

**TÉCNICAS DE DESDOBRO E PRODUTIVIDADE DA FLORESTA
AMAZÔNICA EM MADEIRA SERRADA**

ISAAC SIDNEY BENCHIMOL

Engenheiro Operacional da Indústria da Madeira

Orientador: Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

**Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de mestre em
Ciências, Área de Concentração: Ciência e
Tecnologia de Madeiras.**

Piracicaba

Estado de São Paulo - Brasil

Julho / 1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Benchimol, Issac Sidney

Técnicas de desdobro e produtividade da floresta amazônica em madeira serrada /
Issac Sidney Benchimol. - - Piracicaba, 1996.

89 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.
Bibliografia.

1. Floresta amazônica - Produtividade 2. Madeira - Desdobro - Amazônia 3. Madeira
serrada - Rendimento - Amazônia I. Título

CDD 674.2

**TÉCNICAS DE DESDOBRO E PRODUTIVIDADE DA FLORESTA
AMAZÔNICA EM MADEIRA SERRADA**

ISAAC SIDNEY BENCHIMOL

Aprovado em: 18.09.96

Comissão julgadora:

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

ESALQ/USP

Prof. Dr. João Luis Ferreira Batista

ESALQ/USP

Prof. Dr. Carlito Calil Junior

EESC/USP



Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

Orientador

Aos meus pais e irmãos. por tudo que me proporcionaram e a quem devo a minha formação,

e aos meus Irlem, Irla e Shalom e a minha esposa Irlena pela compreensão e incentivo que foram fundamentais durante o desenvolvimento deste trabalho

■DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. JOSÉ NIVALDO GARCIA, pela orientação, amizade e incentivo durante a realização deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. José Otávio Brito pela amizade e incentivo durante a realização deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. João Walter Simões pela participação na banca examinadora.
- Ao funcionário Luis Eduardo Facco pela dedicação, amizade e profissionalismo na digitação e pelo desenvolvimento do sistema computacional.
- Aos funcionários e colegas Maria Bermudez, Leila Monteiro e André Luis Bertanha pela colaboração, apoio, amizade e incentivo.
- A Nadia Chuary por sua dedicação e amizade.
- Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, pela oportunidade que me proporcionou para que pudesse realizar este curso de Mestrado.
- A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela oportunidade de aprimoramento.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho, e aqueles que por ventura tiveram seus nomes omitidos.

SUMÁRIO

	pg
SIMBOLOGIA.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO.....	05
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	07
3.1. Quantidade e distribuição das serrarias	07
3.2. Classificação das serrarias por produção de madeira	08
3.3. Obtenção de matéria-prima.....	09
3.3.1. Caracterização da exploração madeireira.....	11
3.4. Transporte de matéria-prima.....	14
3.5. Custo de exploração e comercialização de toras	15
3.6. Rendimento percentual da matéria-prima por espécie.....	16
3.7. Tecnologia de corte da madeira.....	19
3.8. Potencial madeireiro das Florestas do Amazonas.....	21

3.9. Comercialização.....	23
3.9.1. Local e mercado de comercialização dos produtos	23
3.9.2. Exportação de madeira	24
3.10. Sustentabilidade	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1. Especificações dos equipamentos utilizados	32
4.2. Especificações das variáveis relacionadas às toras	33
4.3. Tratamento básico dos dados	36
4.4. Estudo de técnicas de desdobro	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1. Volume de madeira roliça estocado numa unidade de Floresta Amazônica.....	56
5.2. Volume médio de madeira serrada numa unidade de Floresta Amazônica.....	61
5.3. Sustentabilidade das serrarias	69
5.3.1. Cálculo de área de floresta necessária (AS) para uma serraria de pequeno porte	69
6. CONCLUSÕES	78
Referências Bibliográficas	82

SIMBOLOGIA

- Sc - Superfície de corte
- h - Altura
- L - Comprimento
- RMS - Rendimento de madeira serrada
- Db - Densidade básica
- GDC - Grau de dificuldade de corte
- C - Conicidade
- D - Diâmetro máximo
- d - Diâmetro mínimo
- Vt - Volume de tora
- VMS - Volume de madeira serrada
- Sms - Área transversal total de madeira serrada
- St - Área da seção transversal da tora
- Bp - Bico de papagaio
- Creto - Costa reta

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superfície efetivamente cortada em cada corte (Sc).....	34
Figura 2. Modelo de ficha de campo mostrando as variáveis medidas.	35
Figura 3. Técnica de desdobro I (convencional) caracterizado por rotações sucessivas de 180° , 90° e 180°	40
Figura 4. Técnica de desdobro II (alternativa) caracterizada por rotações sucessivas de 90° , 180° e 90°	41
Figura 5. Relação entre rendimento em madeira serrada e diâmetro médio.....	45
Figura 6. Relação entre rendimento em madeira serrada e densidade básica.....	45
Figura 7. Relação entre grau de dificuldade de corte e densidade básica.....	46
Figura 8. Relação entre rendimento em madeira serrada e conicidade.	48
Figura 9. Relação entre rendimento de madeira serrada (RMS) e diâmetro mínimo. confundindo-se as 15 espécies estudadas.	49
Figura 10. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Muiracatiara em relação ao seu diâmetro mínimo	50
Figura 11. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Jacareúba em relação ao seu diâmetro mínimo	50

Figura 12. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Piquiarana em relação ao seu diâmetro mínimo.....	51
Figura 13. Rendimento de madeira serrada (RMS) de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a qualidade de todas as espécies em relação ao seu diâmetro mínimo	54
Figura 14. Frequência de DAP, $f(DAP)$, média de 38 espécies comerciais, estimadas num segmento da Floresta Amazônica.....	56
Figura 15. Formas estimadas e real da árvore de Cardeiro da Amazônia.....	60
Figura 16. Formas real e estimada da árvore de Louro Gamela com sapopema Região Amazônia	60
Figura 17. Subdivisão do fuste em toras de comprimentos comerciais.....	63
Figura 18. Volumes estocados, dentro de cada classe de DAP, em uma unidade da Floresta Amazônica.....	68
Figura 19. Volume parciais estocados em uma parcela na Floresta Amazônica dentro de cada classe de DAP	69
Figura 20. Rendimento em madeira serrada obtido por classificações das toras e acompanhamento técnico no desdobro	72

Figura 21. Ganho no volume de madeira estocada em uma unidade
de Floresta Amazônica por um simples acompanhamento
técnico das operações de desdobro

74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa do custo de madeira de várzeas posta em Manaus e Itacoatiara.....	16
Tabela 2. Área florestal do Estado do Amazonas e volume comercial de espécies madeireiras com DAP maior ou igual a 50 cm.....	22
Tabela 3. Extração de madeiras em toras no Amazonas no período de 1973 a 1989.....	23
Tabela 4. Espécies tropicais estudadas e respectiva amostragem	32
Tabela 5. Especificação técnica das variáveis relacionadas a serra de fita.....	33
Tabela 6. Especificações técnicas de desdobro I e II	39
Tabela 7. Médias das variáveis das 15 espécies estudadas ordenadas pelo $\overline{\text{RMS}}$	44
Tabela 8. Parâmetro das equações exponencial e linear para 15 espécies estudadas	53
Tabela 9. Parâmetros para cálculo da forma da árvore amazônica	57
Tabela 10. Dados observados e estimados da forma de duas árvores de espécies diferentes	59

Tabela 11. Volumes individuais e total de madeira roliça, rendimento no desdobro e volumes individuais e total de madeira serrada numa unidade da Floresta Amazônica	66
Tabela 12. Estimativas do rendimento e volumes de madeira serrada nas classes de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a qualidade	67
Tabela 13. Área para sustentabilidade de serrarias de pequeno (1 serra de fita), médio (2 a 4 serras de fitas) e grande porte (mais de 4 serras de fitas)	71
Tabela 14. Estimativa de rendimento e volume de madeira serrada na Floresta Amazônica para dois tipos de corte (180°/90°/180° com classificação das toras e 90°/180°/90° com classificação das toras e acompanhamento técnico)..	73
Tabela 15. Estimativa de rendimento e volume de madeira serrada em uma unidade da Floresta Amazônica, a partir do DAP de 50 cm	76

TÉCNICAS DE DESDOBRO E PRODUTIVIDADE DA FLORESTA AMAZÔNICA EM MADEIRA SERRADA

Autor: Isaac Sidney Benchimol

Orientador: Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

RESUMO

Neste trabalho avaliaram-se os rendimentos e as condições de desdobro de 15 espécies de madeiras tropicais, sendo treze espécies na BR 174, Manaus-Caracarái, e duas espécies na região do Alto Purus no Estado do Amazonas.

Utilizou-se o mínimo de 12 toras por espécie para a coleta das informações sobre os parâmetros de estudo definidos neste trabalho.

O rendimento médio das espécies estudadas variou entre 48.50% a 59.83%, sendo que as espécies apresentaram rendimento médio acima da faixa de 45 a 55% considerado normal para madeiras tropicais.

O diâmetro mínimo e a conicidade das toras têm influência direta sobre o rendimento. A densidade básica, mesmo considerada individualmente, tem influência importante sobre o grau de dificuldade de corte das toras entre as

diferentes espécies.

Entre as espécies estudadas, as toras de *Brosimum rubescens* (Pau rainha) e as de *Manilkara huberi* (Massaranduba) foram as que apresentaram maior grau de dificuldade de corte.

As fórmulas apresentadas nesta dissertação permitem estimar o volume de madeira serrada estocado na floresta a partir de dados normalmente obtido de forma muito fácil, no trabalho de inventário florestal.

Com algumas simples melhorias no processamento das toras, pode-se melhorar em até 10 % a eficiência na conversão das toras.

Assim diferentes pontos, como, variedade na linha de produção, maior precisão no corte das toras durante o processamento contribuem para uma melhor eficiência na conversão tora-madeira serrada nas serrarias.

SAWING TECHNIQUES AND AMAZONIAN RAIN
FOREST SAWN WOOD PRODUCTIVITY

Author: Isaac Sidney Benchimol

Adviser: Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

ABSTRACT

An evaluation was carried out on the productivity and the sawing conditions of 15 tropical wood species, 13 species were from BR 374 (Manaus - Caracaraí) road region and 2 species from Alto Purus region in the state of Amazonas (Brazil).

A minimum of 12 logs per species was used for collecting data regarding the parameters defined in this work.

The average productivity for the studied species ranged from 48.50% up to 59.83%, this average productivity is higher than the 45 to 55% range, considered usual for tropical species.

The minimum diameter and the log conicity had direct influence on productivity. Basic density, even when individually considered, had great influence on the log sawing difficulty degree for various species.

Amongst the studied species, *Brosimum rubescens* and

Manilkara huberu logs presented the higher sawing difficulty degree.

The formulas presented in this study allow to estimate the sawn wood volume stocked in a forest stand through the use of `easy to obtain` data from forest inventory.

With some simple improvements in the log processing, it was possible to increase in about 10% the efficiency of wood conversion.

Variety in the production line and higher sawing precision during the logs processing also contribute to increase the efficiency in log-to-sawn wood conversion.

1. INTRODUÇÃO

As condições de desdobro e rendimento das madeiras da Amazônia têm sido um dos temas mais questionados por empresas madeireiras que pretendem investir na região. A estimativa do retorno dos recursos financeiros aplicados deve ser avaliada em função da capacidade produtiva da empresa e das potencialidades do mercado. Os investidores deparam-se com grandes problemas em estimar a produção de madeira baseando-se somente na classificação pelas normas já estabelecidas, para o atendimento do mercado nacional e internacional, devido ao escasso número de informações técnicas e científicas sobre o rendimento das espécies existentes na região.

A região da Amazônica Legal é uma enorme área de aproximadamente 5.003.745 de Km² (Amapá - 140.276 Km²; Pará - 1.248.042 Km²; Maranhão - 257.451 Km²; Goiás/Tocantins - 285.793 Km²; Acre - 152.589 Km²; Rondônia - 243.044 Km²; Mato Grosso - 881.001 Km²; Amazonas - 1.564.445 Km² e Roraima - 230.104 Km²) representando 42% da área total do Brasil (Manual de Conhecimentos, 1988).

