
	Tra	Ab	Sap	Oc	Total	NATURAIS	TOTAL	COPA	TOMB.	
e	1,58	0,69	1,17	1,50	3,08	0,26	3,13	4,07	1,84	1,56
C.V. %	261,5	363,2	325,0	333,3	191,3	325,0	185,2	122,2	86,0	21,8
E %	74,4	103,3	92,4	94,8	54,4	92,4	52,7	34,8	24,5	6,2
X	0,61	0,19	0,36	0,45	1,61	0,08	1,69	3,33	2,14	7,16
%	8,5	2,7	5,0	6,3	22,5	1,1	22,6	46,5	29,9	100,0

Verificou-se durante a análise um padrão bastante irregular na quantidade de resíduos dentro das parcelas cujo volume variou de $0,0\text{m}^3/500\text{m}^2$ a $22,0\text{m}^3/500\text{m}^2$ o que representaria por hectare, uma variação de $0,0\text{m}^3/\text{ha}$ a $440,0\text{m}^3/\text{ha}$.

A variação se tornou mais acentuada à medida que os volumes foram analisados a nível de categoria de resíduos, tendo-se encontrado coeficientes de variação acima de 200%, para os resíduos de fuste e com E% em torno de 100% para $p=0,95$, podendo-se com isto, inferir a existência, a exemplo das espécies comerciais, de uma forte distribuição gregária dos resíduos na área de estudo.

Fora a estimativa dos parâmetros para resíduos totais, cujo coeficiente de variação foi de 21,8%, a sua estimativa média, convertida por hectare, foi de $143,20\text{ m}^3/\text{ha}$ apresentando um erro de estimativa de 6,2%, mostrando que a intensidade de amostragem foi adequada.

Por outro lado, os valores médios encontrados para os resíduos de fuste, devido aos elevados coeficientes de variação e erros de amostragem, passa a apresentar maior importância qualitativa do que quantitativa.

O exame do quadro 02 mostra que 22,5% do volume total de resíduos, ou seja, $32,2\text{m}^3/\text{ha}$ são provenientes de falhas operacionais ocorridas durante as atividades de exploração mostrando face ao elevado desperdício, a necessidade de se aprimorar as atuais técnicas de abate e organização administrativa. Para ilustrar a importância desta colocação, o volume retirado em forma de toras pelas equipes de exploração, segundo a SUDAM (30), foi de $40\text{ m}^3/\text{ha}$ e, nestas condições, aceitando o limite de erro inferior de 50%, a estimativa mínima do volume perdido

por falhas operacionais seria de aproximadamente $16\text{m}^3/\text{ha}$, ou seja, praticamente 29% do volume potencial existente ($56\text{m}^3/\text{ha}$)

Nesta mesma linha de análise, a exemplificação pode ser estendida à relação existente entre o volume comercializado em forma de madeira industrializada, e o correspondente resíduo: Considerando que foram retirados $40\text{m}^3/\text{ha}$, em toras, e deixados no solo $143\text{m}^3/\text{ha}$, a relação entre o aproveitamento e o desperdício é de $3,58\text{m}^3$. No entanto, na serraria ocorre um novo desperdício devido à industrialização que, segundo JANKAUSKIS⁽¹⁵⁾ é em média equivalente a 25% do volume bruto, o que significa que para a produção de 1m^3 de madeira serrada há a necessidade de $2,08\text{m}^3$ em toras. Conseqüentemente na floresta são deixados $7,46\text{m}^3$ de resíduos os quais devem ser adicionados ao resíduo industrial que é de $1,08\text{m}^3$ (*), fornecendo um total de $8,53\text{m}^3$ de resíduos para a produção de 1m^3 . Assim sendo, para a produção de 1m^3 são necessários $9,53\text{m}^3$ (**), de madeira bruta o que em termos relativos representa um aproveitamento de apenas 10,5% para um desperdício de 89,5%.

4.1.2. AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS RESÍDUOS EM PARCELAS FIXAS

Baseando-se nos croquis elaborados quando do levantamento de campo foi feita a avaliação da área que é tomada à floresta pelas vias de penetração e pela presença dos resíduos no solo.

(*) O valor 1,08 é oriundo da diferença entre o volume bruto de madeira ($2,08\text{m}^3$) para 1m^3 de madeira serrada ($2,08 - 1,00 = 1,08$)

(**) Como 1m^3 de madeira serrada são gastos $8,53\text{m}^3$ de resíduos para se obter 1m^3 comercial são necessários $9,53\text{m}^3$ de matéria bruta.

A superfície ocupada pelo resíduo e pelas vias de penetração correspondem a 12% da área total, sendo que o primeiro é responsável por 7%. Embora este valor seja pequeno, em escala de trabalho de milhares de hectares anuais ele passa a ter um ponderável significado, aumentando nesta significância à medida que um maior número de espécies passarem a entrar no mercado.

Silviculturalmente, a presença do resíduo na floresta é bastante negativo particularmente quanto às dificuldades que ele oferece a todas as posteriores atividades de sua recuperação, pois a sua presença aumenta sensivelmente os custos e os acidentes de trabalho.

4.2. CUBAGEM DE RESÍDUOS DE ÁRVORES EXPLORADAS

4.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A cubagem através das parcelas fixas permitiu analisar os resíduos quanto à sua origem e fornecer estimativas quantitativas por unidade de área e algumas noções de sua dispersão através dos parâmetros calculados.

Devido ao sistema de demarcação das parcelas fixas, não foi possível, baseando-se nos dados coletados, fazer inferências sobre as dimensões dos resíduos quanto à sua distribuição por classes diamétrais pois somente eram anotadas as dimensões dos resíduos, ou parte deles, que se situavam dentro dos limites das parcelas. Associado ao aspecto acima exposto, tornava-se impossível determinar o nível de aproveitamento real das árvores em função de seus diâmetros, bem como as rela -

ções existentes entre as dimensões das árvores e o resíduo por elas produzido.

4.2.2. PARÂMETROS DOS VOLUMES MÉDIOS DAS ÁRVORES EXPLORADAS

Para cada classe diametral (DAP) foram calculadas as respectivas médias (\bar{X}) e coeficiente de variação (C.V.%) com o objetivo de mostrar o grau de dispersão existente em torno dos valores médios para os volumes nas diversas categorias de resíduos. (quadro 03)

QUADRO 03: Parâmetros dos volumes médios por classe DAP.

CLASSE DAP (cm)	PARA-METROS	VOLUMES m ³ / ÁRVORES								
		ÁRVORES ISOLADAS			ÁRVORES TOMBADAS			GERAL		
		FUSTE	COPA	TOTAL	FUSTE	COPA	TOTAL	FUSTE	COPA	TOTAL
55	\bar{X}	1,33	8,43	9,76	5,09	3,52	8,62	6,42	11,95	18,38
	C.V.%	70,4	61,3	57,6	91,1	130,5	85,9	72,8	64,7	53,3
75	\bar{X}	3,86	8,18	12,04	1,89	0,66	2,56	5,75	8,84	14,59
	C.V.%	124,8	22,2	34,4	143,3	161,0	141,0	80,6	31,3	38,6
95	\bar{X}	5,98	13,70	19,68	4,77	1,43	6,20	10,75	15,13	25,88
	C.V.%	102,3	23,8	27,9	151,3	114,4	116,6	98,5	42,8	29,2
115	\bar{X}	14,21	28,24	42,45	6,03	4,47	10,50	20,24	32,71	52,95
	C.V.%	116,3	51,5	47,6	112,6	92,1	66,4	77,7	47,0	43,7

Observa-se uma maior homogeneidade na dispersão dos volumes referentes às copas, particularmente quando os mesmos são analisados a nível de árvores isoladas onde os C.V.% encontrados são relativamente baixos nas classes diametraes de 75cm e 95 cm, com valores próximos a 20%. Os C.V.% dos volumes de fuste das árvores isoladas são superiores aos dos volumes de copas fato que se pode atribuir à irregularidade do aproveitamento do tronco das árvores tropicais o que pode ser facilmente observado nos croquis dos resíduos das árvores (Anexo 1).

A maior heterogeneidade ocorre nos volumes de árvores

tombadas cujos coeficientes de variação, na maioria dos casos são superiores a 100% (quadro 03). Esta heterogeneidade é explicada através de conceitos fito-sociológicos das estruturas da floresta tropical (FOX⁽¹⁰⁾, ROSS⁽²⁷⁾) e a problemas de sucessão seral (BONNIKSEN⁽⁴⁾) nos quais existem elevadas variações na densidade das árvores existentes no sub-bosque e que compoem a maior parte dos resíduos das árvores tombadas.

Para poder melhor comparar a composição dos resíduos dentro de cada categoria de DAP deve-se apresentá-los na sua forma relativa (quadro 04)

QUADRO 04: Distribuição relativa de volumes por classe de DAP.

CLASSE DAP (cm)	VOLUME								
	ÁRVORES ISOLADAS			ÁRVORES TOMBADAS			GERAL		
	FUSTE	COPA	TOTAL	FUSTE	COPA	TOTAL	FUSTE	COPA	TOTAL
55	13,6	86,4	100,0	59,0	41,0	100,0	34,9	65,1	100,0
75	32,1	67,9	100,0	72,7	27,3	100,0	39,4	60,6	100,0
95	30,4	69,6	100,0	76,9	23,1	100,0	41,5	58,5	100,0
115	35,3	66,5	100,0	57,4	42,6	100,0	38,2	61,8	100,0
\bar{x}	27,4	72,6		66,6	33,4		38,5	61,5	

Pelo quadro 04 pode-se verificar uma tendência de melhor aproveitamento do fuste, quando as árvores pertencem às classes diametraes menores (DAP - 55cm - 13,6%) sendo que a maior porcentagem de volume é constituída pelos resíduos de copa. Para as árvores tombadas, 66,6% do volume corresponde ao volume de fuste, ocorrendo praticamente o inverso das árvores isoladas. Nos volumes de resíduo geral as proporções entre os resíduos de fuste e copa mantêm-se bastante constantes, independentemente da classe de DAP a que pertencem correspondendo a 38,5% e 61,5%, respectivamente.

Em t ermos comparativos entre árvores isoladas e tombadas verifica-se que a participação relativa das primeiras aumenta com o DAP, sendo em m edia a proporção dos resíduos de 73,0% e 27,0%, respectivamente.(quadro 05)

Estas comparações t em significado no sentido de demonstrar que quase tr es quartas partes dos resíduos são provenientes das espécies que foram exploradas e, portanto, correspondem a uma biomassa que, pelas suas características físico-mecânicas já conhecidas representam um volume potencial que poderia ser melhor aproveitado.(IBDF⁽¹³⁾)

QUADRO 05: Distribuição relativa dos volumes de resíduos entre árvores isoladas e tombadas

CLASSE DAP (cm)	% VOLUME		
	ISOL.	TOMB.	TOTAL
55	53,1	46,9	100,0
75	82,5	17,5	100,0
95	76,0	24,0	100,0
115	80,4	19,6	100,0
X %	73,0	27,0	

Já as proporções dos volumes totais de resíduos de fuste (quadro 06) mostram que para as classes diametraais menores ocorre uma maior proporção nas árvores tombadas invertendo-se a situação para as árvores com diâmetros maiores. Acima do DAP de 65cm aproximadamente 25% do volume de resíduos corresponde ao volume de fuste das árvores isoladas cifra esta próxima da encontrada no quadro 02 que foi de 22,5%.

QUADRO 06: Distribuição relativa dos volumes de resíduos de fuste e copa.

CLASSE DAP (cm)	% VOLUME				
	FUSTE		COPA		TOTAL
	ISOL.	TOMB.	ISOL.	TOMB.	
55	7,2	27,7	45,9	19,2	100,0
75	26,5	13,0	56,0	4,5	100,0
95	23,1	18,4	52,9	5,6	100,0
115	26,8	11,4	53,3	8,4	100,0
X %	20,9	17,6	52,0	7,4	100,0

A proporção entre os volumes de copa e fuste de árvores isoladas corresponde a mais de 100% dos primeiros para os últimos, mostrando que além da necessidade de se aprimorar as técnicas de aproveitamento dos fustes, por ocasião da exploração florestal, deve-se também desenvolver outras técnicas para os resíduos de copa.

4.2.3. AJUSTE DE FUNÇÕES E PARÂMETROS

Devido aos elevados coeficientes de variação encontrados entre as diferentes categorias de resíduos em função das respectivas classes de DAP, bem como devido ao elevado valor entre os intervalos de classe adotado (20cm), em lugar de se utilizar os valores das árvores individuais para ajuste de funções utilizou-se as médias representativas de cada classe.

Após verificar a tendência da distribuição gráfica dos pontos representativos de cada categoria de resíduos por classe de DAP, foram selecionadas as seguintes funções:

Função parabólica	$Y=b_0+b_1X+b_2X^2$;
Função Potencial	$Y=b_0X^{b_1}$ ou $\text{Log}Y=\text{Log} b_0+b_1\text{log} X$
Função exponencial	$Y=b_0e^{b_1X}$ ou $\text{log}Y=\text{log} b_0+b_1X$
Função parabolóide	$Y=b_0b_1(1/X)+b_2X$.

Para cada função foram determinados os seguintes parâmetros: erro padrão (S_{yx}), erro padrão da média % ($S_{yx}\%$), coeficiente de determinação (r^2) e calculado o valor de F (anexo 2)

As funções selecionadas foram as que obtiveram menor $S_{yx}\%$, maior valor para r^2 , maior valor para F e menor tendência entre os valores reais e estimados, através da análise.

4.2.3.1. Volumê de Árvores Isoladas e Tombadas em Função DAP

Entre as funções testadas os melhores ajustes estão apresentados no quadro 07. Para o ajuste dos modelos foram utilizados os volumes estimativos dos resíduos através da fórmula do cilindro

QUADRO 07: Equações e parâmetros para o volume de resíduos de árvores isoladas e tombadas em função do DAP

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
FUSTE	$b_0 = -94,9944799$				
PARABOLOIDE	$b_1 = 3312,9903660$ $b_2 = 0,7501951$	0,530	4,91	0,998	237,51**
COPA	$b_0 = 155,1407957$				
PARABOLOIDE	$b_1 = 5482,0588550$ $b_2 = 1,2223803$	1,349	7,37	0,995	92,68**
TOTAL	$b_0 = 108,7850102$				
PARABOLICA	$b_1 = -2,7037041$ $b_2 = 0,0192854$	0,163	0,58	0,999	17020,4 **

Valor $F(3,2) = 19,16$ $p = 0,95$ Valor $F(3,2) = 99,17$ $p = 0,99$

Verifica-se que os ajustes das funções são muito bons visto os baixos erros padrão de estimativa e os elevados coeficientes de determinação que praticamente tendem à unidade.

Observa-se que no caso do volume copa (C) na fig. 6, existe uma ligeira tendência em superestimar na classe de DAP de 95cm, embora esta tendência já se tenha manifestado para todas as classes, que de modo menos acentuado. Talvez algum outro modelo mais flexível se ajuste melhor pois, com o relativamente pequeno número de pontos disponíveis, funções de grau maior não puderam ser adotadas, uma vez que inviabilizaria a análise de variância por falta de graus de liberdade para o erro residual.

A representação gráfica (fig. 6) mostra que os volumes decrescem entre as classes de DAP de 55 cm a 75cm para voltarem a crescer nas classes posteriores. Este fenômeno pode ser explicado, de um lado, pela posição sociológica em termos da posição das árvores no estrato vertical da floresta que se situam no estrato das árvores co-dominantes cujas copas estão a mesma altura de outras árvores que, com sua queda, arrastam consigo um maior número de árvores de diâmetro menores e, do outro, pela relação existente entre o diâmetro e espécies, cujos formatos e tamanho de copa variam fazendo com que ocorra uma maior quantidade de resíduos. Associado a estes fatos ocorre também, como no caso da maçaranduba (*Manilkara Huberi* (Ducke), A.Chev.), fortes tensões internas nos troncos das árvores com diâmetros menores e que quando liberadas por ocasião do corte, fazem com que todo o fuste fique rachado, aumentando a quantidade de resíduos. Por outro lado, as classes de DAP entre 65cm e 85cm foram as que tiveram o melhor aproveitamento do fuste.