Estima-se que existem provavelmente 6000 espécies arbóreas.

cuja utilização comercial é limitada em aproximadamente 100 espécies, enquanto que o número de madeiras exportadas para o mercado mundial é inferior a 13 (treze) (PECK, 1983).

Este grande potencial madeireiro da região, pode gerar benefícios sócios-econômicos incalculáveis, desde que, compatibilize o trinômio exploração - industrialização - comercialização, sem ignorar os aspectos ecológicos da região.

As serrarias no Estado do Amazonas operam basicamente com os seguintes equipamentos: engenho de serra de fita, canteadeiras (simples e múltiplas), resserra e destopadeira. Essas serrarias, na sua grande maioria, estão localizadas na beira dos rios e igarapés, dado o fato de o transporte ser, quase que normalmente, via fluvial.

Tanto as condições de desdobro de toras, como os seus rendimentos em madeira serrada, são aspectos de suma importância para as serrarias da região Amazônica, onde e tem-se disponível uma infinidade de espécies madeireiras potencialmente aproveitáveis.

As condições de desdobro das madeiras estão condicionadas a dois conjuntos de fatores:

a) Conjunto I - Fatores inerentes à madeira:

- Densidade:

- Disposição dos elementos estruturais:

- Presença de componentes químicos;
- Conteúdo de umidade.

b) Conjunto 2 - Fatores inerentes às condições operacionais da serra:

- Tipo de dente;
- Relação espessura do recalque ou trava/espessura da lâmina;
- Tensão na lâmina;
- Espaçamento entre os dentes da serra.

A densidade da madeira, que expressa a quantidade de material lenhoso por unidade de volume, é um fator importante na definição da eficiência da serraria dentro de certas condições de desdobro das diferentes espécies, pela maior ou menor resistência oferecida ao corte.

No entanto, a composição química da madeira, com a presença ou não dos minerais, muitas vezes suplanta a relação direta existente entre a densidade básica e as condições de desdobro, ou seja, duas espécies de madeiras de mesma densidade podem apresentar diferentes condições de desdobro.

Outro fator importante que merece atenção, é o grau de aproveitamento da tora de uma determinada espécie em termos de madeira serrada e que pode ser determinado através do cálculo do rendimento.

A obtenção dos valores de rendimento para cada espécie é de suma importância para os empresários do setor, possibilitando o planejamento e diagnose da produção de uma serraria.

A tora é, em geral, classificada pela sua forma, aparência externa, onde são observados os defeitos e anormalidades visíveis. Os defeitos internos, não são portanto quantificados mas esta simples classificação já é suficiente para descartar a maioria das toras ocas. A classificação de uma tora de madeira visa estabelecer sua qualidade e conseqüentemente seu valor, ou sua adequação para um determinado uso.

O presente trabalho visa apresentar referências numéricas e algumas avaliações sobre o rendimento e condições de desdobro, bem como as inter-relações entre alguns parâmetros básicos diretamente relacionados com tais elementos para 15 espécies de madeiras do Estado do Amazonas.

2. OBJETIVOS

O rendimento das madeiras da Amazônia é um tema pouco conhecido, mas muito abordado.

Este trabalho pretende aumentar o acervo de informações existentes a respeito do desdobro de madeiras da Amazônia, contribuindo ainda com uma avaliação das propriedades e características que podem influenciar no rendimento e na qualidade do corte das espécies da região. Pensando-se nestes objetivos formularam-se as seguintes perguntas:

- Qual a "performance" da matéria prima da Floresta Amazônica?
- Qual a produtividade da Floresta Amazônica?
- Qual a eficiência das serrarias da região?
- Qual a possibilidade de agruparem-se espécies afins e introduzirem-se novas espécies no mercado?

A reflexão sobre estas perguntas e a carência de informações na literatura levaram à adoção dos seguintes objetivos:

- a) Determinar a forma das toras provenientes de árvores de 15 espécies amazônicas:

- b) Determinar o rendimento em madeira serrada de 15 espécies madeireiras da Amazônia;
- c) Estimar a produtividade da Floresta Amazônica em madeira serrada por hectare;
- d) Estudar a possibilidade de aumentar o rendimento em madeira serrada das espécies da Amazônia;
- e) Avaliar as condições de sustentabilidade das serrarias que exploram a Floresta Amazônica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Quantidade e Distribuição das Serrarias

KNOWLES (1964) constatou que em 1952 existiam 89 serrarias operando na Amazônia e 7 anos depois aumentaram para 189, voltando a cair em 1962 para 129 serrarias.

Segundo BRUCE (1976), a indústria de serrarias existente na região Amazônica, cresceu de 89 serrarias em 1952 para 194 serrarias no ano de 1965 e no período de oito anos (1965 a 1973) 119 serrarias deixaram de exercer suas funções e 212 novas serrarias, entraram em atividades, estimando em total de 287 serrarias em 1973. Isto demonstra uma alta oscilação de abertura e fechamento de serrarias na Amazônia.

De acordo com PEIXOTO & IWAKIRI (1984) as serrarias amazonenses que funcionavam com regularidade nos anos de 1982 e 1983, ou seja, que produziram sem interrupções de grandes períodos, representavam um número de 46 a 48 serrarias respectivamente.

Segundo KAZUO & BACHA (1994) a quantidade de serrarias

no Estado do Amazonas em 1975 era de 60 serrarias em pleno funcionamento e no ano de 1980 aumentou para 77 serrarias operando normalmente.

As informações relacionadas com o número de estabelecimentos industriais madeireiros têm como fonte principal o cadastro do IBAMA. As informações disponíveis mostram um decréscimo, a partir da década de 80, na quantidade de serrarias instaladas no Amazonas. Em 1986 existiam 141 serrarias (MERCADO - 1988). em 1990 ocorriam 130 serrarias (HUMMEL & MINETE - 1990) e em 1992 este número caiu para 106 serrarias (levantamento com base no cadastro do IBAMA, cadastro industrial do Estado e Prefeituras Municipais) segundo HUMMEL *et al.* (1994), baseado em levantamentos efetuados nos cadastros do IBAMA, do Estado e de Prefeituras Municipais do Amazonas.

SAMANEZ (1980) afirma que a concentração de serrarias no baixo Amazonas, principalmente Santarém e Manaus, é possibilitada devido a existência de infraestrutura adequada.

3.2. Classificação das serrarias por produção de madeira

De acordo com BRUCE (1989), em 1976, 36% das serrarias amazônicas serravam no máximo 10 m³/dia, 61% serravam até 50 m³/dia e somente 3% serravam mais de 100 m³ de toras por dia.

Segundo a classificação de SANTOS (1986), até 5000 m³/ano a

serraria é classificada como pequena de 5001 a 10.000 m³/ano a serraria é classificada como média e acima de 10.000 m³/ano pode ser considerada como grande.

VANTOMME (1981) classifica as serrarias pelo número de empregados:

- serrarias pequenas: 31 a 50 empregados;
- serrarias médias: 51 e 100 empregados;
- serrarias grandes: mais de 100 empregados.

Segundo IMAZON (1996), o porte de serrarias é definido pelo número de serras de fita:

- serrarias pequenas: 1 serra de fita;
- serrarias médias: 2 a 4 serras de fita;
- serrarias grandes: mais de 4 serras de fita;

3.3. Obtenção de matéria prima

Segundo HUMMEL *et al.* (1994), o Amazonas possui uma das maiores reservas de florestas tropicais do mundo. Mas, por outro lado, 60% das laminadoras e 63% das serrarias tem dificuldades de obter matéria-prima para seu funcionamento, o que demonstra uma falta de integração floresta-indústria e uma desorganização relacionada ao planejamento da exploração florestal.

VANTOMME (1981) diz que no estado do Amazonas as madeiras de terra firme são provenientes principalmente, dos desmatamentos feitos para o aproveitamento agrícola e para implantação de pastagens.

De acordo com HUMMEL (1994) a exploração de madeira para atender as laminadoras concentra-se principalmente nos rios Purus e Juruá e em menor escala nos rios Solimões e Madeira. As serrarias recebem matéria-prima através dos rios acima e também do Rio Negro, entre outros.

Os vários eixos existentes nas proximidades de algumas cidades facilitam a exploração madeireira em terra firme. Como exemplos citam-se a BR-174 que alcança a área de influência da UHE de Balbina e o Distrito Agropecuário da SUFRAMA, a rodovia AM-10 (Manaus-Itacoatiara) e a rodovia AM-70 (Manaus-Manacapuru).

Segundo CRUZ (1991), a várzea ainda responde por até 90% da matéria-prima destinada às indústrias madeireiras.

Nas várzeas, a derrubada das árvores é realizada nos meses de agosto e novembro, por ocasião das vazantes dos rios.

O nível das enchentes determina a safra de madeiras prejudicando ou favorecendo o abastecimento. A retirada das toras é realizada nos meses de fevereiro a junho, época das cheias.

3.3.1. Caracterização da exploração madeireira

Segundo SIQUEIRA (1989), a exploração das florestas amazônicas vem sendo realizada há muitos anos, de forma seletiva e, mais recentemente, de forma seletiva e predatória.

Face aos danos causados pela exploração tradicional empregada, era de se esperar que houvesse em andamento um grande número de pesquisas capazes de indicar, seguramente, novos caminhos e alternativas para a utilização do potencial madeireiro disponível na Amazônia.

A exploração seletiva de madeiras, embora não configure em si um desmatamento tem contribuindo, em maior escala, para alteração da cobertura vegetal e para a erosão genética de algumas espécies de interesse econômico (Yared & Brienza, 1989).

Segundo JANKAUSKIS (1978) a exploração florestal na Amazônia é um fator irreversível, sendo que a exploração não é incompatível com a sua regeneração, desde que a exploração florestal seja tecnicamente planejada e conduzida.

De acordo com HUMMEL *et al.* (1994), a maior característica da exploração é seu carácter seletivo, elegendo em torno de quatro espécies para a produção de laminados e compensados (samaúma, muiratinga, copaíba e virola) e duas dezenas de outras essências para produtos serrados, especialmente angelim-

pedra, cupiúba, sucupiras e louros.

Após estudos realizados em alguns municípios do Amazonas, MELO & SOUZA (1990), concluíram que, em que pese a circunstância de tratar-se de segmento econômico em fase de acentuado dinamismo, o extrativismo madeireiro projeta reflexos bastante limitados no plano social. Isso, porque, em função de suas próprias especificidades, resulta de processos seletivos que se manifestam em favor de:

- um número restrito de empresas;
- um número reduzido de centros de convergência de produção;
- um número determinado de áreas de extração;
- um número limitado de trabalhadores engajados, dentro de áreas circunscritas.

Os mesmos autores citam que o extrativismo funciona como vitalizador da economia, dentro dos vastíssimos espaços por onde se dissemina e onde, não raramente constitui a única força econômica vinculado do meio exterior.

Apenas recentemente o sistema de exploração de madeira nas várzeas do Amazonas começou a ser objeto de estudos sob a coordenação do INPA. Em 1992, iniciaram-se alguns trabalhos na região do Alto Purus, nas proximidades do Igarapé Mamoriá.

SANTOS (1988), cita que a redução do consumo de virola no Amazonas indica a redução da disponibilidade desta espécie nas áreas exploradas.