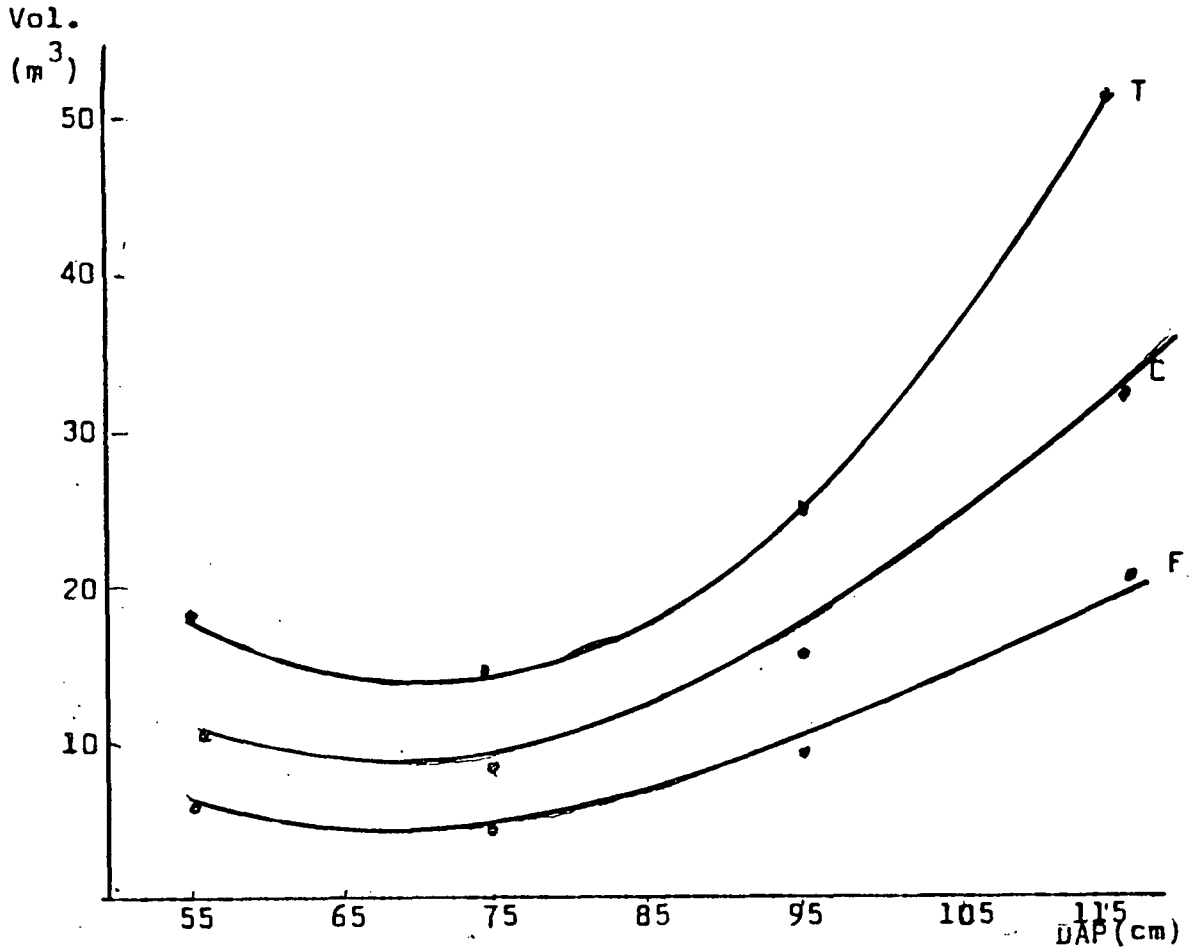


FIG. 6: Volumes de fuste(F), copa (C) e total (T) de árvores isoladas e tombadas por classe de DAP; *valores reais.

4.2.3.2. Volume de Árvores Isoladas por classe de DAP

QUADRO 08: Equações e parâmetros para volumes de resíduos de árvores isoladas em função do DAP

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
FUSTE	$b_0 = -1,6307284$				
EXPONENCIAL	$b_1 = 0,0371730$	0,707	11,11	0,979	94,64**
COPA	$b_0 = 49,1500207$				
PARABOLICA	$b_1 = -1,2455750$	0,724	4,95	0,998	253,53**
	$b_2 = 0,0092375$				
TOTAL	$b_0 = 62,4123395$				
PARABOLICA	$b_1 = -1,6533958$	2,169	10,33	0,993	70,44*
	$b_2 = 0,0128316$				

Valor $F(3,2) = 19,16$ $p = 0,95$ Valor $F(3,2) = 99,17$ $p = 0,99$

As funções que melhor se ajustaram foram a exponencial para o volume de fuste e a parábola para os volumes de copa e total (quadro 08).

Embora os ajustes possam ser considerados como bons , em comparação com os obtidos anteriormente, nota-se um aumento relativamente grande nos $s_{yx}\%$, particularmente para o total

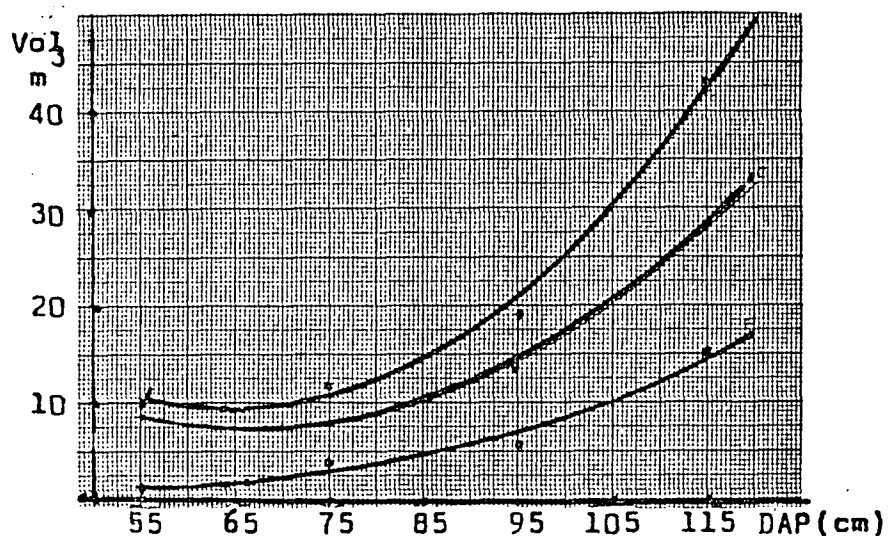


FIGURA 7: Volumes de fuste (F), copa (C) e total (T) das árvores isoladas por classe de DAP; *valores reais.

Uma melhor visualização da qualidade dos ajustes pode ser obtido através da figura 7.

Não se pode notar tendenciosidade nas funções ajustadas apesar de se notar uma subestimativa pequena para o volume de fuste e total na classe de DAP de 75cm e uma ligeira superestimativa dos mesmos na classe de 95cm. (fig. 7)

4.2.3.3. Volume de Árvores Tombadas por Classe de DAP.

Nas relações de volumes de árvores tombadas, para todas as categorias (fuste, copa e total), apenas uma única função apresentou ajuste aceitável, embora para o volume de copa e

função parabólica também tenha manifestado significância (quadro do anexo 1). Observa-se que apenas para os volumes de copa, estatisticamente, a relação Volume/DAP é altamente significativa (quadro 9).

QUADRO 09: Equações e parâmetros de volumes de resíduos de árvores tombadas em função do DAP

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
FUSTE	$b_0 = -39,5541927$				
PARABOLOIDE	$b_1 = 1604,3471640$	1,347	30,35	0,809	2,12NS
	$b_2 = 0,2798454$				
COPA	$b_0 = 49,3682446$				
PARABOLOIDE	$b_1 = 1940,0381467$	0,167	6,62	0,997	169,23**
	$b_2 = 0,3209248$				
TOTAL	$b_0 = -89,0671731$				
PARABOLOIDE	$b_1 = 3544,3853080$	1,180	16,97	0,960	12,09NS
	$b_2 = 0,6007610$				

Valor $F(3,2) = 19,16$ $p = 0,95$ Valor $F(3,2) = 99,17$ $p = 0,99$

No entanto pela figura 8 pode-se constatar que, apesar dos elevados $S_{yx}\%$, as funções se adaptam razoavelmente bem, mostrando inexistência de tendenciosidade caracterizada.

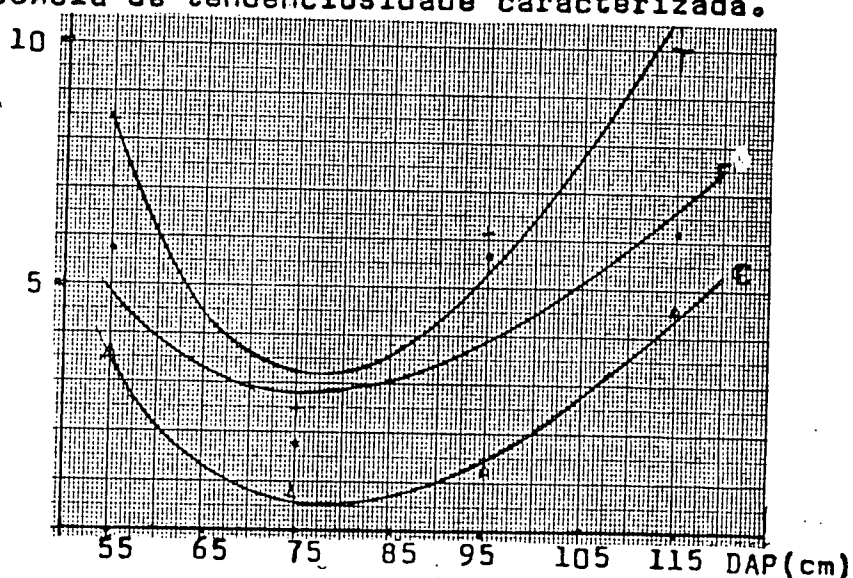


FIGURA 8: Volumes de fuste (F), copa (C) e total (T) para árvores tombadas dentro de classe de DAP * valores reais

4.2.4. DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES DE RESÍDUOS EM CLASSES DIÂMETRAIS DENTRO DE CADA CLASSE DE DAP.

Observa-se no quadro 10 que os volumes estão muito dispersos, apresentando elevados C.V.% cuja magnitude está acima de 100%, chegando a 250% para os resíduos de fuste. A menor dispersão dos volumes ocorre dentro dos resíduos de copa ficando em torno de 50%. Para os volumes totais os C.V.% estão situados entre 50% e 100% com tendência de aumentarem à medida que aumentam as classes de DAP, devendo-se este fato à irregularidade de ocorrência dos resíduos nas classes diamétricas superiores.

Devido a estas elevadas variações os dados volumétricos dentro do quadro 10, não apresentam consistência suficiente para serem tomados como base para elaboração de tabelas de volume servindo êles mais como referências para estudos mais específicos e que implicarão em uma coleta de dados mais intensa.

4.2.4.1. Ajuste de Funções para Distribuições Diamétricas e Parâmetros

Apesar dos elevados coeficientes de variação e das limitações de utilização dos dados que deles decorrem, os volumes médios calculados, foram utilizados para um teste de ajuste a algumas funções que pudessem se aproximar de sua distribuição teórica.

Para se ter uma idéia da forma com que os volumes estão distribuídos nas classes diamétricas foi feita a representação gráfica dos mesmos (fig.9), tendo sido usado os volumes médios totais.

QUADRO 10: Volumes médios de resíduos e C.V.% por classe de diametro dentro de cada classe de DAP.

CLASSE DE DIAM.	CLASSE DE DAP																							
	55				75				95				115											
	FUSTE		COPA		TOTAL		FUSTE		COPA		TOTAL		FUSTE		COPA		TOTAL							
X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%	X	C.V.%					
15	0,16	148,7	1,44	88,8	1,60	83,7	0,16	132,1	0,58	30,3	0,74	46,4	0,24	123,5	1,33	84,1	1,57	76,6	0,34	94,4	2,71	54,5	3,05	52,5
25	0,61	169,2	2,69	57,9	3,30	64,6	0,87	112,0	1,88	57,3	2,75	67,7	0,85	108,9	4,86	27,9	5,71	20,1	1,32	84,4	6,68	48,5	7,00	42,3
35	1,06	172,1	4,05	58,0	5,12	48,1	0,87	250,0	2,44	56,1	3,31	90,4	0,88	205,2	3,17	46,3	4,05	74,3	2,57	91,7	6,82	24,5	9,39	36,0
45	2,07	123,3	2,34	97,6	4,50	61,7		1,87	46,0	1,87	46,0	1,03	244,9	3,32	29,1	4,35	57,9	0,85	158,9	4,15	69,1	5,00	66,6	
55	1,43	185,4	1,33	192,0	2,76	151,5	2,52	166,9	0,64	87,6	3,18	120,9		2,04	84,1	2,04	84,1	0,95	250,0	3,95	118,0	4,90	135,5	
65	1,09	89,3		1,09	89,3	0,89	124,6	1,12	123,9	2,01	72,3	4,97	111,0	0,41	196,6	5,38	95,3		1,33	126,5	1,33	126,5		
75					0,44	250,0	0,31	250,0	0,75	159,5	2,21	192,2		2,21	192,2	0,30	250,0	1,91	127,7	2,21	102,7			
85											0,57	250,0		0,57	250,0	1,51	250,0	3,40	214,0	4,91	150,0			
95																		1,18	250,0	1,18	250,0			
105																		5,34	250,0	0,58	250,0	5,92	160,5	
115																		0,52	250,0		0,52	250,0		
125																		6,34	250,0		6,54	250,0		
	6,42	72,8	11,95	64,7	18,38	53,5	5,75	80,6	8,84	31,3	14,59	38,6	10,75	98,5	15,13	42,8	25,88	29,2	20,24	77,7	32,71	47,0	52,95	43,7

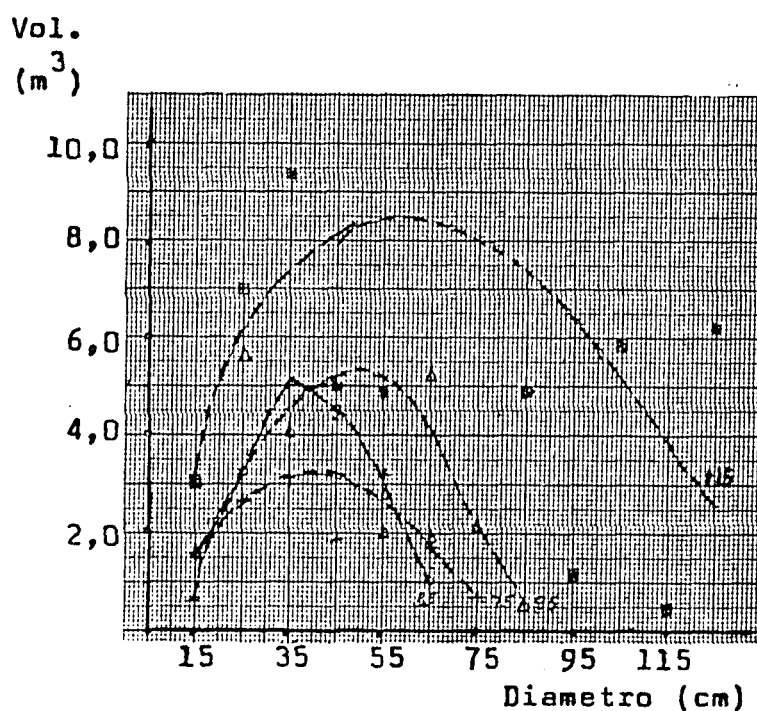


FIGURA 9: Representação gráfica da distribuição dos volumes de resíduos por classe diametral dentro de cada categoria de DAP; ○ 55cm; + 75cm; x 95cm; * 115cm

A tendência da distribuição dos volumes foi para a forma de sino, aproximando-se bastante para a parábola ou à distribuição normal.

Além da parábola, FREESE^(10^a), apresenta uma outra função mais flexível que é um tipo de combinação das funções exponencial e potencial do tipo $Y = aX^b e^{cX}$ e que poderia se adaptar às distribuições dos volumes de resíduos.

Desta forma foram utilizadas apenas duas funções para as tentativas de ajuste:

Função parabólica $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2;$

Função Semi-logarítmica $\log Y = \log b_0 + b_1 \log X + b_2 X \cdot \log e$

Como, era de se esperar o ajuste das funções testadas não apresentou significância mostrando que a tendência efetiva não é parabólica, embora tenha apresentado algumas correlações boas com coeficientes de determinação acima de 0,80 como mostra o quadro 11. Seria melhor ajustar a distribuição normal para detectar realmente a tendência esquecendo o valor quantitativo.

Observa-se que a função semi-logarítmica, em todas as classes de DAP foi sensivelmente melhor que a parábola, indicando com isto uma determinada assimetria na distribuição diamétrica dos volumes.

QUADRO 11: Equações e parâmetros para volumes de resíduos segundo classes diamétricas dentro de cada classe de DAP.