Segundo UHL & VIEIRA (1989), a utilização de um sistema rodoviário na região já permite a exploração madeireira nas áreas interfluviais, o que era restrito anteriormente apenas às áreas de várzeas. Numa avaliação de uma operação mecanizada de extração seletiva de madeiras no Estado do Pará, Amazônia Oriental, foram extraídos 30-50 m³ de madeira por hectare, correspondendo à remoção de 4-8 árvores por hectare ou seja, 1-2% de todas as árvores com DAP \geq 10 cm. No processo de extração, 26% das árvores da população original com DAP \geq 10 cm morreram ou foram danificadas (12% perderam suas copas, 11% foram arrancadas pelos tratores, e 3% sofreram substanciais danos na casca). A cobertura total pelo dossel foi reduzida quase à metade (de 80% para 45%) e 8% da área florestal foi aberta por estradas de exploração. Se a exploração continuar nesta atual intensidade, todo o Estado do Pará poderá ser facilmente explorado dentro dos próximos 80 anos. De acordo com os autores, existem estratégias que possam promover o uso responsável das florestas do Pará mas falta uma ação política de efetivação. Citam ainda os autores que o lucro oriundo da exploração de 52 ha em apenas 21 dias foi de nove mil dólares.

3.4. Transporte de matéria-prima

PANDOLFO (1979) diz que o transporte de toras, até bem pouco tempo, se encontrava quase que totalmente na dependência das vias fluviais, através das "jangadas", impulsionadas por rebocadores. Com a abertura de estradas, ligando a Amazônia a outras regiões, o transporte por rodovia, passou também a ser utilizado, embora em menor escala.

HUMMEL *et al.* (1994), diz que 58,7% das serrarias utilizam preferencialmente a jangada no transporte de sua matéria-prima. Mas, como algumas empresas não estão instaladas nas margens dos cursos d'água o caminhão responde por 26,1% do transporte, e o restante 15,2% balsa e barco.

TAKEDA (1979), afirma que o arraste de toras, até às margens dos rios, é feito de duas maneiras:

- a) Tração animal - arraste longitudinal das toras pela extremidade;
- b) Arraste lateral das toras sobre varas, que funcionam como trilhos.

Segundo o IBDF (1978), atual IBAMA, a rede fluvial também exerce uma função importante no transporte da madeira serrada proveniente das serrarias espalhadas às margens dos rios, para os vários centros consumidores da região.

As "Jangadas" são composições de, em média 1500 toras, amarradas entre si com argolas de ferro e cabo de aço e são sustentadas por toras

de madeira leve e impulsionadas por pequenos rebocadores. Tem uma velocidade média de aproximadamente 7 km/hora. equivalente à do rio onde navega.

3.5. Custo de exploração e comercialização de toras

Segundo o IBDF (1982), atualmente IBAMA, os preços da matéria-prima são fixados pelos próprios extratores com base nos custos de exploração, a um nível que o mercado possa comportar.

KNOWLES (1964), cita que os métodos primitivos empregados na derrubada e remoção das toras, em condições variáveis de terreno, resultam igualmente em custos variáveis, e que não é vantagem dividir os custos variáveis em operações individuais, tais como derrubada, preparação de roliços, abertura de trilhas para extração manual, etc. haja visto que os fornecedores recebem pagamentos por m³ de madeira colocada na margem do rio ou ao longo da estrada.

Segundo HUMMEL *et al.* (1994), um dos atrativos para a instalação de indústrias madeireiras no Amazonas é o baixo custo da matéria-prima. No entanto, o processo de formação desse custo, nos diversos escalões de produção, ainda não foi devidamente estudado.

Os dados disponíveis são mínimos.

A Tabela 1. mostra uma estimativa da variação dos custos de

madeira em tora, extraída de várzeas, no Estado do Amazonas.

Tabela 1. Estimativa do custo de madeira de várzeas posta em Manaus e Itacoatiara.

Período	US\$ / m ³ de tora	Custo médio US\$ / m ³ de tora
1980-1985	15 a 20	17,5
1986-1987	15 a 22	18,5
1988-1989	15 a 40	27,5
1990-1992	25 a 30	27,5
1993	25 a 40	32,5

Fonte: BRUCE, 1994

Esses preços, que vêm aumentando ao longo do tempo em função da exploração cada vez mais distante, variam de acordo com a espécie e a qualidade da madeira.

A matéria-prima extraída de terra firme apresenta maiores preços em função das características de extração e transporte. O custo unitário é superior àquele de madeira extraída de várzeas.

3.6. Rendimento percentual da matéria-prima por espécie

Segundo PEIXOTO & IWAKIRI (1984), o rendimento da matéria-prima (toras) em produto acabado (madeira serrada, lâminas e compensados) varia muito de uma espécie para outra, dadas as inerentes

distorções de características e também conforme o tipo de produto acabado. No cálculo de rendimento em serrarias, considerou-se como produto acabado as pranchas, vigas, pernamancas, tábuas, ripas, e ripões e outras madeiras serradas com maior grau de beneficiamento.

De acordo com PEIXOTO & IWAKIRI (1984), o rendimento da matéria-prima (tora) é dado pela fórmula:

$$R = \frac{n}{T} \times 100$$

onde: R - rendimento percentual

n - volume de madeira serrada, em m³

T - volume de toras, em m³

Em estudos realizados pela SUDAM (1981), são apresentadas análises dos rendimentos de 30 espécies de madeiras tropicais, tendo basicamente dois tipos de abordagem: rendimento em função das classes diamétrais segundo a qualidade da madeira (primeira, segunda e terceira) e rendimento em função da classe de volume serrado. Neste trabalho, são feitas algumas considerações finais, onde destaca-se a ocorrência de diferentes comportamentos de primeira qualidade conforme a espécie da madeira, através de sua classificação nos produtos processados.

IWAKIRI (1984), estudou 20 espécies de madeiras amazônicas, concluindo que o rendimento médio das espécies variou de 41,9% a 61,6% sendo

que 31% das espécies apresentou um rendimento médio entre 45 - 55%.

Analisando a situação das serrarias e fábricas de laminados e compensados do Amazonas, SANTOS (1988b) concluiu que o Município de Manaus é o principal produtor, consumidor e distribuidor de madeira serrada do Amazonas. O rendimento nas serrarias e nas fábricas de laminados gira em torno de 50% do volume de toras e o resíduo praticamente não é utilizado, o que indica um uso inadequado dos recursos florestais. Os principais problemas do setor são: baixo volume das águas dos rios e igarapés, na época das secas, que dificultam a extração das árvores; falta de capital de giro; concorrência com grandes firmas do ramo; técnicas rudimentares de extração; equipamentos obsoletos; falta de credibilidade bancária e uso de mão-de-obra não qualificada.

Segundo RYSZARD SZYMANI (1995), a pressão nunca foi tão grande para que os rendimentos da indústria madeireira fossem maximizados. Na medida em que o suprimento de toras diminui e seu preço eleva-se a indústria é forçada a melhorar suas receitas operacionais.

A maior oportunidade para maximizar rendimentos volumétricos quando se transformam toras em madeira serrada está na avaliação precisa da forma e da qualidade das toras e na otimização das decisões de corte.

Segundo CASTRO & SILVA *et al.* (1992), o aproveitamento das toras nas serrarias, gira em torno de 45% a 55%. O restante enquadra-se na categoria de resíduo propriamente dito.

Os resíduos observados nas serrarias classificam-se em 2 grupos:

- de pequenas dimensões: pó, serragem ou maravalha, cavacos e lascas;
- de médias a grandes dimensões: cascas, costaneiras, aparas, âmagos e pontas.

A maior parte destes resíduos é usada na geração de energia mas a carência de tecnologia na região não tem demandado uma utilização mais criteriosa.

3.7. Tecnologia de corte da madeira

Segundo KOLLMAN (1964), o trabalho com madeira era considerado artesanal há aproximadamente 90 anos. No entanto, o advento de equipamentos, o aumento de mão-de-obra e o desenvolvimento de outros materiais, capazes de competir com a madeira, levaram à realização de muitos estudos sobre o processamento da madeira. A tecnologia de corte de madeira tem sido focalizada como uma das técnicas mais importantes no que se refere ao aproveitamento máximo da espécie de madeira no beneficiamento. Neste contexto, são relacionadas todas as variáveis que influenciam na facilidade de corte da madeira, no consumo de energia dispendido na operação de desdobro como o efeito da geometria do dente da serra, sua altura e inclinação, além de outros fatores considerados inerentes a madeira. Quanto à produção de madeira, KOLLMAN destaca o trabalho de JUSTSUK (1951), onde é observado que o

rendimento na produção de madeira serrada de uma tora com diâmetro de 20 cm, na Suíça, é de aproximadamente 44%.

Diversos equipamentos para desdobro de peças de madeira são apresentados por KOCK (1991), que destaca ainda alguns modelos matemáticos que relacionam a dificuldade de corte da madeira com características dos equipamentos, das serras e da própria madeira.

Segundo MELLO (1975), a técnica para o desenvolvimento das operações de corte a serem executadas na madeira varia, principalmente, com as disponibilidades da serraria em termos de equipamentos e mão-de-obra, além de aspectos como:

- a) Dimensões da tora;
- b) Espécie de madeira;
- c) Qualidades e defeitos.

É muito importante a escolha do sistema que será seguido no desdobro das toras, pois ele deverá servir não só para diminuir os desperdícios e obter o máximo volume utilizável, como também para bitolar corretamente o produto nas dimensões finais exigidas por normas específicas (FAO, 1983).

GERVING & UHL (1996), afirma que variedade na linha de produção e boa precisão do corte das toras durante o processamento podem melhorar a eficiência da indústria em até 15 %.

3.8. Potencial madeireiro das Florestas do Amazonas

O Estado do Amazonas possui o maior percentual de florestas tropicais da região amazônica sendo que a pequena alteração da floresta existente, até o momento, é originária das dificuldades de locomoção e acesso ao seu extenso território (HUMMEL, 1994).

Segundo HIGUCHI (1989), em termos de madeira, as florestas tropicais, como a do Amazonas, representam um potencial enorme para o suprimento de matérias-primas destinadas a quaisquer indústrias florestais. Trata-se, entretanto de um potencial passivo, atualmente sem liquidez, caracterizado pela crescente superexploração e subutilização. O adequado aproveitamento desse potencial pode representar o atendimento da demanda dos países consumidores e a riqueza para os países produtores. Caso contrário, as intervenções poderão produzir efeitos negativos e catastróficos.

A Tabela 2 mostra um exemplo comum de divulgação do potencial em madeira roliça da floresta de várzea e de terra-firme, existente no Estado do Amazonas.

Os volumes apontados devem ser tomados como apenas indicativos, dada à inexistência de medidas de dispersão e das possibilidades reais de sua utilização.

Tabela 2. Área florestal do Estado do Amazonas e volume comercial de espécies madeireiras com DAP maior ou igual a 50 cm.

	Várzea	Terra firme	Total
Área (milhões de hectares)	20	95	115
Principais espécies comerciais (milhões de m ³)	240	380	620
Todas as espécies comerciais (milhões de m ³)	1080	5225	6305

Fonte: Bruce (1989), citado por SEBRAE (1994).

Com relação ao volume já extraído, as estatísticas são de escassa confiabilidade. No entanto, dados de 1973 a 1989 apontam para um total de 9.651.991 metros cúbicos de toras (Tabela 3).

Tabela 3. Extração de madeiras em toras no Amazonas no período de 1973 a 1989.

Ano	Quantidade (m ³)
1973	1.732.112
1974	153.164
1975	135.861
1976	338.886
1977	330.603
1978	317.411
1979	398.376
1980	325.013
1981	364.176
1982	662.725
1983	384.646
1984	1.316.589
1985	1.382.218
1986	339.948
1987	292.252
1988	552.000
1989	626.011
Total	9.651.991

Fonte: IBGE - Anuários Estatísticos - 1974/1992.

3.9. Comercialização

3.9.1. Local e mercado de comercialização dos produtos

Segundo HUMMEL *et al.* (1994), a venda direta na indústria representa 76,1 % da comercialização dos produtos das serrarias, sendo considerada como defensiva uma vez que o volume mais significativo é

comercializado diretamente na maioria das serrarias. Apenas 15,2% possuem lojas próprias para exposição de seus produtos.

As faixas de mercado atingidas pelas serrarias estão assim distribuídas: local, 54,3%; regional 39,1%; e internacional 6,5%.

A política de crédito oferecida aos clientes pelas serrarias também restringe o aumento do volume comercializado: 60,9% só recebem pagamento à vista; 34,8% financiam em até 30 dias; 2,2% financiam em até 60 dias e 2,2% não possuem política definida.

Esta atitude encontra um de seus principais motivos no fato de 82,6% do capital de giro utilizado por estas serrarias ser oriundo de recursos próprios e que são necessários para auto-financiar os seus próprios processos de produção.

3.9.2. Exportação de madeira

Apesar de possuir a maior reserva de floresta tropical, contribuindo com apenas 10% da produção industrial no Brasil em 1990 e em 1991 a participação do Estado do Amazonas nas exportações brasileiras foram de 7,12% e 6,30%, respectivamente, conforme os dados da Aimex (Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Pará e Amapá).

Em 1988. foram exportados 36.990 m³ de madeiras em toras. O

preço médio por m³ foi de US\$ 9,48 considerado um valor extremamente baixo, porque naquela ocasião, o preço médio por tora colocado no pátio da indústria era de quase o dobro desse valor.

Segundo SANTOS & HUMMEL (1987), os principais empecilhos para o aumento das exportações de madeira pelo Amazonas são:

- Dificuldade de acesso ao crédito bancário;
- Baixa qualidade de matéria-prima;
- Alto custo de transporte;
- Falta de capital de giro;
- Falta de entrosamento entre os exportadores;
- Falta de garantia no abastecimento contínuo de matéria-prima.

Nos próximos anos, o fator que deverá influenciar bastante as exportações de madeira tropical estará relacionado às exigências de qualidade ecológica. A madeira deve ser de origem sustentada.

As espécies exportadas são samaúma, virola, copaíba e muiratinga, na forma de laminados e compensados. Como madeira serrada têm-se as tradicionais participação do mogno, do cedro e até recentemente da virola. Os maiores compradores de madeira serrada são os Estados Unidos, Reino Unido e o Oriente Médio.

3.10. Sustentabilidade

O manejo sustentado, nada mais é do que a garantia de produção permanente de madeira da floresta tropical, permitindo-se a exploração de um volume compatível com o incremento volumétrico dessa mesma floresta e possibilitando a sua recuperação da exploração passada.

Segundo HIGUCHI (1992), não há um modelo específico de manejo para as indústrias madeireiras do Estado do Amazonas e a tendência atual é a da diversificação de produtos para que a sustentabilidade seja mais facilmente alcançada.

O ciclo de corte é estimado, por vários pesquisadores, estar entre 20 e 25 anos mas é importante ressaltar que este ciclo de corte mencionado não corresponde à quantidade de anos necessários, para que a muda se torne uma árvore adulta.

Entre os maiores beneficiários de um plano de manejo com base sustentada, destaca-se entre outros a indústria madeireira, pelo fato do processo garantir o suprimento de madeira a longo prazo. Por outro lado, somente uma indústria bem adaptada à floresta e eficiente no uso da madeira pode viabilizar um plano de manejo.

Nesse sentido torna-se interessante citar, como ilustração, o valor da madeira em pé na floresta. No Estado de São Paulo, a madeira de

eucalipto para celulose com um diâmetro de 15 cm, e com 7 anos de idade, vale US\$ 15,00 / m³, enquanto que as madeiras tropicais na Amazônia, excluindo-se o Mogno e a Cerejeira, com muito maior idade e diâmetros superiores a 40 cm, são vendidas para as serraria por apenas US\$ 4,00 / m³, ou menos.

Esta é uma das principais razões para que o manejo sustentado de florestas não seja economicamente atrativo. Com valores tão ínfimos não é possível financiar um manejo adequado da floresta.

Num experimento instalado em blocos ao acaso numa área de floresta tropical em que foram testados os seguintes tratamentos: 1) Corte raso; 2) Corte com todas as árvores com DAP \geq 45 cm; 3) Corte de todas as árvores com DAP entre 20 e 60 cm e 4) Testemunha; GARCIA (1990) concluiu que 4 anos de observação é um tempo muito curto, para preverem-se as possíveis mudanças que possam vir a ocorrer nas parcelas experimentais.

Os ensaios de manejo florestal existentes na Amazônia são na sua maioria, de acordo com BATISTA (1989), variações ou adaptações específicas dos sistemas propostos por SMITH (1962).

SMITH (1962) agrupou os sistemas silviculturais em quatro métodos, chamando-os de: a) Método de corte raso; b) Método da árvore portasemente; c) Método do abrigo temporário e d) Método seletivo.

YARED *et al.* (1988), afirmam que os conhecimentos disponíveis para o manejo da floresta para a produção sustentada estão ainda

aquém das exigências envolvidas.

DIAS (1988), relembra que não se pode generalizar sistemas de manejo de florestas tropicais tendo em vista a diversidade de situações existentes.

FEARNSIDE (1988), afirma que não há, atualmente, nenhum sistema de manejo florestal sustentado operando em escala comercial em terras baixas da Amazônia e que o desenvolvimento de sistemas experimentais é incipiente quando comparados com os programas de ensaio existentes na Ásia e África.

As florestas pluviais tropicais representam um importante recurso natural que precisa ser utilizado para promover o desenvolvimento das nações subdesenvolvidas (BUDOWSKI, 1984). Entretanto, o seu ecossistema é mais complexo do mundo (RANKIN, 1979), tornando o seu uso auto-sustentado muito difícil.

RANKIM (1985), citado por VIANA (1987), entende que uma das razões da não existência de informações básicas sobre a capacidade e possibilidade de regeneração e manejo das florestas tropicais e sub-tropicais, é o fato de que os inventários realizados anteriormente pelo RADAM e IBDF, em área de florestas naturais do BRASIL, limitaram-se aos levantamentos estatísticos de volume de madeira e a descrição das comunidades florestais.

A abordagem demográfica utilizada por SARUKHAN (1976, 1980) e HARTSHORN (1975), no estudo de populações de espécies arbóreas

tropicais, pode auxiliar no manejo das florestas tropicais, respondendo questões como: qual o impacto da retirada das árvores de maior diâmetro sobre a estrutura e sobrevivência das populações arbóreas? quais as fases de crescimento mais críticas à sobrevivência dessas populações? seria possível estabelecer os diâmetros mínimo e máximo para a exploração florestal de modo a reduzir o impacto sobre a estrutura e regeneração das populações arbóreas?

Infelizmente, as informações não são suficientes para dar suporte consistente a essa abordagem.

HOMMA *et al.* (1994), concluíram que os agentes econômicos locais (proprietários de terras, extratores de madeira, donos de serrarias e exportadores) buscam apenas a maximização de seus lucros, dando pouca importância à exploração a longo prazo.

A implantação de um manejo sustentado conta com muitas dificuldades, que terão que ser sanadas, para que este se torne viável. A longo prazo, será inevitável o plantio de espécies nativas que com o seu esgotamento nas áreas de acesso mais fácil, poderá se revelar competitivo.

Segundo o IMAZON (1996), embora as projeções e estimativas revelem que o manejo da floresta para a produção de madeira possa ser bom para a paisagem, para a população regional e também para a indústria a longo prazo, existem três impedimentos logísticos ao manejo:

1) Há pouco conhecimento ou experiência em manejo e, sem assistência técnica,

as tentativas de manejo poderão ser mal conduzidas e poderão até causar danos;

- 2) Os retornos nos investimentos em manejo não são atualmente atrativos quando comparados com outras opções de investimentos;
- 3) A floresta virgem é barata e portanto, ao invés de investir US\$ 180,00 / ha em manejo durante 35 anos, o madeireiro que necessita de madeira em tora, pode extrair imediatamente por US\$ 120,00 / ha na floresta virgem.

Para promover, efetivamente, o manejo na floresta amazônica, devem ser adotadas as seguintes resoluções:

- Obrigar, de forma legal, o manejo florestal;
- Repassar para a comunidade o aumento de 7% no preço do produto a título de imposto ecológico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se, na presente pesquisa, as 15 espécies de madeiras tropicais relacionadas na Tabela 4, provenientes das regiões ZF-2 (área de reserva da Zona Franca), BR-174 (Manaus-Caracarái), e do Alto Purus, todas elas no Estado do Amazonas, tendo sido obtida uma amostra mínima de 12 toras por espécie. Ressalta-se que esta amostra mínima foi limitada pela disponibilidade de material e pela capacidade de desdobro da serraria no tempo dedicado às medições.

Estas espécies são as mais frequentes na região amazônica e as mais comercializadas no mercado nacional, sendo que algumas delas já estão sendo comercializadas inclusive no mercado internacional.

Os trabalhos de coleta de dados foram realizados na serraria do Centro de Pesquisa de Produtos Florestais (CPPF - INPA), e numa serraria comercial, ambas localizadas em Manaus.

Tabela 4. Espécies tropicais estudadas e respectivas amostragens.

Nome vulgar	Nome científico	Número de toras
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	12
Assacu	<i>Hura crepitans</i>	18
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i>	13
Cedroarana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	14
Cupiúba	<i>Goupia glabia</i>	12
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i>	14
Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i>	19
Louro gamela	<i>Nectandra rubra</i>	14
Mandioqueira lisa	<i>Qualea</i> sp	14
Massaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	12
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	13
Pau rainha	<i>Brosimum rubescens</i>	13
Piquiá marfim	<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	13
Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	13
Sucupira amarela	<i>Enterolobium shomburgkii</i>	12
TOTAL		206

4.1. Especificações dos equipamentos utilizados

- a) Serra fita de desdobro: vertical direita com 1,45 m de diâmetro dos volantes, equipada com carro porta-toras de até 7 metros de comprimento e até de 7 toneladas de peso.
- b) Canteadeira múltipla com 3 serras circulares e capacidade de corte de até 0,07 m de altura e 0,80 m de largura.
- c) Serra destopadeira tipo pêndulo com capacidade de corte de até 0,65 m de largura e 0,10 m de espessura.

d) Resserra de fita com 1,20 m de diâmetro do volante

As variáveis relacionadas à serra de fita (lâmina) e mostradas na Tabela 5, são as comumente utilizadas na região e embora tenham efetivamente uma grande importância na qualidade da madeira serrada e eficiência das serrarias, não foram estudadas no presente trabalho.

Tabela 5. Especificações técnicas das variáveis relacionadas à serra de fita.

Espécie	Largura da lâmina (pol)	Espessura da lâmina (mm)	Tipo de dente	Passo do dente (mm)	Espessura do recalque (mm)	Velocidade de avanço da tora (m/min)	Velocidade angular do volante (rpm)
Andiroba	7½	1,47	B. p	50	3,44	16	380
Assacu	7	1,47	C. reta	55	3,62	18	380
Cardeiro	6	1,47	C. reta	50	3,60	18	380
Cupiúba	7	1,47	C. reta	55	3,62	18	380
Guariúba	8	1,47	B. p	45	3,00	13	320
Jacareúba	7	1,47	B. p	50	3,40	15	380
Mandioqueira lisa	7	1,47	B. p	45	2,90	13	320
Massaranduba	8	1,47	B. p	45	2,72	14	320
Muiracatiara	8	1,47	B. p	45	2,94	14	320
Pau rainha	8	1,47	B. p	45	2,72	14	320

C. reta = Costa reta

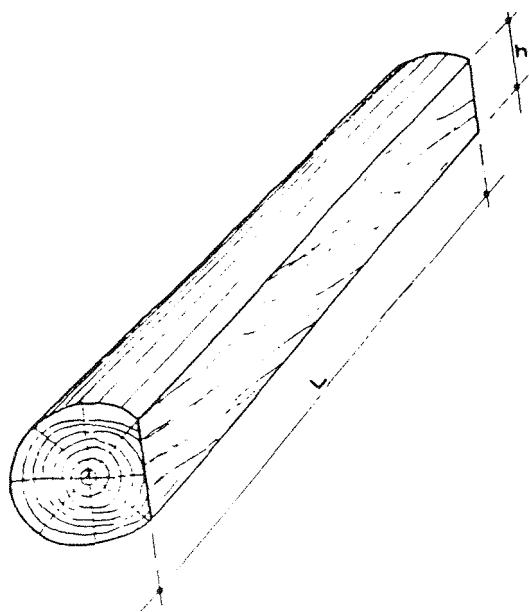
B. p = Bico de papagaio

4.2. Especificações das variáveis relacionadas às toras

No desdobro das toras em vigas (> 4 cm de espessura e 11 a 20 cm de largura), pernamancas (5 cm de espessura x 7,5 cm de largura), tábuas (1 a 4 cm de espessura e largura > 10 cm), ripões (2,5 cm de espessura e 7,5 cm de

largura) e ripas (< 2 cm de espessura e 2 a 10 cm de largura), coletaram-se os seguintes dados básicos:

- Diâmetro nas duas extremidades e comprimento da tora;
- Superfície efetivamente cortada (Sc) em cada corte como mostra a Figura 1;
- Tempo (T) no corte da superfície (Sc);
- Dimensões da seção transversal (a , b) e comprimento (c) de cada peça serrada.



h = altura

L = comprimento da tora

Sc = superfície de corte

$$Sc = h \times L$$

Figura 1. Superfície efetivamente cortada em cada corte (Sc).