DAP	FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F p=0,95
55	SEMI-LOG	$b_0 = -4,9887465$				
		$b_1 = 5,2764368$	0,948	31,14	0,867	6,35 NS
		$b_2 = 0,07154153$				F(3,2)-19,16
	PARABOLICA	$b_0 = 1,4505595$				
		$b_1 = 0,2047619$	0,733	35,17	0,686	4,38 NS
		$b_2 = 0,0023417$				F(4,2)- 6,91
75	SEMI-LOG	$b_0 = 4,6143856$				
		$b_1 = 4,4766662$	0,800	38,36	0,810	8,51 *
		$b_2 = 0,0510026$				F(4,2)- 6,91
	PARABOLICA	$b_0 = 0,1866369$				
		$b_1 = 0,1943175$	1,646	51,15	0,453	2,07 NS
		$b_2 = 0,0022099$				F(5,2)- 5,71
95	SEMI-LOG	$b_0 = 3,4874924$				
		$b_1 = 3,7142884$	1,777	55,24	0,652	4,68
		$b_2 = 0,0438628$				F(5,2)- 5,71
	PARABOLICA	$b_0 = 8,4025912$				
		$b_1 = 0,1094592$	2,859	64,74	0,158	0,84 NS
		$b_2 = 0,0006034$				F(10,2)-4,10
115	SEMI-LOG	$b_0 = 0,6941254$				
		$b_1 = 0,0864485$	3,101	70,23	0,138	0,72 NS
		$b_2 = 0,0046230$				F(10,2)-4,10
	PARABOLICA	$b_0 = 0,6941254$				
		$b_1 = 0,0864485$	3,101	70,23	0,138	0,72 NS
		$b_2 = 0,0046230$				F(10,2)-4,10

Por outro lado o erro residual (S_{yx}) e o erro padrão de estimativa ($S_{yx\%}$), aumentam com o aumento do DAP, ocorrendo um correspondente decréscimo do coeficiente de determinação (r^2) (quadro 11). Esta diminuição do r^2 , com o aumento do erro, deve estar associada às espécies que compõem as classes de DAP superiores pois elas apresentam configurações de copa, estrutura e altura de fuste e total muito variáveis, podendo-se observar estas diferenças nos croquis elaborados (anexo 2).

4.2.4.2. Distribuição de Volumes Totais de Resíduos por Classe de DAP e por Hectare

Embora os C.V.% sejam elevados e apesar de não se ter conseguido ajustes significativos para as distribuições diamétricas dos volumes, procurou-se, através da utilização dos volumes médios dos diâmetros, dentro de cada classe diametral, fazer inferências a respeito da distribuição dos volumes por classe diametral por unidade de área.

Baseando-se no relatório sobre a viabilidade técnico-econômica da exploração mecanizada em florestas de terra firme na Estação Experimental de Silvicultura Tropical da SUDAM em Curuá-Una, (SUDAM⁽³⁰⁾), verificou-se que foram exploradas 837 árvores (quadro 12), abrangendo um total de 48 espécies.

A partir destes dados foram construídas tabelas individuais para resíduos totais, copa e fuste, através do produto dos volumes médios de cada classe diametral dos resíduos para cada classe de DAP das árvores (quadro 10), com o respectivo número de árvores exploradas em cada classe de DAP (quadro 12).

QUADRO 12: Número de árvores exploradas por classe de DAP.

DAP (cm)	Nº ARV.
55	203
75	486
95	130
115	18

Fonte: SUDAM 1978

Determinou-se para cada tabela (quadros 13,14,15) a importância relativa parcial e acumulada para as classes diamétricas e de DAP.

QUADRO 13: Distribuição dos volumes de resíduos por classe diamétrica, em 100 Ha, por classe de DAP.

CLASSE DIAM. (cm)	CLASSES DE DAP (cm)				TOTAL m ³ /km ²	%	% ACUM.
	55	75	95	115			
15	324,80	359,64	204,10	54,90	943,44	6,23	6,23
25	730,80	1336,50	742,30	126,00	2935,60	19,01	25,24
35	1039,36	1608,66	526,50	169,02	3343,54	22,08	47,32
45	913,50	908,82	565,50	90,00	2477,82	16,38	63,70
55	560,28	1535,76	265,20	88,20	2449,47	16,22	79,92
65	221,27	976,86	699,40	23,94	1924,47	12,74	92,66
75		364,50	287,30	39,78	691,58	4,59	97,25
85			74,10	88,38	162,48	1,08	98,33
95				21,24	21,24	0,14	98,47
105				106,56	106,56	0,71	99,18
115				9,36	9,36	0,06	99,24
125				117,72	117,72	0,76	100,00
TOTAL	3790,01	7090,74	3364,40	935,10	15180,28	100,0	
%	24,47	47,02	22,31	6,20	100,00		

De um modo geral, independentemente de se tratar de resíduos de copa, fuste ou total, a proporção relativa das classes de DAP manteve-se praticamente a mesma, mostrando que a classe de DAP de 75cm representa 47% do total dos resíduos por hectare, sendo que, a de 115cm, cujas árvores individuais produzam três vezes mais resíduos que as da classe de 75cm, representa apenas 6,2%.

O maior volume de resíduos totais é composto pelas classes diamétricas de 25cm a 45cm que são responsáveis por cerca de 57% do volume. Ao contrário do que seria de esperar o volume de classe diametral de 15 cm representa apenas 6,2% do total (quadro 13).

QUADRO 14: Distribuição dos volumes de resíduos de fuste por classe diamétrica, em 100ha, por classe de DAP.

CLASSE (cm)	CLASSE DAP (cm)				TOTAL	%	
	55	75	95	115	m ³ /km ²	%	ACUM.
15	32,48	77,76	31,20	6,12	147,56	2,52	2,52
25	123,83	422,82	110,50	23,76	680,91	11,62	14,14
35	215,18	422,82	114,40	46,26	798,66	13,63	27,77
45	420,21		133,90	15,30	569,41	9,72	37,49
55	290,29	1224,72		17,10	1532,11	26,15	63,64
65	221,27	432,54	646,10		1299,91	22,18	85,82
75		213,84	287,30	5,40	506,54	8,64	94,46
85			74,10	27,18	101,28	1,13	96,19
95							
105				96,12	96,12	1,64	97,83
115				9,36	9,36	0,16	97,99
125				117,72	117,72	2,01	100,00
TOTAL	1303,26	2794,50	1397,50	364,32	5859,58	100,0	
%	22,24	47,69	23,85	6,22	100,00		

Para os resíduos de fuste a maior concentração dos volumes está entre as classes diamétrais de 55cm a 75cm, sendo os volumes dos diâmetros maiores responsáveis por somente 5,3% do volume total (quadro 14).

para os resíduos de copa a maior concentração se encontra entre as classes diamétrais de 25cm e 45cm e representa 72% do volume de copa total (quadro 15).

QUADRO 15: Distribuição dos volumes de resíduos de copa por classe diamétrica, em 100ha, por classe de DAP.

CLASSE DIAM. (cm)	CLASSES DAP (cm)				TOTAL	%	
	55	75	95	115	m ³ /km ²	%	ACUM.
15	288,26	281,88	172,90	48,78	791,82	8,57	8,57
25	537,95	913,68	631,80	120,24	2203,67	23,85	32,42
35	809,97	1185,84	412,10	122,76	2530,67	27,39	59,81
45	485,17	908,82	431,60	74,70	1900,29	20,57	80,38
55	265,93	311,04	265,20	71,10	913,27	9,88	90,26
65		544,12	53,30	23,94	621,36	6,74	97,00
75		150,66		34,38	185,04	2,00	99,00
85				61,20	61,20	0,66	99,66
95				21,24	21,24	0,23	99,89
105				10,44	10,44	0,11	100,00
TOTAL	2387,28	4296,24	1966,90	588,78	9239,20	100,00	
%	25,84	46,50	21,29	6,37	100,00		

Como os volumes de resíduos foram apresentados para uma área de 100ha (1 km²), o volume por hectare será obtido dividindo-se os valores por 100 (quadros 16 e 18).

Outro remanejamento dos dados permite a análise global da distribuição relativa dos volumes (%) de acordo com a origem dos resíduos de fuste, copa e total, por unidade de área, segun

do as classes de DAP (quadro 17) e, de forma similar, a respectiva distribuição relativa, segundo classes diamétricas, em função de sua origem (quadro 19)

QUADRO 16: Distribuição dos volumes m^3/ha e %, dos resíduos segundo, origem, por classe de DAP.

RESÍDUOS m^3/ha		CLASSES DAP (cm)				TOTAL m^3/ha
		55	75	95	115	
FUSTE	X	13,03	27,95	13,98	3,64	58,60
	%	22,24	47,69	23,85	6,22	100,00
COPA	X	23,87	42,96	19,67	5,89	92,39
	%	25,84	46,50	21,29	6,37	100,00
TOTAL	X	37,90	70,91	33,64	9,35	150,99
	%	24,47	47,02	22,31	6,20	100,00

QUADRO 17: Distribuição % dos volumes por hectare e por classe de DAP

RESÍDUOS %/ha	CLASSES DAP (cm)				TOTAL %/ha
	55	75	95	115	
FUSTE	8,63	18,51	9,25	2,41	38,81
COPA	15,81	28,45	13,27	3,96	61,19
TOTAL	24,47	47,02	22,31	6,20	100,00

Com esta nova ordenação dos dados ressalta que os resíduos de copa das árvores com DAP de 75cm, embora individualmente tenham o menor volume de resíduos, são responsáveis por cerca de 28,5% do volume total por hectare e, juntamente com o volume de fuste esta porcentagem praticamente sobe a 50%.

Seguem em ordem de importância, as % de copa das árvores com DAP 55cm (15,8%) e de 95cm (13,3%), ficando os resíduos

de fuste das árvores com DAP de 115cm com apenas 2,4% do volume total (quadro 17).

Pode-se verificar que a estimativa do volume total médio por hectare é de aproximadamente $151\text{m}^3/\text{ha}$ (quadro 18) volume este que pode ser considerado como equivalente ao encontrado

QUADRO 18: Distribuição percentual dos volumes de resíduos de fuste e copa por classe de diâmetro por ha.

CLASSES		RESÍDUOS		($\text{m}^3, \%$ /ha)
DIAM.		FUSTE	COPA	TOTAL
15	X	1,48	7,92	9,39
	%	2,5	8,6	6,2
25	X	6,81	22,04	28,66
	%	11,6	23,8	19,0
35	X	7,99	25,31	33,29
	%	13,6	27,3	22,1
45	X	5,69	19,00	24,70
	%	9,7	20,6	16,4
55	X	15,32	9,13	24,45
	%	26,1	9,9	16,2
65	X	13,00	6,21	19,21
	%	22,2	6,7	12,7
75	X	5,07	1,85	6,92
	%	8,6	2,0	4,6
85	X	1,01	0,61	1,62
	%	1,7	0,7	1,1
95	X		0,21	0,21
	%		0,2	0,1
105	X	0,96	0,10	1,06
	%	1,6	0,1	0,7
115	X	0,09		0,09
	%	0,2		0,1
125	X	1,18		1,18
	%	2,0		0,8
TOTAL X		58,59	92,39	150,89
		%	100,0	100,0

do na análise das parcelas fixas (quadro 02) que foi de $143,2\text{m}^3/\text{ha}$ com um erro de amostragem de 6,2%, uma vez que os limites de confiança de estimativa em parcelas fixas é de $134,3$ $143,2$ $152,1\text{m}^3/\text{ha}$ confirmando com isto a validade de utilização de avaliação de resíduos, a partir da cubagem de árvores exploradas isoladamente.

QUADRO 19: Distribuição percentual dos volumes de resíduos por hectare e por classe diamétrica segundo sua origem.

CLASSE DIAM.	RESÍDUOS		%/ha
	FUSTE	COPA	TOTAL
15	0,98	5,25	6,23
25	4,51	14,61	19,12
35	5,29	16,77	21,96
45	3,77	12,59	16,36
55	10,15	6,05	16,20
65	8,61	4,12	12,73
75	3,36	1,23	4,59
85	0,67	0,40	1,07
95		0,14	0,14
105	0,07		0,07
115	0,06		0,06
125	0,78		0,78
TOTAL	38,8	61,2	100,0

Considerando-se a distribuição percentual, segundo sua origem, verifica-se que a maior contribuição é do volume de co pa entre as classes diamétricas de 25cm e 45cm representando, 44% do volume por hectare; seguida pela do fuste entre as clas ses de 55cm e 65cm, que representam um potencial de 19% (quadro 19).

4.3 RELAÇÕES MÉTRICAS ENTRE RESÍDUOS

4.3.1. COMPRIMENTO DAS PEÇAS DE RESÍDUOS

Numa análise preliminar dos resumos das fichas de campo verificou-se a existência de uma tendência do comprimento de to das as peças, que compunham os resíduos das árvores exploradas, de variarem proporcionalmente aos volumes.

Como foram obtidos ajustes altamente significativos das funções para os volumes, em função dos respectivos DAPs, procurou-se verificar como seria o comportamento dos comprimentos das peças em relação às mesmas funções em relação aos, comprimentos de peças de fuste, copa e totais com as respectivas classes de DAP.

QUADRO 20: Equações e parâmetros para comprimento geral das peças de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
FUSTE	$b_0 = 152,0244788$				
	$b_1 = -3,0547917$	1,901	2,91	0,998	201,18**
PARABÓLICA	$b_2 = 0,0221958$				
COPA	$b_0 = -2244,4209140$				
	$b_1 = 82790,2092700$	12,334	5,18	0,997	153,06**
PARABOLOIDE	$b_2 = 16,8623929$				
TOTAL	$b_0 = -2538,8644820$				
	$b_1 = 94181,5020800$	7,663	2,52	0,999	208,00**
PARABOLOIDE	b_2				

Os ajustes das funções selecionadas foram altamente sig nificativas, com baixos erros de estimativas ($S_{yx}\%$) e elevados r^2 (quadro 20).

Também os ajustes gráficos das funções não demonstram tendenciosidade nas funções escolhidas (figura 10).

Além dos ajustes realizados para comprimentos gerais, foram testadas as mesmas funções para árvores isoladas e tombadas, apresentando, em todos os casos ajustes altamente significativos (anexo 2)

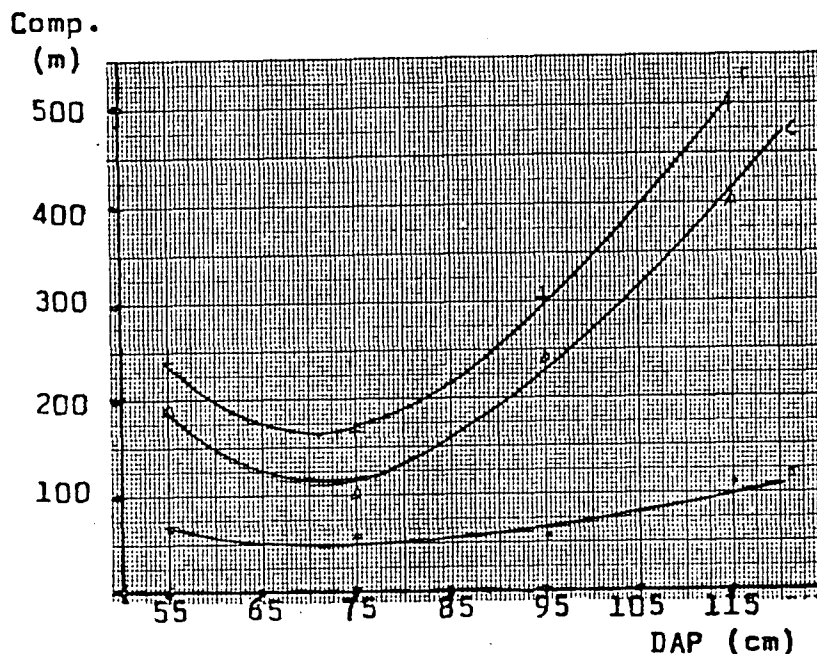


FIGURA 10: Comprimento das peças de fuste (F), copa (C), total (T) em relação a classes de DAP.

Estas elevadas correlações permitem inferir que existem também regras métricas entre a quantidade de peças de resíduos das árvores e os respectivos DAPs.

4.3.2. NÚMERO DE PEÇAS DE RESÍDUOS E SUAS RELAÇÕES MÉTRICAS

Devido às elevadas correlações encontradas nas relações entre classes de DAP, volumes e comprimentos, procurou-se analisar se estas poderiam ser estendidas ao número de peças com

que eram compostos os resíduos das árvores exploradas (quadro 21), bem como qual seria o relacionamento entre o número de peças, comprimento total e volume geral.

QUADRO 21: Relações métricas entre Classes de DAP, número de peças, comprimento e volume.