A Figura 2 mostra um modelo de ficha de campo onde observam-se as variáveis relacionadas numa ordem conveniente.

FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS								
CÓDIGO DA ESPÉCIE: <u>Jacareúba</u>								
TORA: d (cm) = <u>65</u>			VT (m ³) = <u>1,43</u>					
D (cm) = <u>70</u>			VMS (m ³) = <u>0,80</u>					
L (m) = <u>4,00</u>			RMS (m ³) = <u>55,71</u>					
Sc	Tempo de corte (s)	Dimensões das Peças Serradas			N ^o de peças			
		H (cm)	a (cm)	b (cm)	c (m)	1 ^a	2 ^a	3 ^a
20	22		20	5	4	18		
30			10	5	4		2	
40	46		5	5	4			4
21								
47								
30								
41	50							
19								
22								
22								
22								
20								
22								
22								
22								
22								
22								
Obs.: <u>Tora isenta de defeitos</u>					Condições Trabalhabilidade			
					no desdobro		no beneficiamento	
					Fácil	(X)	Lisa	(X)
					Média	()	Aspera	()
				Difícil	()			

Figura 2. Modelo de ficha de campo mostrando as variáveis medidas.

4.3. Tratamento básico dos dados

A partir, destes dados básicos foram obtidas as seguintes variáveis de estudo:

- a) Diâmetro médio da tora;
- b) Conicidade da tora (C), calculada pela equação 1

$$C = \frac{D - d}{L} \quad (1)$$

onde: D = diâmetro máximo da tora;

d = diâmetro mínimo da tora;

L = comprimento da tora.

- c) Volume da tora (VT), calculada pela equação 2.

$$VT = \frac{\pi}{8} (D^2 + d^2) L \quad (2)$$

- d) Volume de madeira serrada (VMS), calculado pela equação 3.

$$VMS = \sum_{i=1}^n a_i b_i c_i \quad (3)$$

onde: n = número de peças serrada, dimensões comerciais obtidos de cada tora;

ai, bi, ci = dimensões das peças serradas.

- e) Rendimento em madeira serrada (RMS), calculado pela equação 4.

$$RMS = \frac{VMS}{VT} \times 100 \quad (\%) \quad (4)$$

Quando as peças serradas têm o mesmo comprimento da tora, isto é, $c_i = L$, entre o rendimento em madeira serrada da Eq. 4 pode ser obtido por uma simples relação de áreas como mostra a Eq. 5

$$\text{RMS} = \frac{\text{SMS}}{\text{ST}} \times 100 \quad (5)$$

onde: SMS = área transversal total da madeira serrada

ST = área da seção transversal da tora

f) Grau de dificuldade de corte (GDC), calculado pela equação 6.

$$\text{GDC} = \frac{T}{S_c} \quad (\text{s} / \text{m}^2) \quad (6)$$

A partir das Equação (4) pode ser obtida facilmente a Equação (7), abaixo, a qual só pode ser utilizada para os casos em que as toras têm o mesmo comprimento daquelas que deram origem aos valores do rendimento de madeira serrada.

$$\text{VMS} = \text{VT} \frac{\text{RMS}}{100} \quad (7)$$

Para os casos gerais, deduziu-se a Equação (8), abaixo, a partir da qual, obtiveram-se todas as estimativas necessárias do volume de madeira serrada estocado na floresta. Observa-se que esta equação é exatamente igual à anterior, acrescida apenas do fator de correção do comprimento.

$$\text{VMS} = \text{VT} \frac{\text{RMS}}{100} \left(\frac{d^2 + D_4^2}{d^2 + D_L^2} \right) \quad (8)$$

onde: D_L = diâmetro da tora de comprimento L qualquer na sua extremidade mais grossa.

As diversas relações existentes entre as diversas variáveis, foram observadas através de ajustes de curvas nas das seguintes correlações:

- a) Rendimento em madeira serrada x diâmetro mínimo da tora
 - a.1) Utilizando-se os dados individuais dentro de cada espécie.
- b) Rendimento em madeira serrada x diâmetro médio da tora
 - b.1) Utilizando-se apenas as médias das espécies
- c) Rendimento em madeira serrada x conicidade das toras
 - c.1) Utilizando-se os dados individuais dentro de cada espécie.
- d) Rendimento em madeira serrada x densidade básica média da espécie
 - d.1) Utilizando-se os dados individuais dentro de cada espécie.
- e) Grau de dificuldade de corte x densidade básica
 - e.1) Utilizando-se apenas as médias das espécies

4. 4. Estudo de técnicas de desdobro

O objetivo principal desta etapa foi o estudo de uma alternativa nova de desdobro, a ser chamada de técnica II com algumas regulagens específicas dos equipamentos e principalmente com acompanhamento constante de um Engenheiro, comparada ao método tradicional de desdobro da região a ser chamada de técnica I.

Foram utilizadas 4 toras, de Cedroarana, 3 toras de Jacareúba e

4 toras de Louro gamela, as quais foram classificadas como de 1ª qualidade e com diâmetros variando de 60 a 80 cm. Estas três espécies foram escolhidas em consequência da grande disponibilidade nas serrarias, uma vez que são muito frequentes na floresta amazônica.

Para cada repetição foram tomados dois diâmetros idênticos sendo aleatoriamente serrado um deles segundo a técnica I e o outro segundo a técnica II.

A Tabela 6 abaixo mostra as principais diferenças entre as duas técnicas.

Tabela 6. Especificações das técnicas de desdobro I e II.

Especificações	Técnica I (Fig. 3)	Técnica II (Fig. 4)
Tamanho da lâmina	8" x 1,47 mm x 12 m	8" x 1,30 mm x 12 m
Tipo de dente	fundo reto e costa reta	bico de papagaio
Recalque	3,62 mm	2,00 mm
Passo do dente	45 mm	45 mm
Ângulo do dente	19°	22°
Tensão na lâmina	fraca	média
Velocidade de avanço	14 m/min	16 m/min
Rotação do volante	320 rpm	320 rpm

Todas as toras foram, quer na Técnica I ou na Técnica II, processadas de tal forma a produzir o maior rendimento e portanto foram obtidas peças serradas de diversas bitolas como mostram as Figuras 3 e 4.

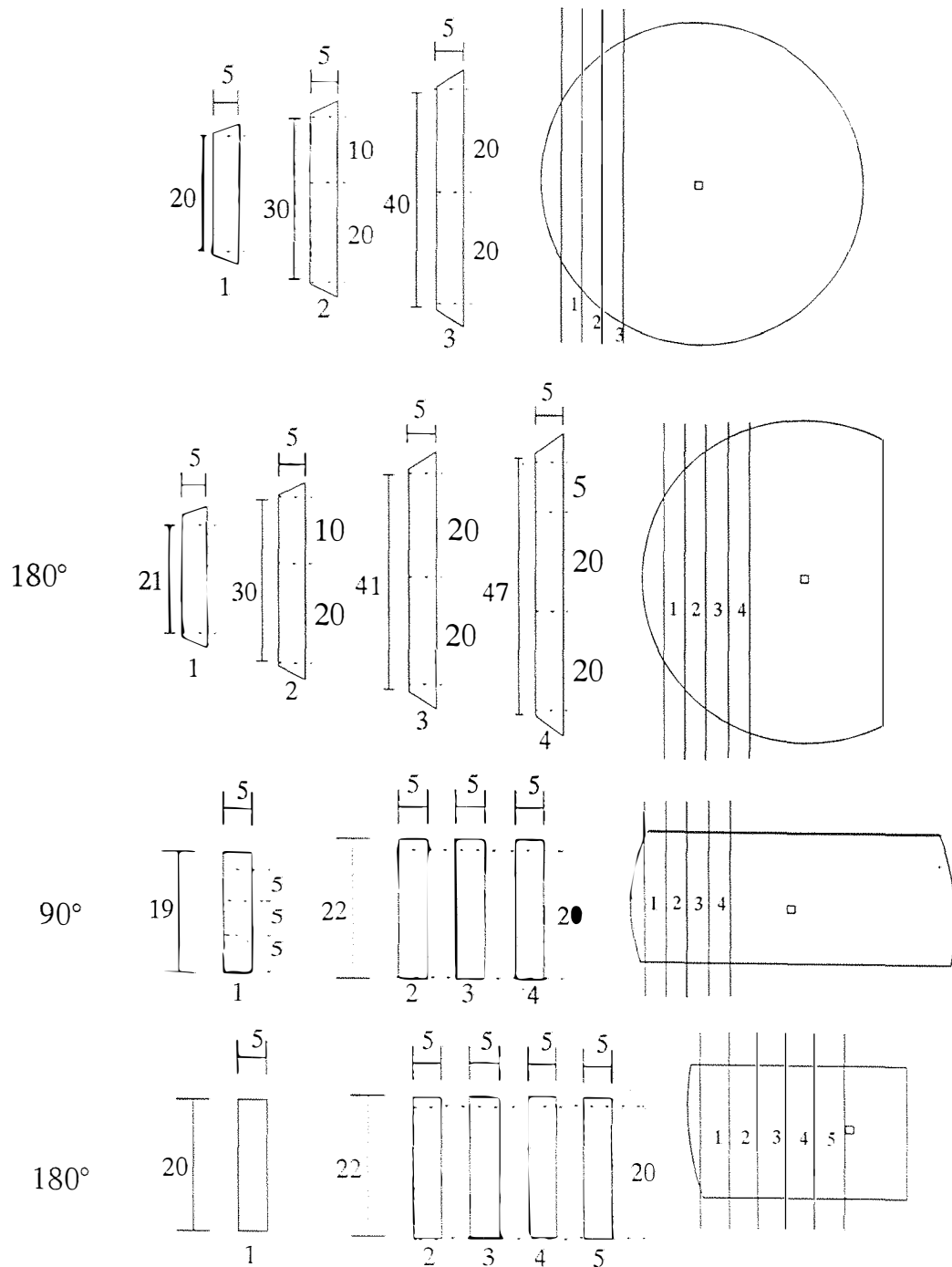


Figura 3. Técnica de desdobro I (convencional) caracterizada por rotações sucessivas de 180° , 90° e 180° .

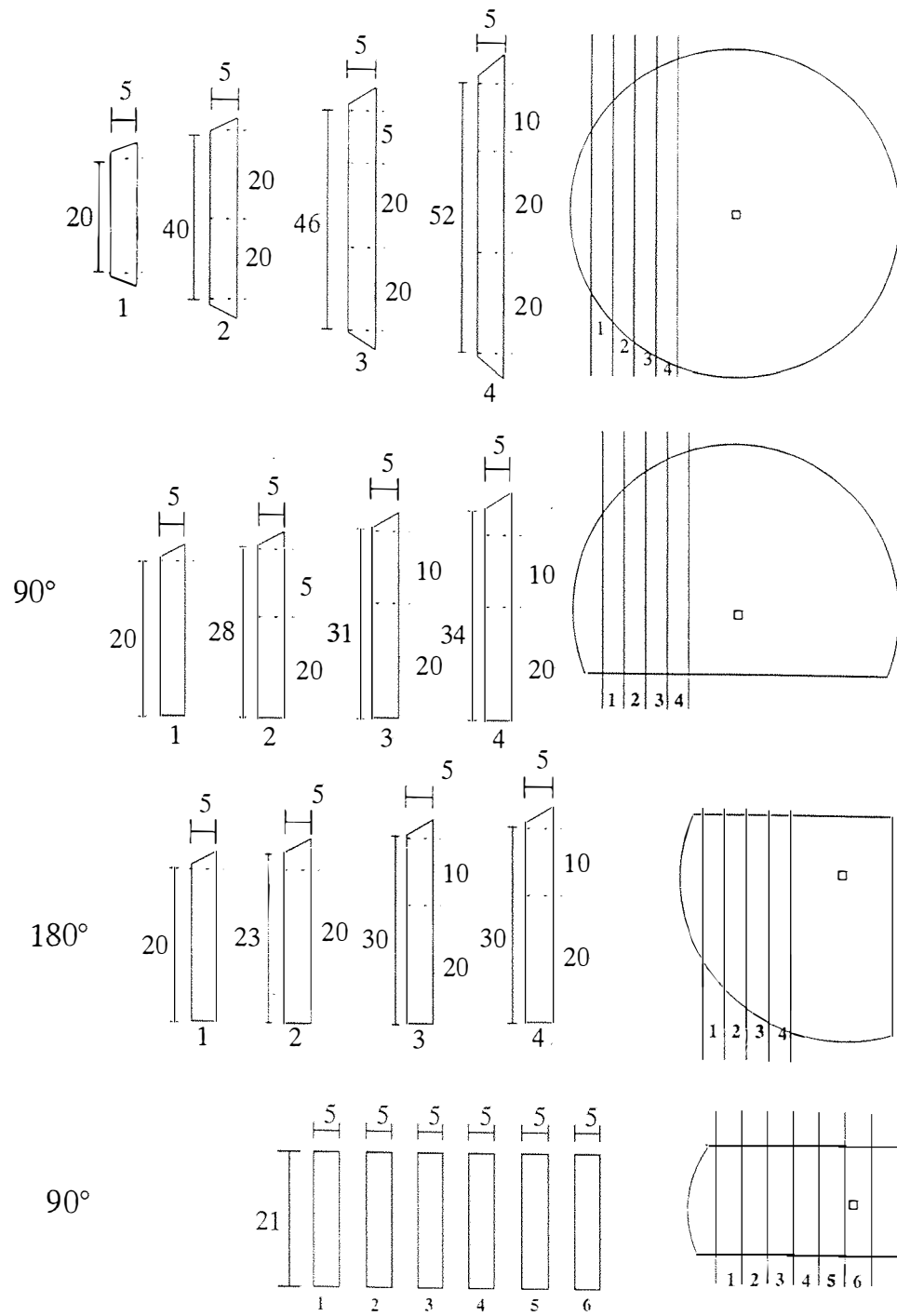


Figura 4. Técnica de desdobro II (alternativa), caracterizada por rotações sucessivas de 90°, 180° e 90°.

Entretanto, todas as peças serradas foram obrigatoriamente do mesmo comprimento da tora. Ressalta-se que, em geral, menores comprimentos produzem maior rendimento mas devem ser obviamente condicionado ao uso final da madeira serrada. Entretanto podem ser limitados por imposições dos equipamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 7 reúne os dados obtidos simplificada em termos de média como é, na maioria dos casos, a forma como o assunto é tratado na região.

O rendimento de madeira serrada (\overline{RMS}) foi calculado tomando-se a tora como um cilindro de diâmetro igual ao seu diâmetro médio.

Dessa forma procurou-se criar uma referência conhecida para servir de base de comparação da nova metodologia.

Observa-se na Tabela 7 que o \overline{RMS} das diversas espécies variou de 48,50 %, caso do Cardeiro a 59,83 %, caso da Cedroarana e a média foi de 53,20 % portanto muito próximo dos 50 % utilizado na prática das serrarias da região. Entretanto observou-se que existem diferenças significativas entre as médias das espécies, as quais devem ser consideradas, mas a Figura 5 demonstra que o diâmetro médio é uma fonte de variabilidade e que portanto pode estar favorecendo espécies que ocorrem naturalmente com maiores diâmetros. Observa-se na Tabela 7 que, de fato, a Cedroarana tem maior diâmetro médio e a Muiracatiara tem menor diâmetro médio.

Tabela 7. Médias das variáveis das 15 espécies estudadas ordenadas pelo $\overline{\text{RMS}}$.

Espécie	n ^o toras	Diâmetro (cm)		Diâmetro Médio (cm)	$\overline{\text{RMS}}$ (%)	Db (g/cm ³)	GDC (s/m ²)
		mín.	máx.				
Cedroarana <i>Cedrelinga catenaeformis</i>	14	70,36	72,00	71,18	59,83	0,47	37,5
Louro gamela <i>Nectandra rubra</i>	14	60,50	63,71	62,11	58,26	0,52	25,1
Assacu <i>Hura crepitans</i>	18	54,39	54,50	54,45	56,91	0,38	22,2
Pau rainha <i>Brosimum rubescens</i>	13	58,15	59,54	58,84	55,81	0,94	49,6
Jacareúba <i>Calophyllum brasiliense</i>	19	56,58	58,16	57,37	54,54	0,62	28,4
Cupiúba <i>Goupia glabia</i>	12	54,08	56,50	55,28	54,50	0,69	38,5
Massaranduba <i>Manilkara huberi</i>	12	54,00	55,92	54,96	53,37	0,94	45,8
Mandioqueira lisa <i>Qualea sp</i>	14	58,79	61,50	60,15	52,83	0,66	33,8
Piquiarana <i>Caryocar glabrum</i>	13	59,08	62,85	60,96	52,73	0,81	38,2
Guariúba <i>Clarisia racemosa</i>	14	49,64	52,79	51,21	51,45	0,59	36,1
Piquiá marfim <i>Aspidosperma obscurinervium</i>	13	50,23	51,62	50,92	50,30	0,80	33,2
Muiracatiara <i>Astronium lecointei</i>	13	47,08	49,62	48,35	49,97	0,90	36,0
Sucupira amarela <i>Enterolobium shomburgkii</i>	12	49,08	52,25	50,66	49,58	0,68	44,0
Andiroba <i>Carapa guianensis</i>	12	48,17	48,75	48,46	49,54	0,46	33,7
Cardeiro <i>Scleronema micranthum</i>	13	49,77	53,69	51,73	48,50	0,59	33,0
MÉDIA	14	54,65	56,88	55,77	53,20	0,67	35,67

As demais variáveis desta tabela podem ser observadas diretamente nas Figuras 6 e 7 sendo muito fácil verificar na primeira que a densidade básica influencia negativamente no rendimento de madeira serrada e na segunda, que como era de esperar-se, a densidade básica influencia direta e

fortemente o GDC e portanto também de maneira direta na eficiência da serraria.

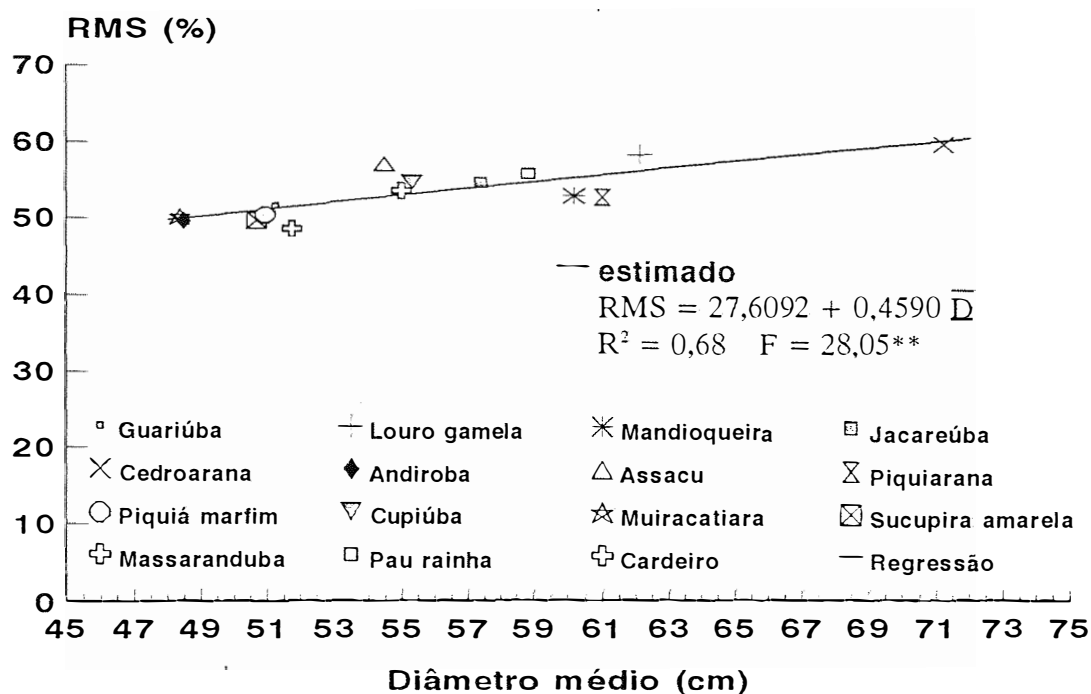


Figura 5. Relação entre rendimento em madeira serrada e diâmetro médio.

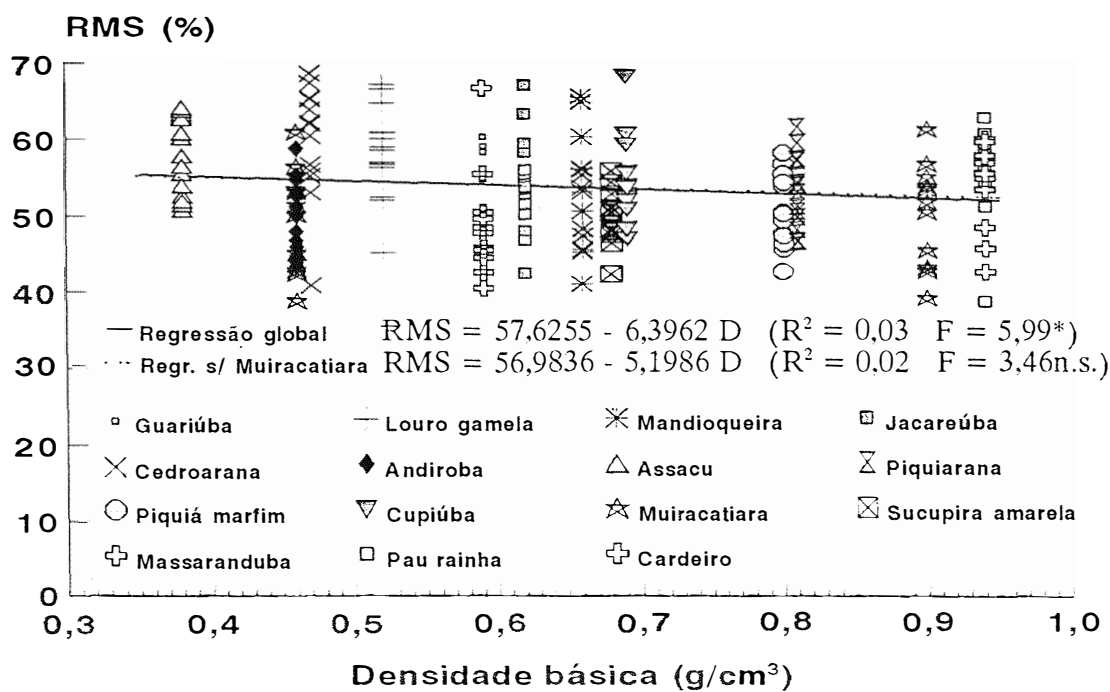


Figura 6. Relação entre rendimento em madeira serrada e densidade básica.