DAP (cm)	Nº peças	COMP. (m)	VOL. (m ³)
55	29	249	18,38
75	21	166	14,60
95	32	300	25,88
115	62	507	52,95

4.3.2.1. Número de Peças Por Classe de DAP

Para análise do relacionamento entre o número de peças por classe de DAP foram utilizadas as seguintes funções:

Função parabólica $Y = b_0 + b_1 + b_2 X^2$;

Função parabolóide $Y = b_0 + b_1 (1/X) + b_2 X$;

Função linear $Y = b_0 + b_1 X$.

Verifica-se uma correlação leve entre o número de peças e o DAP ($r^2 = 0,63$) embora não se tenha ajustes significativos (quadro 22).

QUADRO 22: Coeficientes e parâmetros das funções entre o número de peças e DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABÓLICA	$b_0 = 63,8598507$ $b_1 = 0,0466575$ $b_2 = 0,0126572$	27,103	31,89	0,633	0,86 NS
PARABOLOIDE	$b_0 = -0,8021807$ $b_1 = 785,9010500$ $b_2 = 1,6767333$	26,776	31,50	0,642	0,89 NS
LINEAR	$b_0 = 44,0062112$ $b_1 = 1,1387164$	19,331	22,74	0,626	3,35 NS

Valor $F(3,2)=19,16$ $p= 0,95$

4.3.2.2. Número de Peças e Comprimento Total

Como a configuração gráfica das relações entre o número de peças e o comprimento demonstrou possuir uma tendência linear (figura 11), somente a função linear foi testada, obtendo-se ajuste altamente significativo (quadro 23)

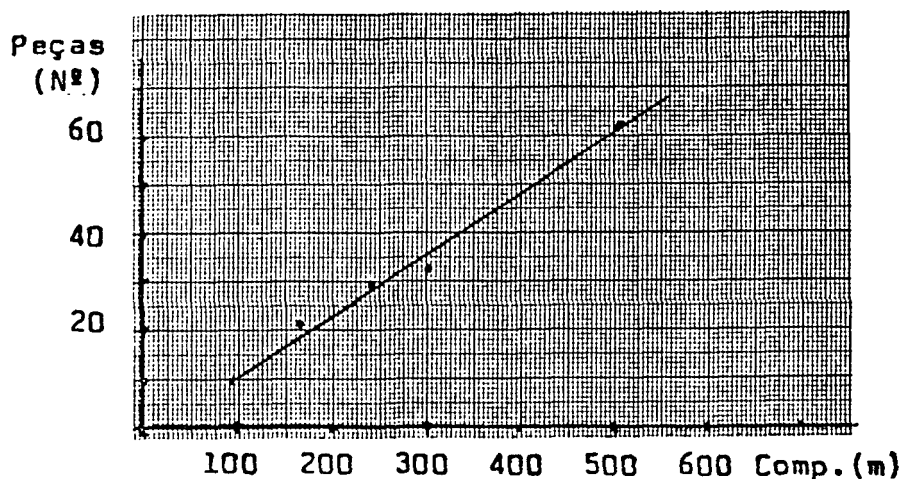


FIGURA 11: Comprimento total em relação ao número total das peças; * valores reais

Pode-se deduzir que o número das peças é uma função linear com o comprimento e não com o DAP.

4.3.2.3. Volume, Número de Peças e Comprimento

Utilizando-se da função linear foram estabelecidos os ajustes entre:

$$\text{Volume} = f(\text{número de peças});$$

$$\text{Volume} = f(\text{comprimento}).$$

Os ajustes podem ser considerados como bons e altamente significativos com r^2 elevados e baixos $S_{yx}\%$ (quadro 23).

QUADRO 23: Coeficientes e parâmetros para as relações entre comprimento e o número de peças, volume e número de peças e volume e comprimento.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
$C = f(N^{\circ})$	$b_0 = 12,1195652$ $b_1 = 8,0869565$	24,336	8,04	0,982	106,41**
$V = f(N^{\circ})$	$b_0 = -6,5389286$ $b_1 = 0,9580952$	2,486	8,89	0,986	143,53**
$V = f(C)$	$b_0 = -7,7215002$ $b_1 = 0,1168681$	3,168	11,33	0,978	87,60*

$$\begin{aligned} \text{Valôr } f(3,2) &= 19,16 & p &= 0,95 \\ &= 99,17 & p &= 0,99 \end{aligned}$$

A representação gráfica das relações entre o volume e número de peças e comprimento mostra que não se observa tendenciosidade nas funções (fig. 12).

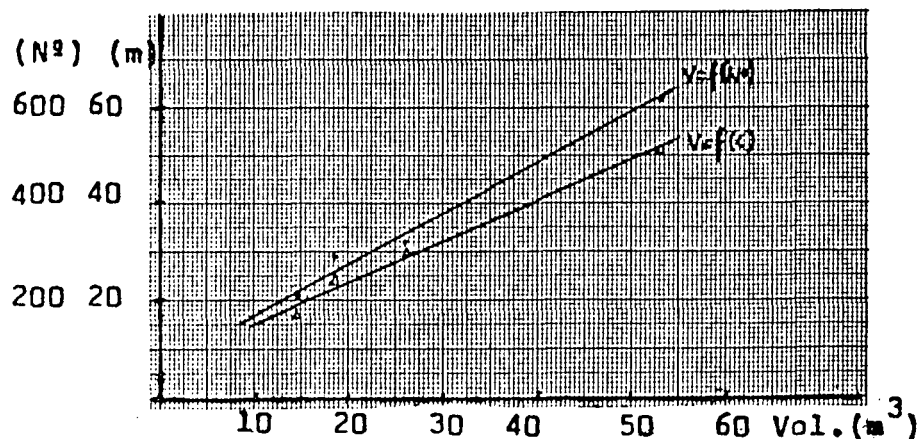


FIGURA 12: Volume em função do número de peças (x) e comprimento (Δ).

4.3.2.4. Avaliação de volume de Resíduos a Partir de Relações Métricas

Face aos bons ajustes encontrados, a estimativa dos resíduos por unidade da área pôde ser conseguida através das funções métricas.

Partindo-se das equações que correlacionam o volume com o número de peças (quadro 23) calculou-se o volume correspondente que representava cada classe de DAP (quadro 21) e, multiplicando-se este, pelo número de árvores exploradas em cada classe (quadro 12) obteve-se, através da somatória, o volume total em 100ha.

Como o volume apresentado é de 100ha, por unidade de área obtem-se $143,49\text{m}^3/\text{ha}$ (quadro 24).

QUADRO 24: Estimativa do volume total por 100ha através de relações métricas $V = f(N^{\circ})$.

N ^o peças	VOLUME Estim.	N ^o Arv./km ²	TOTAL m ³ /km ²
29	21,25	203	4312,92
21	13,58	486	6600,45
32	24,12	103	2484,39
62	52,86	18	951,54
TOTAL		837	14349,31

De forma análoga pôde-se estimar o volume através dos comprimentos totais das peças (quadro 25).

QUADRO 25: Estimativa de volume total por 100ha através das relações métricas $V = f(C)$.

N ^o peças	VOLUME Estim.	N ^o Arv./km ²	TOTAL m ³ /km ²
240	21,25	203	4366,41
166	12,86	486	6250,52
300	28,52	103	2937,17
507	52,71	18	948,84
TOTAL		837	14503,48

Nêste caso obteve-se uma estimativa de $145,03\text{m}^3/\text{ha}$.

Verifica-se que se chegou a mesmos resultados de quatro formas distintas:

I - Parcelas fixas	-	143,20m ³ /ha(3.1.1.)
II - Classes de DAP	-	151,89m ³ /ha(3.2.4.3.)
III - Nº de peças	-	143,49m ³ /ha(4.3.2.4.)
IV - Comprimento	-	145,03m ³ /ha(4.3.2.4.)

4.3.3. OUTRAS RELAÇÕES MÉTRICAS

4.3.3.1. Área Aberta por Queda de Árvores

Por ocasião da cubagem dos resíduos das árvores exploradas e da elaboração de seus respectivos croquis procurou-se avaliar a abertura de copa que é causada no dossel da floresta, quando da queda de uma árvore durante a exploração florestal, no intuito desta informação servir de base para as atividades de recuperação da mesma.

Para cada árvore foi feita a delimitação da área (m²) que sofre distúrbios provocados pela sua queda e sua posterior avaliação em gabinete. Os dados considerados para efeito de ajuste das funções foram as médias das árvores em cada classe de DAP (quadro 26).

QUADRO 26: Área aberta por queda de árvores

DAP (cm)	ÁREA (m ²)
55	397
75	495
95	547
115	951

As funções testadas foram as mesmas do item 3.3.3.1. cujos resultados estão apresentados no quadro 27 (anexo 2).

QUADRO 27: Coeficientes e parâmetros das relações entre abertura de copa e classe de DAP.

FUNÇÃO	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLOIDE	$b_0 = - 2458,09579$				
	$b_1 = 89594,93610$	111,021	18,57	0,931	6,73 NS
	$b_2 = 22,58116$				

$$\text{Valor } F (3,2) = 19,16 \quad p = 0,95$$

Verifica-se que os ajustes não foram significativos, embora apresente um elevado r^2 .

Apesar da não significância pode-se observar que a função explica muito bem a tendência geral e, se houvesse um maior número de pontos provavelmente obter-se-ia ajuste significativo (figura 13).

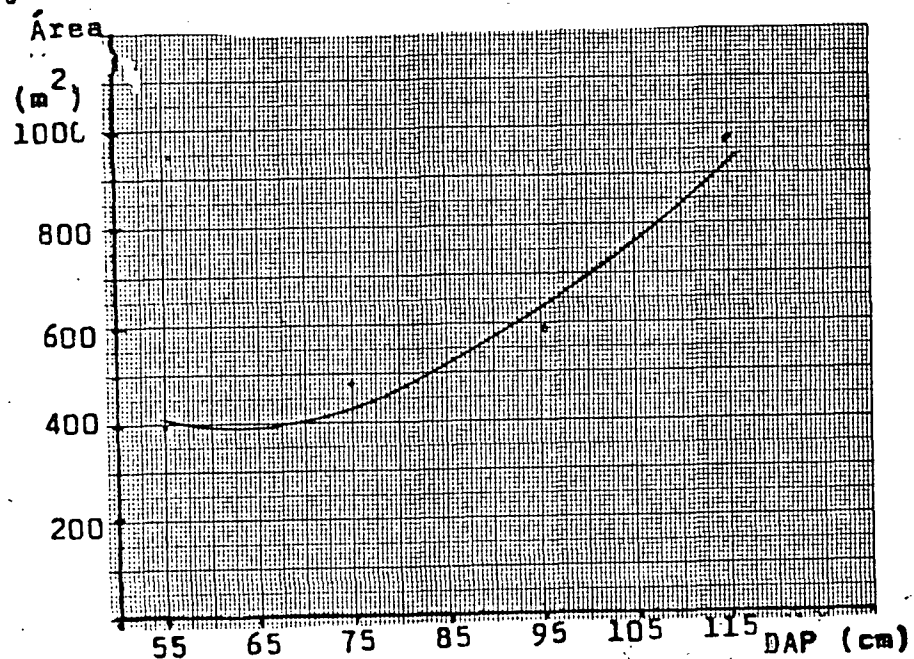


FIGURA 13: Abertura de copa na floresta pela queda de árvores em função do DAP; * valores reais.

A estimativa de abertura de copa ou da área de influência da exploração florestal que retirou, em média, de 8 a 9 árvores por hectare (SUDAM⁽³⁰⁾) foi de aproximadamente de $3.700\text{m}^2/\text{ha}$, ou seja, 37,3% da área foi de alguma forma atingida pela exploração madeireira. (quadro 28).

QUADRO 28: Abertura de copa em 100ha.

DAP (cm)	ESTIM. (m^2)	NºARV 100ha	ÁREA $\text{m}^2/100\text{ha}$
55	396	203	80388
75	408	486	198288
95	602	130	78260
115	883	18	15994
TOTAL		837	372930

A clareira aberta na floresta por uma árvore foi em média de 445m^2 com um coeficiente de variação de 21,6%.

4.3.3.2. Área Ocupada pelos Resíduos

Como a presença física dos resíduos concorre, em termos de espaço, com a regeneração natural decidiu-se que a quantidade da área tomada à floresta deveria também ser avaliada. Para isto foram calculadas, para cada árvore a somatória das áreas das peças de resíduos e consideradas como fossem projeções verticais dos comprimentos dos resíduos no solo. A seguir foram calculadas as médias, em m^2 , das projeções verticais segundo sua origem, para cada classe de DAP, bem como

ajustadas as mesmas funções para as classificações utilizadas para os volumes (3.2.3.).

QUADRO 29: Equações e parâmetros para a área de projeção vertical dos resíduos das árvores isoladas e tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
FUSTE PARABÓLICA	$b_0 = 53,4490624$ $b_1 = -1,1096250$ $b_2 = 0,0085125$	0,134	0,54	0,999	7619,15**
COPA PARABÓLICA	$b_0 = 244,3325308$ $b_1 = -5,8341125$ $b_2 = 0,0501875$	1,158	2,38	0,999	762,18**
TOTAL PARABÓLICA	$b_0 = 299,1244370$ $b_1 = -7,0039750$ b_2	2,130	2,33	0,999	690,10**

$$F(3,2) = 19,16 \quad p = 0,95$$

$$= 99,17 \quad p = 0,99$$

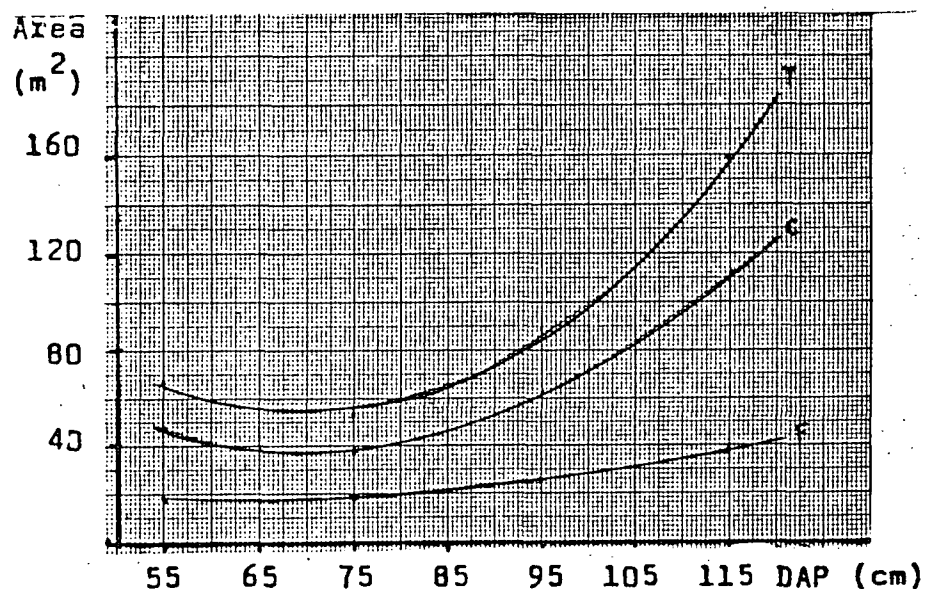


FIGURA 14: Área da projeção vertical dos resíduos de fuste (F) copa(C) e total (T) por classe de DAP.

A função que teve um excelente ajuste foi a parábola que apresentou elevado r^2 e baixos $S_{yx}\%$ (quadro 29).

A representação gráfica entre a projeção dos resíduos em relação às classes de DAP mostra a qualidade dos ajustes (figura 14).

A área ocupada pelos resíduos foi calculada para 100ha através da somatória dos produtos das estimativas de área de cada classe de DAP, pelas respectivas frequências (quadro 30).

QUADRO 30: Estimativa da área ocupada pelos resíduos em 100ha.

DAP (cm)	ESTIM. (m ²)	Nº ARV. 100/ha	ÁREA m ² /100ha
55	65,7	203	13343
75	56,14	486	27284
95	86,7	130	10882
115	157,4	18	2833
TOTAL			54342

A área ocupada pelos resíduos por hectare foi de 543m² o que representa cerca de 5,4% da superfície total. Por outro lado, a estimativa da área de resíduos para a árvore média foi de 64,9m² com um C.V.% de 27,8%.

4.4. MODÉLO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS

4.4.1. DESENVOLVIMENTO DO MODÉLO

Partindo-se dos croquis (anexo 1) elaboradas para as parcelas fixas, foi elaborado um mosaico equivalente a 1 ha,

mediante a justaposição aleatória dos croquis dos resíduos. Sobre este mosaico foram sorteadas várias linhas, com comprimento equivalente a 100m, e , em cada , contado o número de peças que as tocavam com o respectivo comprimento, bem como calculado o comprimento médio dos resíduos. Com esta simulação verificou-se que o comprimento médio dos resíduos começava a ser melhor estabelecido acima de 75m não se podendo desta forma ainda definir o comprimento final da linha.

QUADRO 31: Dados do Inventário piloto, do modelo linear

AMOSTRAS PILOTO		FAIXAS			TOTAL	
		50m	50m	50m	50m	200m
1	metros	100	272	99	111	582
	número	12	37	11	15	75
	\bar{X}	8,33	7,35	9,00	7,40	7,76
2	metros	193	47	40	143	423
	número	35	5	8	13	61
	\bar{X}	5,51	9,40	5,00	11,0	6,93
3	metros	145	105	146	84	480
	número	15	14	22	13	64
	\bar{X}	9,67	7,50	6,64	6,46	7,50
4	metros	75	67	116	117	375
	número	11	7	21	19	58
	\bar{X}	6,77	9,57	5,52	6,18	6,47
5	metros	144	79	15	121	359
	número	12	9	2	11	34
	\bar{X}	12,00	8,78	7,50	11,00	10,56
6	metros	95	106	68		269
	número	10	14	7		31
	\bar{X}	9,50	7,57	9,71		8,68
7	metros	29	19	35	118	201
	número	4	3	6	15	28
	\bar{X}	7,25	6,33	5,83	7,87	7,18
8	metros	229	347	154	36	766
	número	26	38	20	7	91
	\bar{X}	8,81	9,13	7,73	5,14	8,42

Portanto partiu-se ao campo para um estudo piloto que , constou da coleta aleatória de 8 amostras sendo cada uma constituída pela contagem e medição do comprimento de todas as peças de resíduos que tocassem uma corda estendida no centro de

uma picada balizada, dentro da floresta explorada, em intervalos de 50m, até uma extensão final de 200m (quadro 31).

Partindo-se destes dados foram calculados os coeficientes de variação e as médias considerando comprimentos de faixas de 50m , 100m. 150m. e 200m (quadro 32)

QUADRO 32: Parâmetro para número, comprimento e comprimento médio para faixas de 50m, 100m, 150m , e 200m de extensão.

PARÂMETROS		FAIXAS			
		50m	100m	150m	200m
NÚMERO	C.V.%	63,9	58,7	51,4	40,9
	\bar{x}	15,6	31,5	43,6	55,3
METROS	C.V.%	51,4	75,5	57,1	41,5
	\bar{x}	126,2	232,3	340,6	431,9
MÉDIA	C.V.%	23,7	17,3	19,1	16,2
	\bar{x}	8,5	8,1	7,8	7,9

Verificou-se que o comprimento médio estabilizou-se entre 150m e 200m. Consequentemente, devido ao C.V.% ser mais baixo 16,2%, na extensão da faixa de 200m, ficou estabelecido que este seria o comprimento definitivo para o levantamento final.

Considerou-se que o erro de amostragem aceitável seria em torno de 5% e , nestas condições, deveria ser coletado um total de 42 amostras.

Quando do término da coleta ,por motivos de ordem administrativa coletou-se apenas 38 para as quais foram calculados, para o número de peças, comprimento, somatória dos comprimentos das peças e comprimento médio,os respectivos C.V.%, médias

e erros de amostragem. (quadros 33 e 34)

QUADRO 33: Inventário final- número de peças, comprimento total e comprimento médio.

AM. Nº	COMP. (m)	C.MED. (m)	AM. Nº	COMP. (m)	C.MED. (m)
1 22	194,4	8,84	20 19	192,0	10,11
2 22	243,8	11,08	21 23	201,0	8,74
3 25	279,5	11,18	22 19	127,5	6,71
4 33	351,2	10,64	23 29	245,8	8,48
5 37	318,7	8,61	24 26	208,7	8,03
6 20	193,0	9,65	25 24	219,5	9,15
7 26	243,5	9,37	26 25	197,8	7,91
8 24	255,2	10,63	27 29	221,8	7,56
9 67	550,8	8,22	28 36	338,5	9,40
10 21	240,0	11,43	29 33	309,0	9,36
11 27	260,0	9,63	30 56	531,8	9,50
12 23	216,7	9,42	31 58	375,0	6,47
13 10	125,5	12,55	32 64	480,0	7,50
14 16	156,0	9,75	33 75	582,0	7,76
15 18	194,0	10,78	34 61	423,0	6,93
16 23	312,5	13,59	35 28	201,0	7,18
17 27	251,5	9,31	36 91	766,5	8,42
18 25	263,5	10,54	37 39	365,0	9,36
19 27	272,0	10,07	38 33	284,0	8,61

Observa-se que a média do comprimento médio das peças de resíduos/amostra aumentou de 7,9m (quadro 32) para 9,28 m (quadro 34), embora o coeficiente de variação tenha praticamente permanecido o mesmo, em relação ao inventário piloto, bem como o E % permaneceu de acordo com a precisão prevista.

QUADRO 34: Parâmetros finais para número de peças, comprimento e comprimento médio.

PARÂMETROS	C.V.%	\bar{x}	E%
PEÇAS	54,6	33,18	17,7
COMPRIMENTO	46,1	294,52	14,9
COMP.MÉDIO	16,9	9,28	5,5

4.4.2. TESTE DE CONSISTÊNCIA DO MODELO

Dentro das relações métricas (4.3.2.3.) foram ajustados três funções que correlacionam o volume, número de peças, e comprimento total (quadro 23):

$$C = f(N^{\circ}) = 12,11956 + 8,08696(N^{\circ}) \quad (1)$$

$$V = f(N^{\circ}) = -6,53893 + 0,95809(N^{\circ}) \quad (2)$$

$$V = f(C) = -7,72150 + 0,11687(C) \quad (3)$$

Através das equações (2) e (3) pode-se estimar diretamente os volumes médios das amostras de 200m:

$$V_1 = -6,53893 + 0,95809(33,18) = 25,05m^3$$

$$V_2 = -7,72150 + 0,11687(294,5) = 26,07m^3$$

Considerando-se que a extensão da faixa amostral foi de 200m e o comprimento médio dos resíduos de 9,28m a área da amostra, segundo as hipóteses levantadas, será de $1856m^2$ englobando um volume de $25,05m^3$ a $26,07m^3$.

Fazendo a conversão para hectare obtem-se as estimativas para V_1 de $135,02m^3/ha$ e de $140,52m^3/ha$ para V_2 .

Como o volume estimado nas parcelas fixas foi de $143,20m^3/ha$ com erro de amostragem de 6,2% ou $8,88m^3/ha$ os volumes

estimados através das regressões estão dentro dos limites de confiança da estimativa original, o que permite concluir a validade das hipóteses levantadas.

Com a precisão de 0,05 para a determinação da largura da faixa se atinge com aproximadamente 40 amostras pode-se também estabelecer limites de precisão para as estimativas de volumes considerando sua estimativa através do número de peças de resíduos ou de seus comprimentos. Se for fixado 10%, seria necessária a coleta de 120 e 85 amostras respectivamente, tendo sido estas cifras encontradas através da fórmula:

$$N^2 = (C.V.\%)^2 * t^2/10^2.$$

No caso de se trabalhar com o número de peças de resíduos, basta, na região do estudo, abrir 120 picadas de 200 m, contar o número de peças que tocam uma corda estendida ao longo do eixo da mesma e, posteriormente, calcular a média, aplicar a equação (2) e converter o volume calculado para lha ou entrar com a média calculada diretamente no normograma de cubagem de resíduos (figura 15).

No caso de trabalhar com comprimentos totais (metros lineares) o procedimento difere apenas no que tange a necessidade de medir o comprimento das peças e aplicar a média calculada na equação (3) ou procurar diretamente no normograma de cubagem de resíduos (figura 16).

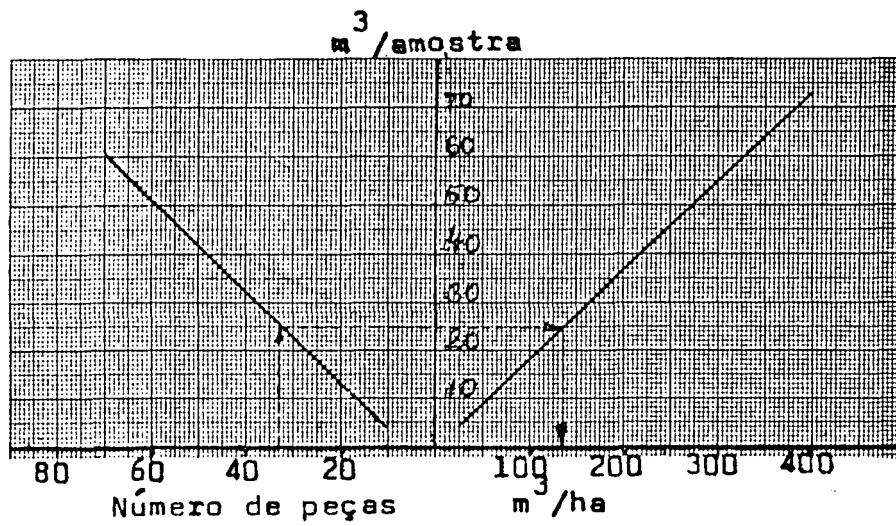


FIGURA 15: Normograma de conversão de número de peças para volume por hectare

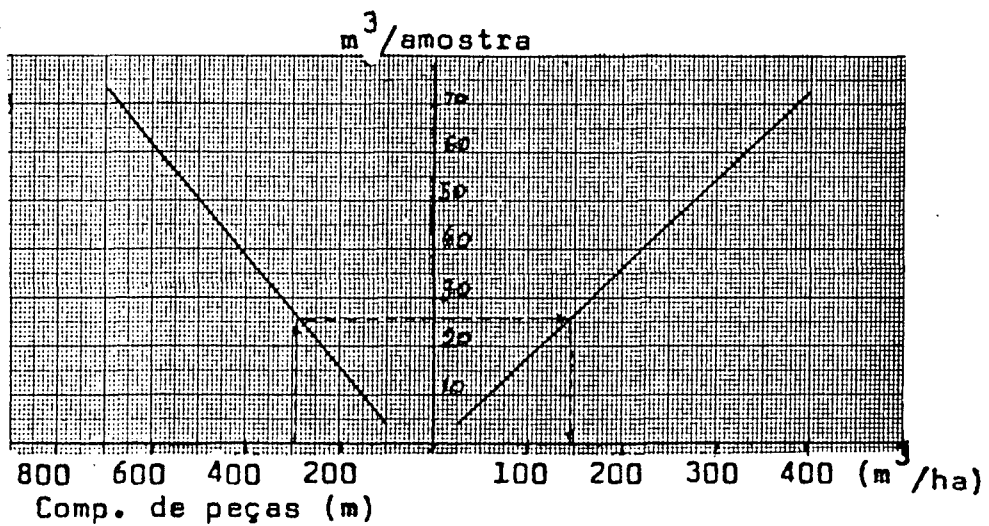


FIGURA 16: Normograma de conversão de comprimento de peças para volume por hectare

5. CONCLUSÕES

5.1. PARCELAS FIXAS

1 - Resíduos de fuste

Como os resíduos de fuste foram separados, segundo sua origem, foram determinadas as respectivas estimativas por hectare, constantes no quadro 35.

QUADRO 35: Estimativas de resíduos de fuste por hectare segundo sua origem.

ORIGEM	m ³ / ha		
1- FALHAS DIVERSAS			
Tracamento	12.20	±	74.4 %
Abandono	3.80	±	103.3 %
Sapopemas	7.20	±	92.4 %
Oco	9.00	±	94.0 %
SUB - TOTAL	32.20	±	54.4 %
2- FALHAS NATURAIS			
	1.60	±	92.4 %
TOTAL	33.80	±	52.7 %

2 - Resíduos de Copa, Árvores Tombadas e Total/ha

As estimativas dos volumes de resíduos de copa, árvores tombadas e total estão apresentadas no quadro 36.

QUADRO 36: Estimativa de volumes de resíduos de copa, árvores tombadas e total por hectare.

ORIGEM DOS RESÍDUOS	m^3/ha
COPA	66.60 ± 34.8 %
ÁRVORES TOMBADAS	22.80 ± 24.5 %
TOTAL	143.20 ± 6.2 %

3 - Para cada m^3 em toras retirado foram deixados no solo da floresta $3.58m^3$ de resíduos.

4 - Da área de 100ha estudada, 7% foi ocupada pelos resíduos florestais e 5% pelas vias de penetração.

5.2. ÁRVORES EXPLORADAS

1 - Através das estimativas de volume por hectare, a partir dos resíduos de árvores exploradas, obteve-se um volume de $151.8 m^3/ha$ cuja distribuição diamétrica relativa está discriminada nos quadros 37 e 38.

QUADRO 37: Distribuição porcentual dos volumes por hectare e por classe de DAP.

RESÍDUOS %/ha	CLASSES DE DAP (cm)				TOTAL %/ha
	55	75	95	115	
FUSTE	8.63	18.51	9.25	2.41	38.81
COPA	15.81	28.45	13.27	3.96	61.19
TOTAL	24.47	47.02	22.31	6.20	100.00

QUADRO 38: Distribuição porcentual dos volumes de resíduos por hectare e por classe diamétrica segundo sua origem.

CLASSE DIAM (cm)	RESÍDUOS (%/ha)		TOTAL
	FUSTE	COPA	
15	0.98	5.25	6.23
25	4.51	14.61	19.12
35	5.29	16.77	21.29
45	3.77	12.59	16.36
55	10.15	6.05	16.20
65	8.61	4.12	12.73
75	3.36	1.23	4.59
85	0.67	0.40	1.07
95		0.14	0.14
105	0.07		0.07
115	0.06		0.06
125	0.78		0.78
TOTAL	38.80	61.20	100.00

2 - A faixa de 65cm a 85cm de DAP das árvores exploradas proporcionou melhor aproveitamento e,consequentemente,menor volume de resíduos.

3 - A distribuição dos volumes dos resíduos por classe diametral tem uma tendência parabolóide com ligeira assimetria (Fig 9 pg 47).

4 - O volume médio de resíduos por classe de DAP,para as árvores exploradas,foi de $18.38m^3$, $14.59m^3$, $25.88m^3$, $52.95m^3$ para os DAPs de 55cm,75cm,95cm e 115cm,respectivamente.

5 - Para os ajustes de funções para relacionar os resíduos e classes de DAP foram utilizados os seguintes modelos :

$$\text{Função parabólica } y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Função potencial $\log y = \log b_0 + b_1 \log X$

Função exponencial $\ln y = \ln b_0 + b_1 X$

Função paraboloide $y = b_0 + b_1(1/X) + b_2 X^2$

Das equações testadas os melhores ajustes foram obtidos através das funções : paraboloide, parabolica e potencial.

6 - A área média aberta na floresta pela queda de uma árvore foi de $445m^2$ (CV% - 21.6%), sendo que por hectare, explorando-se de 8 a 9 árvores/ha, foi de $3.700m^2$.

7 - A área ocupada pelos resíduos foi em média de $543m^2/ha$ sendo que os resíduos de cada árvore ocupam em média $65m^2$ (CV%-27.5%).

5.3. MODELO LINEAR DE AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS

1 - No teste piloto para a determinação do comprimento das faixas para a avaliação de resíduos verificou-se que as relações entre o número de peças e seus respectivos comprimentos se estabilizaram entre 150-200m, com um CV% de 16.2% para o comprimento de faixa de 200m.

2 - As relações existentes entre o número de peças e comprimento total dos resíduos por faixa, em relação ao volume, são lineares :

$$V_1 = -6.53893 + 0.95809(N) \quad S_{xy} = 8.9\% \quad r^2 = 0.986$$

$$V_2 = -7.72150 + 0.11687(C) \quad S_{xy} = 11.3\% \quad r^2 = 0.978$$

onde:

V_1 - volume em m^3 por faixa de 200m em função do número de peças (N) por faixa;

V_2 - volume em m^3 por faixa de 200m em função do comprimento total das peças (C) por faixa.

3 - Para V_1 e V_2 foram estimados $25.05m^3$ e $26.07m^3$ por faixa obtendo-se uma estimativa por hectare de $135.02m^3/ha$ e $140.52m^3/ha$.

4 - Comparando-se as estimativas por hectare encontradas acima, com a estimativa obtidas através das parcelas fixas, que foi de $143,20m^3/ha \pm 8.88m^3/ha$, verifica-se que os volumes estimados através de regressão estão dentro dos limites de confiança da estimativa original, o que permite concluir a validade do modelo linear de avaliação de resíduos.

6. RECOMENDAÇÕES

Os resultados encontrados neste trabalho preliminar apresentaram que, nas condições como foi conduzida a exploração e, como atualmente está sendo feito o processamento industrial, aproveita-se apenas 10% da matéria prima potencial ficando os restantes 90% como resíduos aos quais pouca importância está sendo dada, particularmente nesta época de crise geral de energia.