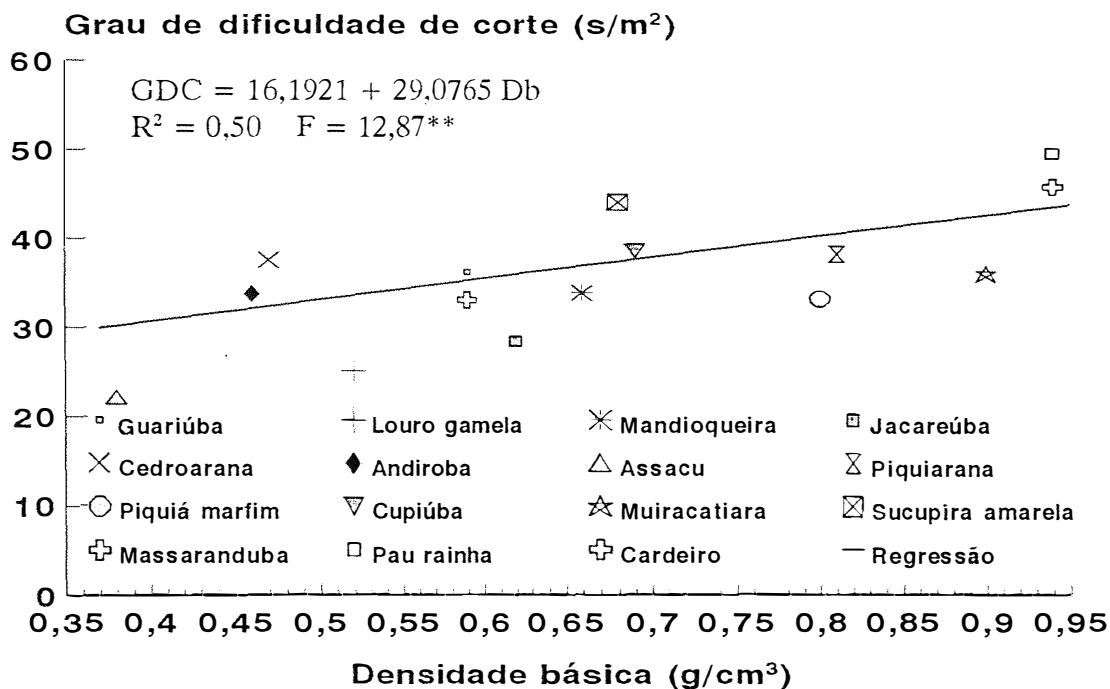


Figura 7. Relação entre grau de dificuldade de corte e densidade básica.

A maior massa de material lenhoso inerente às espécies densas oferece, evidentemente, uma maior resistência ao corte provocando a diminuição da velocidade de avanço da tora e conseqüentemente aumentando o tempo de seu processamento. A Figura 7 mostra claramente o comportamento de cada espécie quanto ao GDC, mostrando variação de 22,2 a 49,6 s/m^2 .

Entretanto a influência da Db no \overline{RMS} é, do ponto de vista geométrico, inexplicável mas verificou-se que a causa da correlação entre RMS e Db foi devido à espécie Muiracatiara e/ou Cedroarana. A primeira porque é bastante densa e apresenta normalmente baixo rendimento em madeira serrada em

virtude da grande frequência de nós nas faces serradas e a segunda porque tem baixa densidade, e como já comentado anteriormente, apresentou alto rendimento devido ao seu relativamente grande diâmetro. A Figura 6 mostra também a relação entre o RMS e a Db quando apenas a Muracatiara é excluída da análise.

Este fato é, às vezes agravado quando espécies densas como o Pau rainha e a Massaranduba são desdobradas em peças de dimensões especiais, como por exemplo, peças estruturais de pontes. Portanto esta queda do $\overline{\text{RMS}}$ não pode ser atribuído à Db.

A Figura 8 mostra que no caso das espécies amazônicas a conicidade não é um fator muito importante na variabilidade do rendimento em madeira serrada. Isto se deve ao fato de que a maioria das toras apresenta praticamente a mesma conicidade.

Entretanto será visto adiante que a conicidade das árvores amazônicas não é tão pequena como se pensa.

A nova metodologia proposta a seguir foi elaborada de forma a ligar os conhecimentos da silvicultura aos da tecnologia e dessa forma retroalimentar a silvicultura com os indicadores que realmente têm grande importância no planejamento de serrarias na região Amazônica.

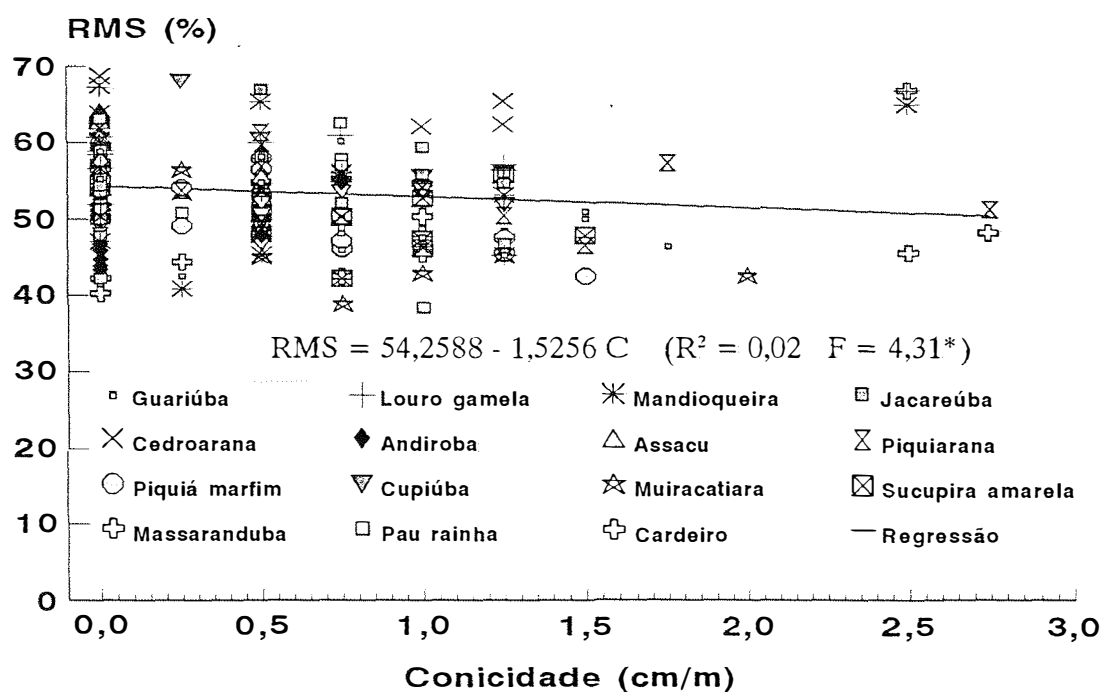


Figura 8. Relação entre rendimento de madeira serrada e conicidade.

A Figura 9 mostra a influência do diâmetro mínimo das toras no rendimento em madeira serrada no caso geral em que o comprimento das peças serradas devam ter o mesmo comprimento da tora. O comportamento global, esperado, é o do aumento do rendimento em madeira serrada com o aumento do diâmetro mínimo da tora.

Entretanto, observa-se nesta figura uma grande variabilidade do rendimento em madeira serrada, fato este que comprova a necessidade de um melhor planejamento da produção de madeira serrada na serraria.

Pode-se observar claramente que é comum o fato de serem obtidos rendimentos diferentes mesmo que seja para toras de mesmos diâmetros e de mesma espécie.

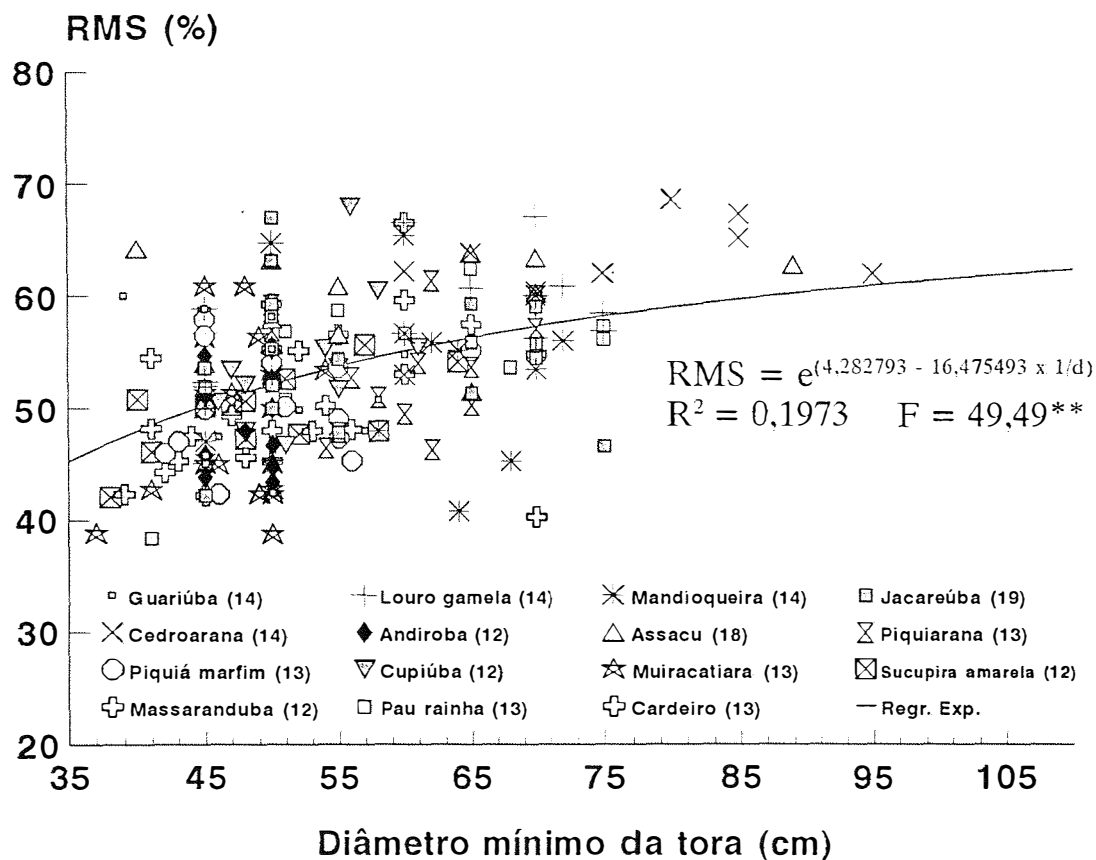


Figura 9. Relação entre rendimento em madeira serrada (RMS) e diâmetro mínimo, confundindo-se as 15 espécies estudadas.

Verificou-se na análise individual de cada espécie, como mostra a Figura 10 a 12 que cada uma apresenta um comportamento particular mas a espécie não é a causa da variação total observada na Figura 9.