Os estudos realizados restringiram-se tão somente à quantificação dos resíduos nada existindo ainda desenvolvido no sentido de estudar a viabilidade econômica do aproveitamento dos resíduos florestais.

Neste sentido sugerem-se como metas para futuros estudos as seguintes linhas de pesquisa :

- Aprimorar os estudos de cubagem de resíduos;
- Desenvolver sistemas de exploração de resíduos florestais;
- Desenvolver sistema de classificação de resíduos quanto ao seu múltiplo uso;
- Desenvolver sistemas de aproveitamento energético de resíduos para pequenas e médias comunidades Amazônicas;
- Desenvolver sistemas de aproveitamento de resíduos de copa em serrarias fixas e móveis;
- Desenvolver sistemas de produção de carvão a partir dos resíduos menores;
- Elaborar uma política florestal para a Amazônia que obrigue a um aproveitamento mais racional dos produtos florestais.

ANEXO 1

1.1. EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA VOLUMES DE RESÍDUOS EM
FUNÇÃO DO DAP;

QUADRO 39: Equações e parâmetros para volume de resíduos de fuste de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b_0 = 1150,828123$ $b_1 = -23,831250$ $b_2 = 0,190625$	88,325	14,78	0,956	10,92
PARABOLOIDE	$b_0 = -94,994480$ $b_1 = 3312,990337$ $b_2 = 0,750195$	0,530	4,91	0,998	237,51**
POTENCIAL	$b_0 = -2,018080$ $b_1 = 1,564985$	3,648	33,79	0,749	5,98
EXPONENCIAL	$b_0 = 0,519501$ $b_1 = 0,020339$	2,661	24,65	0,834	10,05

QUADRO 40 Equações e parâmetros para volume de resíduos de copa de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b_0 = 55,0083020$ $b_1 = -1,3477208$ $b_2 = 0,0100771$	2,638	14,42	0,980	23,86*
PARABOLOIDE	$b_0 = -155,1407957$ $b_1 = 5482,0588550$ $b_2 = 1,2223803$	1,349	7,37	0,995	92,68**
POTENCIAL	$b_0 = -1,5755642$ $b_1 = 1,4548604$	6,179	33,77	0,649	3,70
EXPONENCIAL	$b_0 = 1,1591600$ $b_1 = 0,0190935$	4,736	25,88	0,737	5,59

QUADRO 41: Equações e parâmetros para volume de resíduos total de árvores isoladas e tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b_0 = 108,7850102$ $b_1 = -2,7037042$ $b_2 = 0,0192854$	0,163	0,58	0,999	17020,35**
PARABOLOIDE	$b_0 = -279,5836762$ $b_1 = 9959,6882980$ $b_2 = 2,1317906$	2,566	9,18	0,993	67,76*
POTENCIAL	$b_0 = -1,3170119$ $b_1 = 1,4154233$	11,472	41,05	0,642	3,58
EXPONENCIAL	$b_0 = 1,6116797$ $b_1 = 0,0187296$	9,015	32,25	0,741	5,71

QUADRO 42: Equações e parâmetros para volume de resíduos de fusão de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 13,2622187$	1,445	22,73	0,978	21,73*
	$b_0 = -0,4078208$				
	$b_2 = 0,0035937$				
PARABOLOIDE	$b = -55,3575579$	1,876	29,50	0,962	12,70
	$b_0 = 1711,5276350$				
	$b_2 = 0,4706756$				
POTENCIAL	$b = -5,1155100$	1,321	20,78	0,981	104,35**
	$b_0 = 3,0204615$				
EXPONENCIAL	$b = -1,630728$	0,707	11,11	0,979	94,64*
	$b_0 = 0,037173$				

QUADRO 43: Equações e parâmetros para volumes de resíduos de copa de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 49,1500207$	0,724	4,95	0,998	253,53**
	$b_0 = -1,2455750$				
	$b_2 = 0,0092375$				
PARABOLOIDE	$b = -135,1620894$	1,867	12,76	0,987	37,67*
	$b_0 = 4704,6565320$				
	$b_2 = 1,0602676$				
POTENCIAL	$b = -1,9488151$	5,335	36,43	0,769	6,66
	$b_0 = 1,5967313$				
EXPONENCIAL	$b = 0,7863662$	3,945	26,96	0,853	11,65
	$b_0 = 0,0207220$				

QUADRO 44: Equações e parâmetros para volumes de resíduos totais de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 62,4123395$	2,169	10,33	0,993	70,44*
	$b_0 = -1,6533958$				
	$b_2 = 0,0128323$				
PARABOLOIDE	$b = -190,5198474$	3,743	17,83	0,979	23,32*
	$b_0 = 6416,1841680$				
	$b_2 = 1,5309432$				
POTENCIAL	$b = -2,4194849$	7,003	33,36	0,875	14,06
	$b_0 = 1,9169454$				
EXPONENCIAL	$b = 0,7973509$	4,722	22,49	0,938	30,13*
	$b_0 = 0,0244407$				

QUADRO 45: Equações e parâmetros para volumes de resíduos de fuste de árvores tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 20,5541927$ $b_0 = -0,4407604$ $b_1 = 0,0027635$ $b_2 =$	1,172	38,59	0,692	1,12
PARABOLOIDE	$b = -39,6989284$ $b_0 = 1604,3471640$ $b_1 = 0,2798454$ $b_2 =$	1,347	30,35	0,809	2,12
POTENCIAL	$b = -0,2611488$ $b_0 = 0,4552811$ $b_1 =$ $b_2 =$	2,077	46,81	0,077	0,17
EXPONENCIAL	$b = 0,7865343$ $b_0 = 0,0072715$ $b_1 =$ $b_2 =$	1,980	44,61	0,130	0,30

QUADRO 46: Equações e parâmetros para volume de resíduos de copa de árvores tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 25,8451250$ $b_0 = -0,6899500$ $b_1 = 0,0036917$ $b_2 =$	0,297	11,81	0,991	52,82*
PARABOLOIDE	$b = -49,3682446$ $b_0 = 1940,0381467$ $b_1 = 0,3209148$ $b_2 =$	0,167	6,62	0,997	169,23**
POTENCIAL	$b = -0,2830773$ $b_0 = 0,4009452$ $b_1 =$ $b_2 =$	2,278	90,48	0,012	0,02
EXPONENCIAL	$b = 0,0561057$ $b_0 = 0,0072708$ $b_1 =$ $b_2 =$	2,203	87,52	0,046	0,10

QUADRO 47: Equações e parâmetros para volume de resíduos total de árvores tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 46,3993176$ $b_0 = -1,0507104$ $b_1 = 0,0064552$ $b_2 =$	2,010	28,90	0,885	3,84
PARABOLOIDE	$b = -89,0672731$ $b_0 = 3544,3853090$ $b_1 = 0,6007602$ $b_2 =$	1,180	16,97	0,960	12,90
POTENCIAL	$b = -0,0084827$ $b_0 = 0,4165217$ $b_1 =$ $b_2 =$	4,154	59,73	0,045	0,09
EXPONENCIAL	$b = 0,1851499$ $b_0 = 0,0074173$ $b_1 =$ $b_2 =$	3,965	57,01	0,094	0,21

1.2. EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA COMPRIMENTO DE RESÍDUOS EM
FUNÇÃO DO DAP.

QUADRO 48: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de de fuste em função do DAP

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 152,0244788$ $b_0 = -3,0547917$ $b_1 = 0,0223958$ $b_2 =$	1,901	2,91	0,998	201,18**
PARABOLOIDE	$b = -249,4435682$ $b_0 = 11391,2927600$ $b_1 = 2,5332732$ $b_2 =$	4,671	7,14	0,985	32,90*
POTENCIAL	$b = 0,2326415$ $b_0 = 0,8186142$ $b_1 =$	13,759	21,05	0,719	5,10
EXPONENCIAL	$b = 3,2321155$ $b_0 = 0,0107094$ $b_1 =$	10,925	16,71	0,810	8,54

QUADRO 49 : Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 405,5921870$ $b_0 = -9,6068750$ $b_1 = 0,0592708$ $b_2 =$	4,435	9,46	0,993	68,35*
PARABOLOIDE	$b = -801,0802962$ $b_0 = 31113,2092900$ $b_1 = 5,3330193$ $b_2 =$	3,012	6,43	0,997	148,75**
POTENCIAL	$b = 0,6393534$ $b_0 = 0,4970258$ $b_1 =$	36,483	77,83	0,046	0,10
EXPONENCIAL	$b = 2,8915230$ $b_0 = 0,0090646$ $b_1 =$	34,471	73,54	0,100	0,22

QUADRO 50: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos total em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 594,5614574$ $b_0 = -13,7712500$ $b_1 = 0,0872917$ $b_2 =$	0,596	0,61	1,000	10063**
PARABOLOIDE	$b = -1166,8436304$ $b_0 = 45216,5033100$ $b_1 = 8,1369198$ $b_2 =$	10,299	10,47	0,985	33,25*
POTENCIAL	$b = 0,8280956$ $b_0 = 0,5882307$ $b_1 =$	53,068	53,97	0,147	0,35
EXPONENCIAL	$b = 3,7254673$ $b_0 = 0,0090939$ $b_1 =$	48,777	49,60	0,232	0,60

QUADRO 51: Equações e parâmetros para comprimento total de resíduos de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 517,8609375$	26,870	13,10	0,977	21,13*
	$b_0 = -11,9827083$				
	$b_2 = 0,0913542$				
PARABOLOIDE	$b = -1395,0914130$	15,147	7,39	0,993	67,56*
	$b_0 = 49999,5910800$				
	$b_2 = 11,3638150$				
POTENCIAL	$b_0 = -0,1551868$	56,884	27,74	0,689	4,43
	$b_1 = 1,2688467$				
EXPONENCIAL	$b = 3,8253400$	43,668	21,30	0,773	6,83
	$b_0 = 0,0165618$				

QUADRO 52: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de fuste de árvores tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 192,4973956$	3,168	6,19	0,992	62,54*
	$b_0 = -4,2656250$				
	$b_2 = 0,0386458$				
PARABOLOIDE	$b = -376,6135831$	6,702	13,09	0,965	13,58
	$b_0 = 14495,0697900$				
	$b_2 = 2,8701458$				
POTENCIAL	$b_0 = 0,2524722$	17,624	34,42	0,446	1,61
	$b_1 = 0,7496236$				
EXPONENCIAL	$b = 3,0093243$	15,312	29,90	0,554	2,49
	$b_0 = 0,0102917$				

QUADRO 53: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de fuste de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = -25,8791666$	0,969	7,27	0,978	24,38*
	$b_0 = 0,8400000$				
	$b_2 = -0,0041668$				
PARABOLOIDE	$b = 60,6905107$	0,437	3,28	0,996	121,60**
	$b_0 = -2254,2955710$				
	$b_2 = -0,2207419$				
POTENCIAL	$b_0 = -0,8166993$	2,584	19,38	0,797	7,86
	$b_1 = 1,0050836$				
EXPONENCIAL	$b = 1,5572849$	3,001	22,51	0,706	4,81
	$b_0 = 0,0116520$				

QUADRO 54: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 543,7401026$ $b_0 = -12,8227083$ $b_1 = 0,0955208$ $b_2 =$	27,839	14,52	0,974	18,82*
PARABOLOIDE	$b = -1455,7819230$ $b_0 = 52253,8866400$ $b_1 = 11,5845569$ $b_2 =$	15,584	8,13	0,992	61,16*
POTENCIAL	$b_0 = -0,2304554$ $b_1 = 1,2906897$ $b_2 =$	59,748	31,17	0,638	3,52
EXPONENCIAL	$b_0 = 3,7136274$ $b_1 = 0,0169693$ $b_2 =$	46,725	24,37	0,726	5,31

QUADRO 55: Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de copa de árvores isoladas e tombadas em função DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 939,7854143$ $b_0 = -22,2274999$ $b_1 = 0,1537500$ $b_2 =$	31,901	13,39	0,978	22,46*
PARABOLOIDE	$b = -2244,4209140$ $b_0 = 82790,2092700$ $b_1 = 16,8523929$ $b_2 =$	12,334	5,18	0,997	153,06**
POTENCIAL	$b_0 = 0,2018259$ $b_1 = 1,1135641$ $b_2 =$	95,815	40,23	0,459	1,69
EXPONENCIAL	$b_0 = 4,0841579$ $b_1 = 0,0151391$ $b_2 =$	79,841	33,52	0,559	2,53

QUADRO 56: Equações e parâmetros para comprimento total de resíduos de árvores isoladas e tombadas em função DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx} \%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 1068,9594530$ $b_0 = -25,2822916$ $b_1 = 0,1761458$ $b_2 =$	30,000	9,88	0,986	35,18*
PARABOLOIDE	$b = -2538,8644820$ $b_0 = 94181,5020800$ $b_1 = 19,38566611$ $b_2 =$	7,663	2,52	0,999	546,41**
POTENCIAL	$b_0 = 0,44370528$ $b_1 = 1,04652040$ $b_2 =$	108,533	35,76	0,510	2,08
EXPONENCIAL	$b_0 = 4,43250790$ $b_1 = 0,01643194$ $b_2 =$	89,793	29,58	0,612	3,15

QUADRO 57. Equações e parâmetros para comprimento de resíduos total de árvores isoladas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLOIDE (FUSTE)	$b = 60,6905107$ $b_0 = -2254,2955710$ $b_1 = -0,2207419$	0,473	3,28	0,996	121,60**
PARABOLOIDE (COPA)	$b = -1455,7819230$ $b_0 = 52253,8866400$ $b_1 = 11,5845569$	15,584	8,13	0,992	61,16*
PARABOLOIDE (TOTAL)	$b = -1395,0914300$ $b_0 = 49999,5910800$ $b_1 = 11,3638150$	15,147	7,39	0,993	67,56*

QUADRO 58. Equações e parâmetros para comprimento de resíduos de árvores tombadas em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA (FUSTE)	$b = 192,4973956$ $b_0 = -4,2656250$ $b_1 = 0,0286458$	3,168	6,19	0,992	62,54*
PARABOLOIDE (COPA)	$b = -801,0802962$ $b_0 = 31113,2092900$ $b_1 = 5,3330193$	3,012	6,43	0,997	148,75**
PARABOLICA (TOTAL)	$b = 594,5614574$ $b_0 = -13,7712500$ $b_1 = 0,0872917$	0,596	0,61	0,999	10063,24**

1.3. EQUAÇÕES E PARÂMETROS PARA ÁREAS DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DO DAP.

QUADRO 59: Equações e parâmetros para a projeção vertical dos resíduos de árvores isoladas e tombadas (área) em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLICA	$b = 53,4490624$ $b_0 = -1,1096250$ $b_1 = 0,0085125$ $b_2 =$	0,134	0,54	0,999	7619,15**
PARABOLOIDE	$b = -118,5209633$ $b_0 = 4417,1767810$ $b_1 = 1,0280265$ $b_2 =$	0,929	3,73	0,997	158,28**
POTENCIAL	$b = -0,5207962$ $b_0 = 0,9903910$ $b_1 =$	5,115	20,55	0,783	7,23
EXPONENCIAL	$b = 2,0744736$ $b_0 = 0,0128226$ $b_1 =$	3,814	15,32	0,865	12,84

QUADRO 60: Equações e parâmetros para abertura de copa pela queda de árvores em função do DAP.

FUNÇÕES	COEFICIENTES	S_{yx}	$S_{yx}\%$	r^2	F
PARABOLOIDE	$b = -2458,0957910$ $b_0 = 89594,9361000$ $b_1 = 22,5811594$ $b_2 =$	111,021	18,57	0,931	6,73
POTENCIAL	$b = 0,7077363$ $b_0 = 1,0686669$ $b_1 =$	129,182	21,62	0,837	10,28
EXPONENCIAL	$b = 5,1810292$ $b_0 = 0,0136123$ $b_1 =$	101,182	16,93	0,895	17,05

ANEXO 2

2. CROQUIS DE ÁRVORES EXPLORADAS SEGUNDO CLASSES DE DAP.

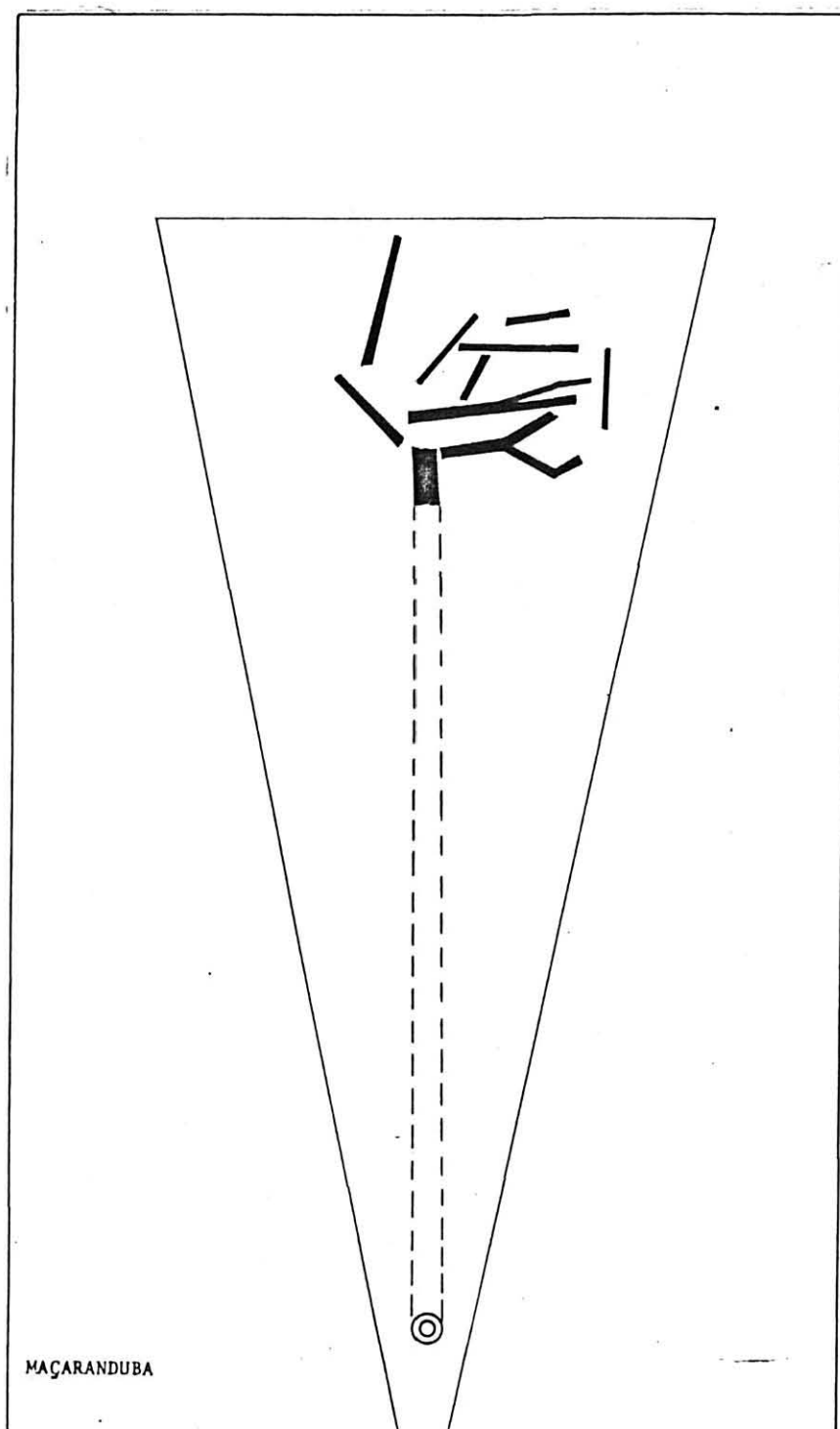


FIGURA 17: Croquis de árvore explorada de DAP 55cm.

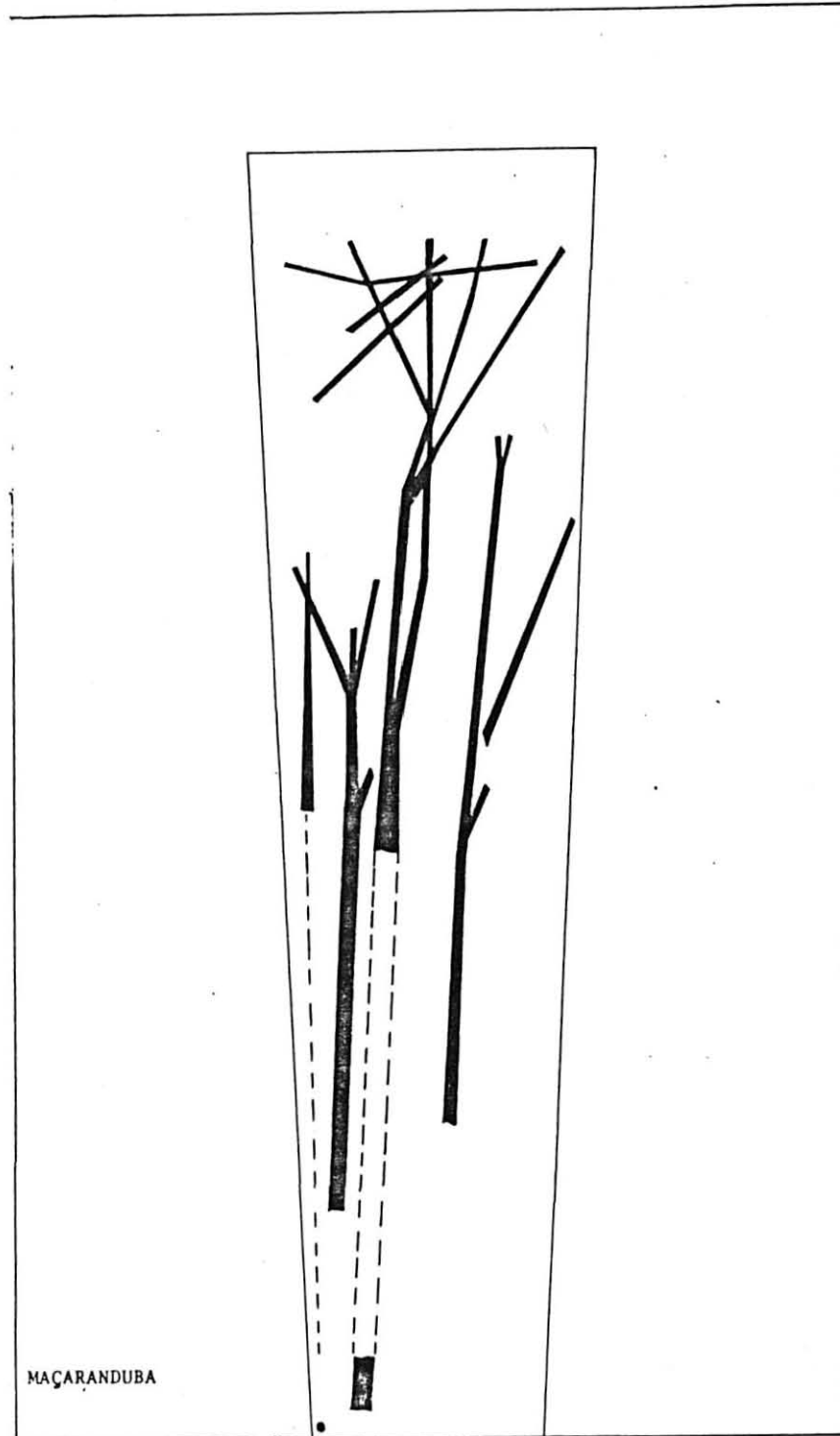


FIGURA 18: Croquis de árvore explorada de DAP 55cm.

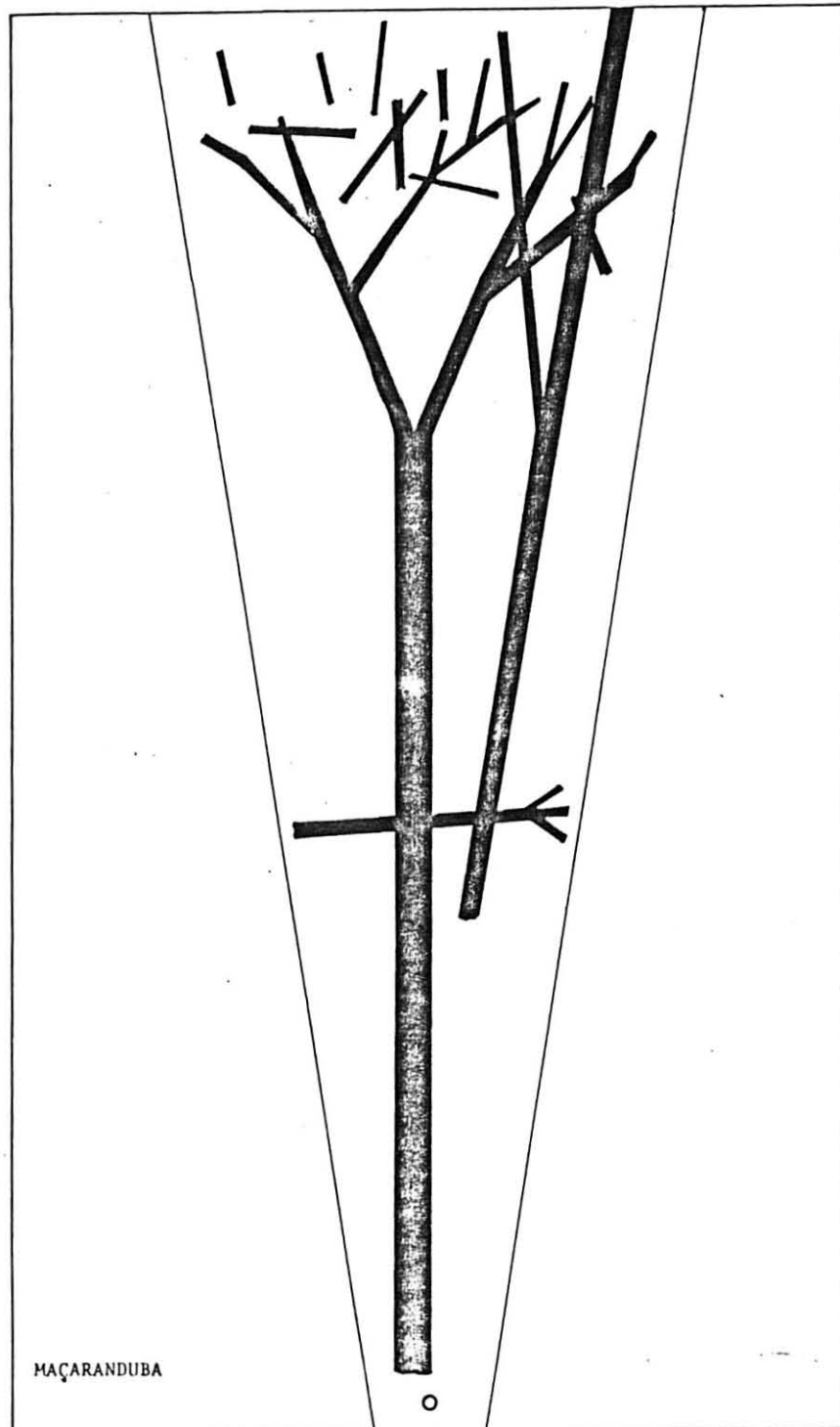


FIGURA 19: Croquis de árvore explorada de DAP de 75cm.

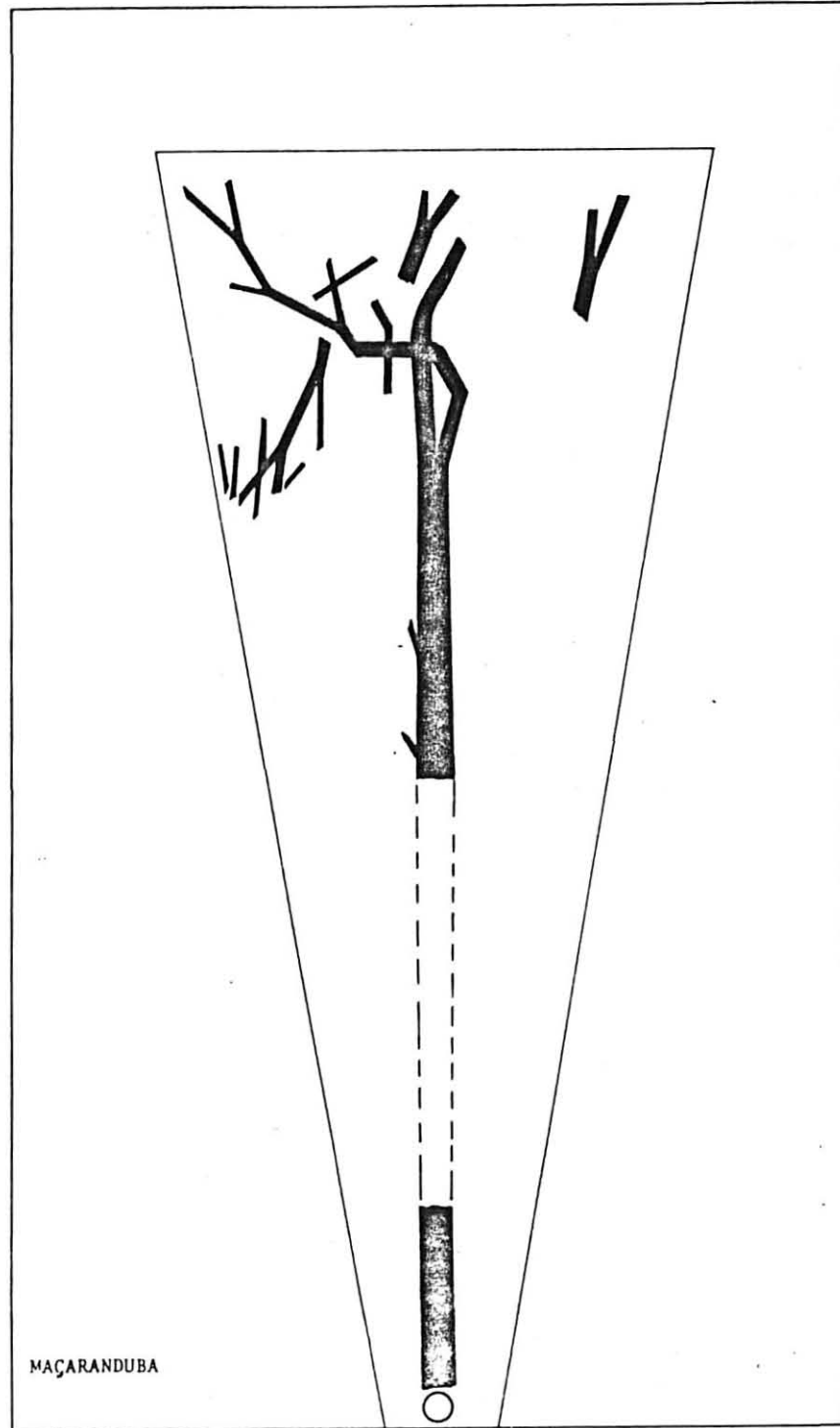


FIGURA 20: Croquis de árvore explorada de 75cm de DAP.

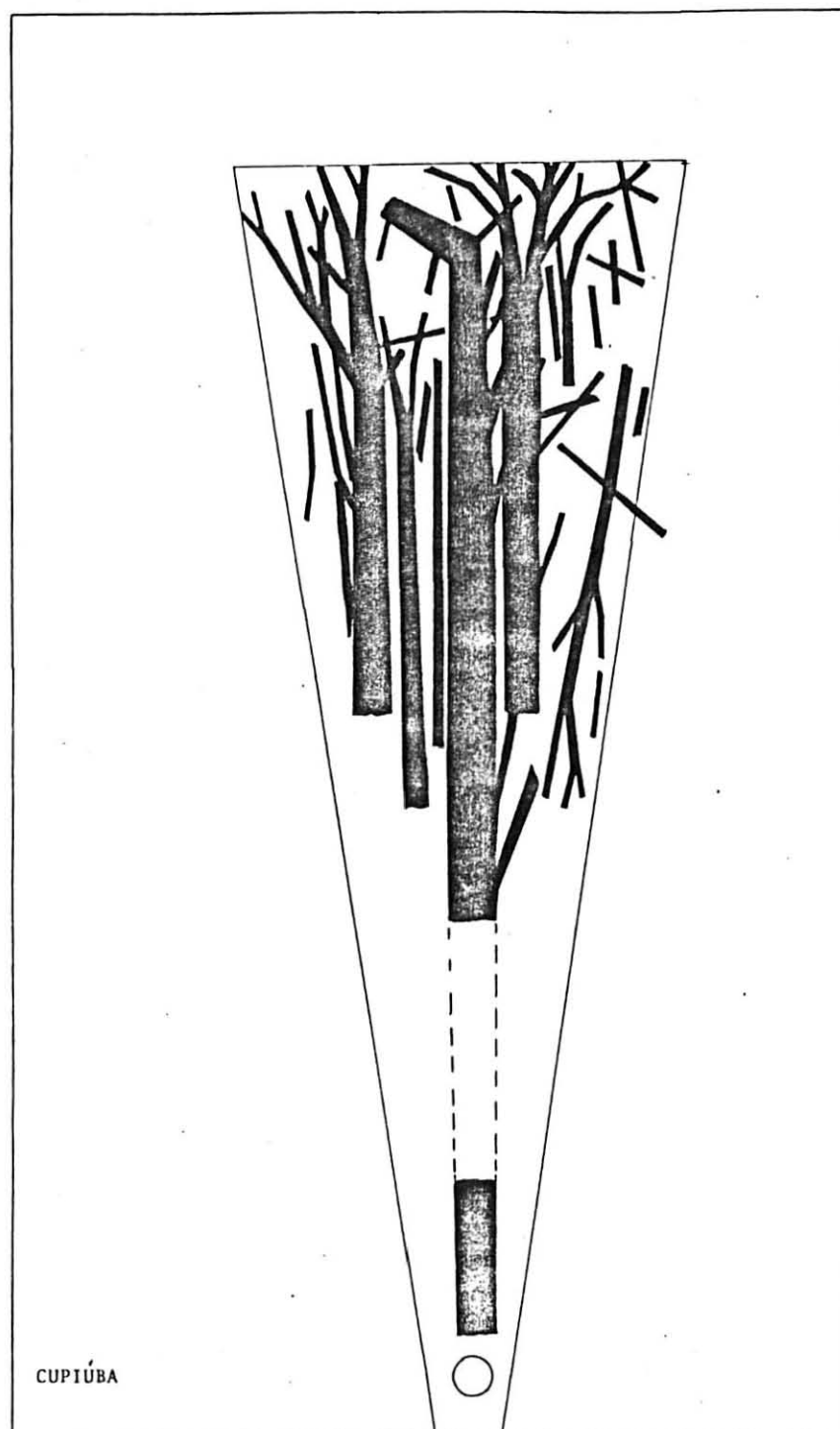
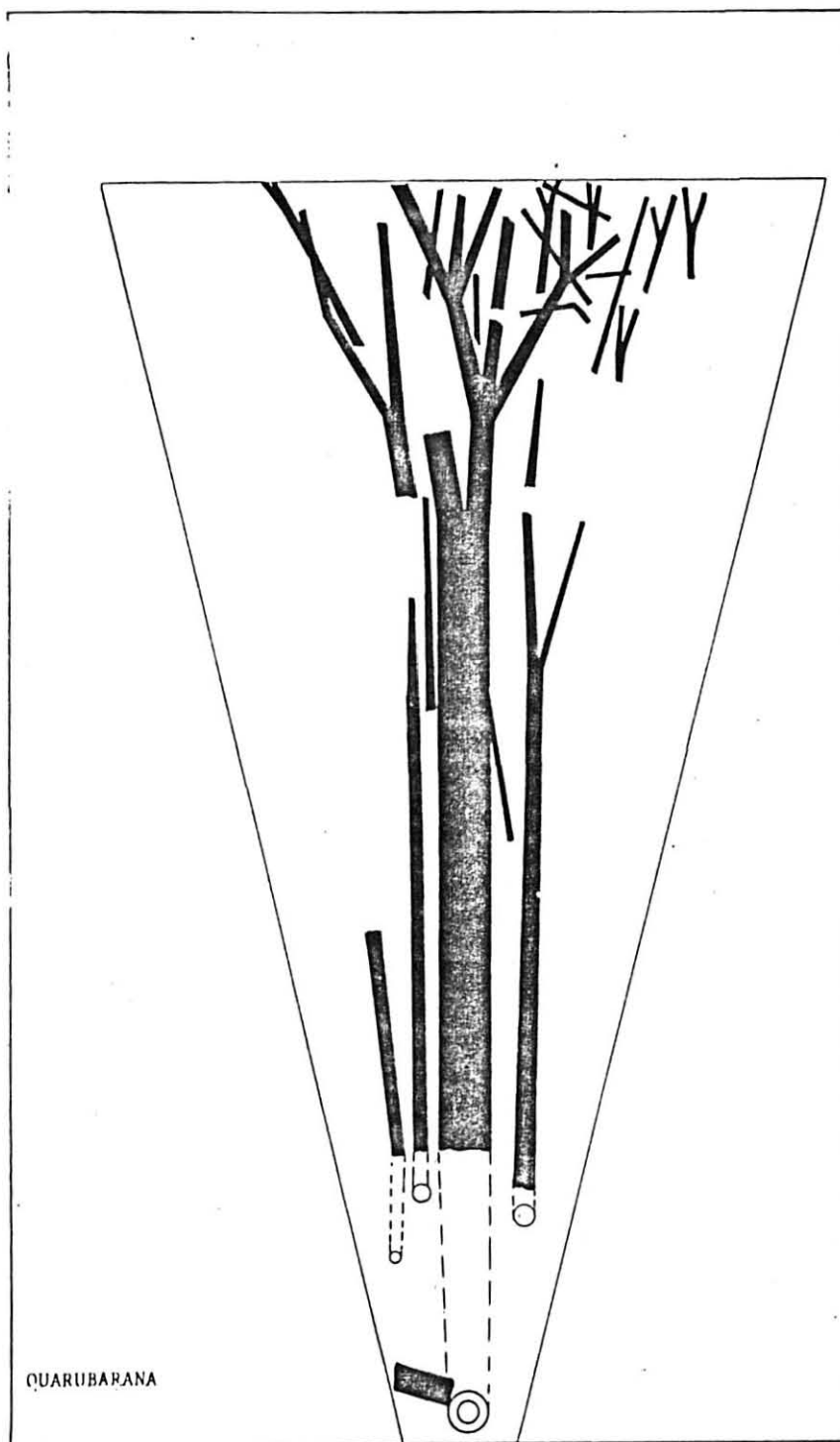


FIGURA 21: Croquis de árvore explorada de 95cm de DAP.



FFIGURA 22: Croquis de árvore explorada de 115cm de DAP.

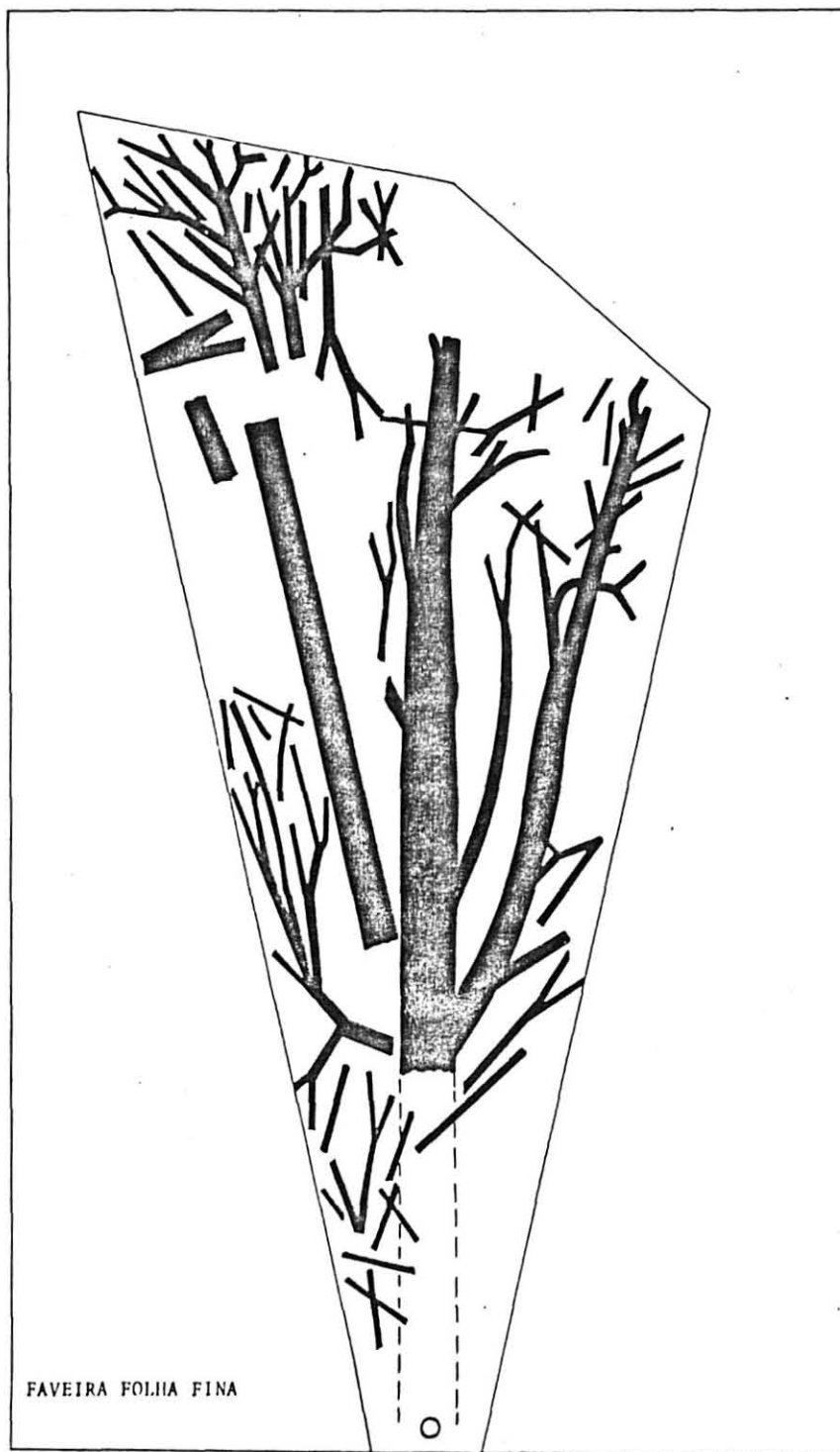


FIGURA 23: Croquis de árvore explorada de 115cm de DAP.

ANEXO 3

3. MODELOS DE FICHAS DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE RESÍDUOS.

Spp	Parc	Área	φ	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	16	08	02					X																
16	16	08	02					X																
16	16	08	03					X																
16	16	08	03						X															
16	16	08	02							X														
16	16	10	02								X													
16	16	10	02									X												
37	16	10	07										X											
37	16	10	02						X															
37	16	10	01					X																
16	16	17	03											X										
16	16	17	03												X									
16	16	17	02				X																	
29	16	18	04										X											
29	16	18	03									X												
29	16	18	02					X																
29	16	18	02					X																
29	16	18	02					X																
37	16	14	02									X												
49	16	14	02					X																
49	16	14	02						X															
49	16	14	02							X														

LEGENDA:

Spp - ESPÉCIE
 Parc - PARCÉLA
 Área - ÁREA
 C - COMPRIMENTO
 φ - DIÂMETRO

LOCAL: E. E. DE CURUA-UNA
 TALHÃO Nº 18

FIGURA 25: Ficha de campo para medição de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAILEY, G.R. Evaluation on line-intersect method of assessing logging residue. Rep. For. Prod. Lab. Vancouver, VP-X-23, 42pp, 1970.
2. BAILEY, G.R. & LEFEBURE, E.L. Estimating volume distribution from logging residue from intersect sample data. Biom. Res. Notes ., 27(1):4-5, 1971.
3. BONNIKSEN, M.T. & STONE, E.C. Reconstruction of a precetlement Giant Sequoia-mixed forest community using an aggregation approach. Ecology, 63(4):1134-48. 1982.
4. BROWN, J.K. Predicting crown weights for 11 Rocky Mountain conifers: In: I.U.F.R.O. XVI Intern. Cong. USA, S4.01:101-115, 1976.
5. CHAPPELL, T.W. & BELTZ, R.C. Southern logging residue: An opportunity. Jour. For., 71(11):688-91, 1973.
6. CLARK, A. & TARAS, M.A. Effect of harvesting to various merchantable limits of loblolly pine logging residue. For. Prod. Jour., 24(6):45-8, 1974.
7. DOAT, J. & PETROFF, G. La carbonization des bois tropicaux. Revue Bois et Forêts Tropiques. CIPT, 159:55-72, 1975.
8. DELL, J.D. & WARD, F.R. Logging residues on Douglas-Fir region clear-cuts: Weights and volumes. U.S. For. Serv. Res. Pacif. NW. For. Range Exp. Sta., 1971, PNW-115, 10p.
9. FOX, J.E.D. Silvicultural and economic aspects of re-logging. In Annual Report of the Research Branch of the For. Dep. State of Sabah:100-7, 1972.
10. FOX, J.E.D. Constraints of the natural regeneration of tropical moist forest. For. Ecol. Manage., 1:37-65, 1976.
- 10a. FREEZE, F. Linear Regression for Forest Research. For. Prod. Lab. Serv. US. Dep. Agric., 1976, 138p.
11. HAKKILA, P. Research on the utilization of logging residue in Finland. For. Chron., 46(4):288-94, 1970
12. HARWARD, J.O. & WARD, F.R. Measurement of logging residue alternative as application of line-transect method. USDA. For. Ser. Res. Note, Pacif. NW. Range Exp. Sta., 1972, PNW-183, 8p.

13. IPT SUDAM. Gruppamento de espécies tropicais de Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização. Belem, SUDAM, 1981, 227p.
14. JANKAUSKIS, J. Recuperação de florestas tropicais mecanicamente exploradas. SUDAM, 1978, 56p.
15. JANKAUSKIS, J. Rendimento de 32 espécies tropicais em serriaria. SUDAM, 1982, 204p.
16. JOHNSTONE, W.D. Dry matter production and complete tree utilization of Lodgepole-Pine in Alberta. Dis. Abs. Int., 34(6): 2392-3. 1973.
17. KEAYS, J.L. Biomass of forest residuals. In : AICHE Symp. Series., 71(146):10-21, 1975.
18. KRAPHENBAUER, A. Fully mechanized logging and sustained Yield. Allg. Forstztg., 82(11):305-8, 1971.
19. LANDIS, T.D. & MOGREN, E.W. Tree strata biomass of sub-alpine Spruce-Fir stands in Southwestern Colorado. For. Sci. 21(1):9-12, 1975.
20. MALKONEV, E. Effect of harvesting logging residues on nutrient status of Scots-Pine stands. Folia Forestalia Ins. For. Fen., 15:14p, 1972.
21. MARTIN, A.J. First look at logging residue characteristics in west Virginia. USDA. For. Serv. Res. Note, NE For. Exp. Sta., 1972, NE-200, 3p.
22. MARTIN, A.J. Predicting logging residues: an iterin equation for Appalachian Oak sawtimber. USDA. For. Serv. Res. Note, NE For. Exp. Sta., 1975, NE-203, 4p.
23. MATTSON, J.A. & CARPENTER, E.M. Logging residues in a northern hardwood timber sale. Northern Logger, 24(7):16-7, 1976.
24. McINTOSH, J.A. How to curb wood losses and raise lumber recovery. Can. For. Ind., 90(10):48-53, 1970.
25. MÉNHRD, M. & DIONNE, J. Trial on line-intersect method for estimating the volume of waste wood during logging operations. Serv. Rech. Min. Terres et Forêts, Quebec. 1972, 2:9p.
26. PIRES, J.M. Avaliação de biomassa florestal em Monte Alegre, Território do Amapá. Relatório particular da Jari Florestal, 1972.
27. ROSS, R. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. III Secondary succession in the Shasha Forest Reserve. J. Ecol., 42(2):259-81, 1954.

26. SAPUNOV, S.F. Method for calculating logging residues. Lesnoe Khoz., 12:56-9, 1970. For. Abs., 32(3):576, July, 1971, Ref. 4675.
29. STEINHILB, H.M. & DEY, G.W. Harvesting logging residues from selectively cut northern hardwood stand. Northern Lumber, 21(11):12-4, 1973.
30. SUDAM. Estudo da viabilidade técnico econômica da exploração mecanizada de mata de terra firme de Curuá-Una. SUDAM, 1978, 128p.
31. TELISHEVSKI, W. Integrated use of forest raw material. Lesnoe Khoz. 5:23-5, 1975. For. Abs., 37(5):296, 1976, Nov. Ref. 3321.
32. YANG, P.L. Studies on the volume felling and cross-cutting waste in natural conifers. Quat. Chin. For., Taipei, 4(3) : 26-55, 1971. For. Abs., 33(3):533, 1972, July, 1972, Ref. 4524.
33. VRIES, P.G. General theory on line-transect sampling with application to logging residue inventory. Separata de: Medecleeningen, Landbouwhogeschool, Wageningen, 1973, 11: 23p.
34. WAHLGREN, H.E. Forest residues; the timely bonanza. Tappy, 57(10):65-7, 1974.
35. ZIVNUSKA, J.A. The role of logging residues in industrial wood supply. Jour. For., 72(10):642-45, 1974.