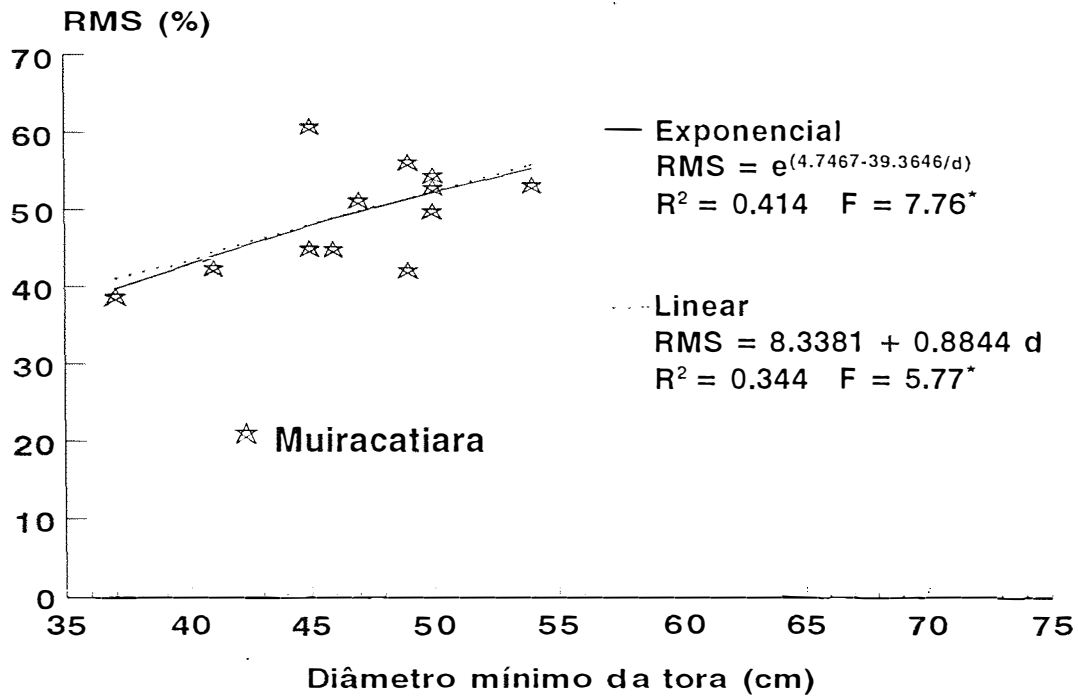


Figura 10. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Muiracatiara em relação ao seu diâmetro mínimo.

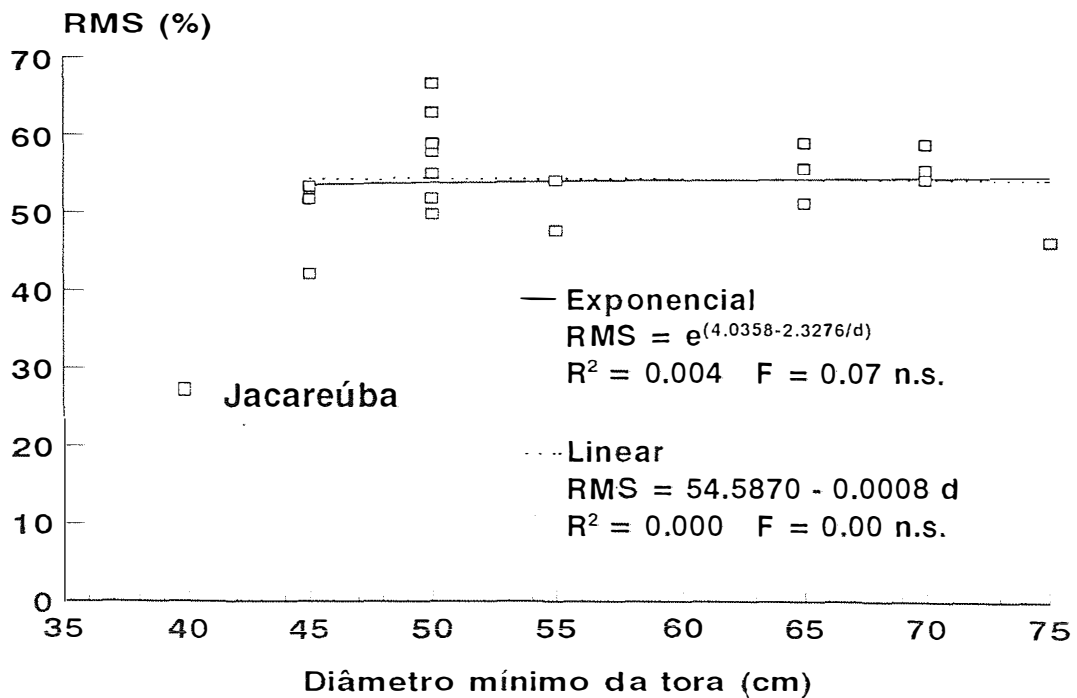


Figura 11. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Jacareúba em relação ao seu diâmetro mínimo.

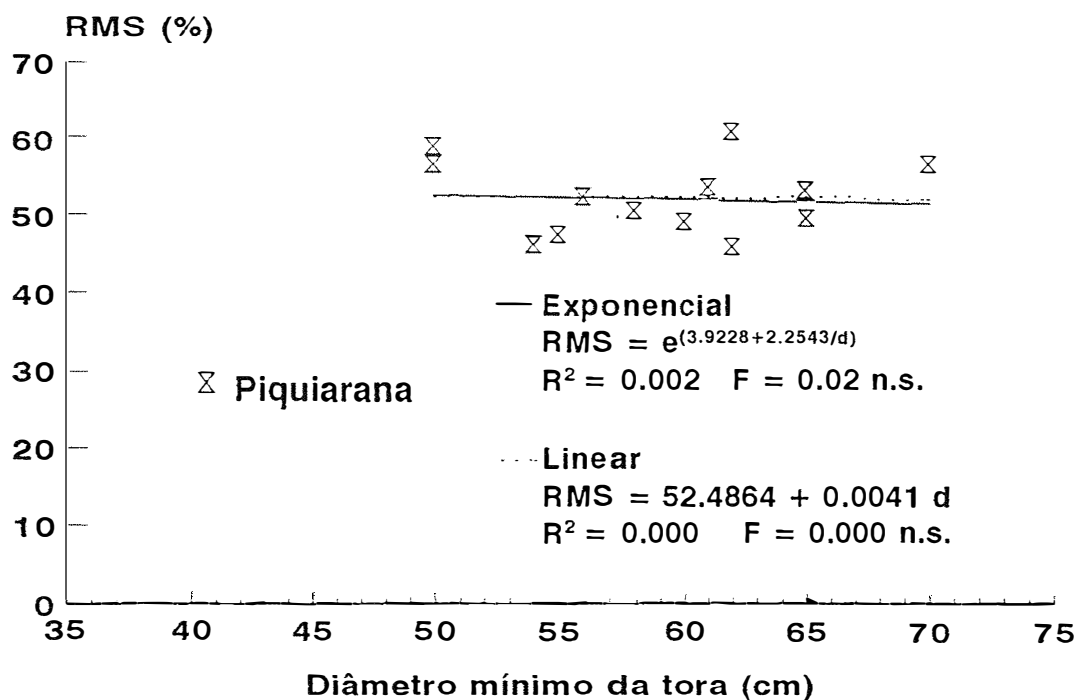


Figura 12. Rendimento de madeira serrada (RMS) da Piquiarana em relação ao seu diâmetro mínimo.

A Muiracatiara, por exemplo, apresenta dados de rendimentos muito dependentes do diâmetro. Por outro lado a Jacareúba não apresenta nenhuma dependência do diâmetro, mas com grande variabilidade dentro de cada um e há também o caso do grupo da Piquiarana que não apresenta correlação alguma entre o RMS e o diâmetro mínimo da tora, mas apresenta igualmente grande dispersão dos dados em relação à média.

Depreende-se portanto que a grande fonte de variação do RMS é a falta de planejamento das operações de desdobro em virtude de uma mão de obra despreparada.

Verificou-se também que a classe de qualidade da tora, é um fator muito importante, mas não pode ser quantificado neste trabalho em virtude da dificuldade de obtenção de parâmetros não subjetivos.

De qualquer maneira, a Figura 9 expressa uma realidade do setor madeireiro da região amazônica e portanto a Equação 9 será, em prol da generalidade, utilizadas nas prognoses efetuadas adiante.

$$\text{RMS} = e^{\left(4,2828 - \frac{16,4755}{d}\right)} \quad (9)$$

É interessante observar-se nas Figuras 10 a 12 que a regressão linear ajusta-se perfeitamente à predição do RMS em função do diâmetro mínimo dentro de cada espécie.

A Tabela 8 mostra os parâmetros estimados da Equação 9 bem como os seus respectivos desvio padrão para as 15 espécies estudadas.

A Figura 13 mostra o rendimento em madeira serrada da Figura 9, desdobrado em rendimentos de madeira serrada parciais para cada uma das três principais classes de qualidade.

Tabela 8. Parâmetro das equações exponencial e linear para as 15 espécies estudadas.

Espécie	RMS = $e^{\left(a + \frac{b}{d}\right)}$		RMS = a + b d	
	a	b	a	b
Cedroarana	4,4898 (±0,23)	-27,9097 (±15,9)	38,9687 (±11,2)	0,2966 (±0,16)
Louro gamela	4,3147 (±0,12)	-14,8028 (±7,06)	45,0357 (±7,81)	0,2186 (±0,13)
Assacu	4,2506 (±0,10)	-11,0976 (±5,29)	46,2829 (±4,88)	0,1954 (±0,09)
Pau rainha	4,3318 (±0,15)	-17,7099 (±8,65)	42,8591 (±8,32)	0,2226 (±0,14)
Jacaréuba	4,0358 (±0,16)	-2,3276 (±8,68)	54,5870 (±54,6)	-0,0008 (±0,14)
Cupiúba	4,5073 (±0,22)	-27,4306 (±11,9)	29,3739 (±12,2)	0,4645 (±0,22)
Massaranduba	4,2756 (±0,21)	-16,0358 (±10,8)	38,5726 (±10,2)	0,2741 (±0,18)
Mandioqueira lisa	4,1007 (±0,22)	-8,1476 (±12,4)	45,8917 (±12,4)	0,1179 (±0,21)
Piquiarana	3,9228 (±0,27)	2,2543 (±15,6)	52,4864 (±14,4)	0,0041 (±0,24)
Guariúba	3,8115 (±0,29)	6,0244 (±13,9)	56,5736 (±14,7)	-0,1033 (±0,30)
Piquiá marfim	4,0303 (±0,23)	-5,7591 (±11,1)	44,7517 (±10,7)	0,1104 (±0,21)
Muiracatiara	4,7467 (±0,30)	-39,3646 (±14,1)	8,3381 (±17,4)	0,8844 (±0,37)
Sucupira amarela	4,2134 (±0,11)	-14,9869 (±5,57)	35,0536 (±5,76)	0,2959 (±0,12)
Andiroba	4,1325 (±0,61)	-11,2625 (±29,2)	36,6723 (±31,3)	0,2671 (±0,65)
Cardeiro	4,0912 (±0,23)	-10,5298 (±10,9)	40,2245 (±11,1)	0,1663 (±0,22)
Geral	4,2828 (±0,04)	-16,4755 (±2,33)	38,0311 (±2,16)	0,2803 (±0,04)

Observa-se na Figura 13 que os rendimentos em madeira serrada de 2^a e 3^a qualidade são relativamente baixos e não variam com o diâmetro mínimo da tora enquanto que o rendimento de madeira serrada de 1^a qualidade é mais elevado em relação aos outros dois anteriores, mas é muito sensível ao diâmetro mínimo.

Observa-se ainda nesta figura que a variabilidade é também muito grande em qualquer das três classes de qualidade, portanto é necessário aprimorar as operações de desdobro no sentido de aumentar-se ainda mais o

rendimento de madeira serrada de 1ª qualidade. As equações 10 a 12 serão utilizadas adiante para as estimativas dos volumes de madeira serrada respectivamente de 1ª, 2ª e 3ª qualidade.

$$\text{RMS } 1^{\text{a}} = e^{\left(3,7971 - \frac{20,5696}{d}\right)} \quad (10)$$

$$\text{RMS } 2^{\text{a}} = e^{\left(2,8874 - \frac{15,5963}{d}\right)} \quad (11)$$

$$\text{RMS } 3^{\text{a}} = e^{\left(1,8144 - \frac{2,6478}{d}\right)} \quad (12)$$

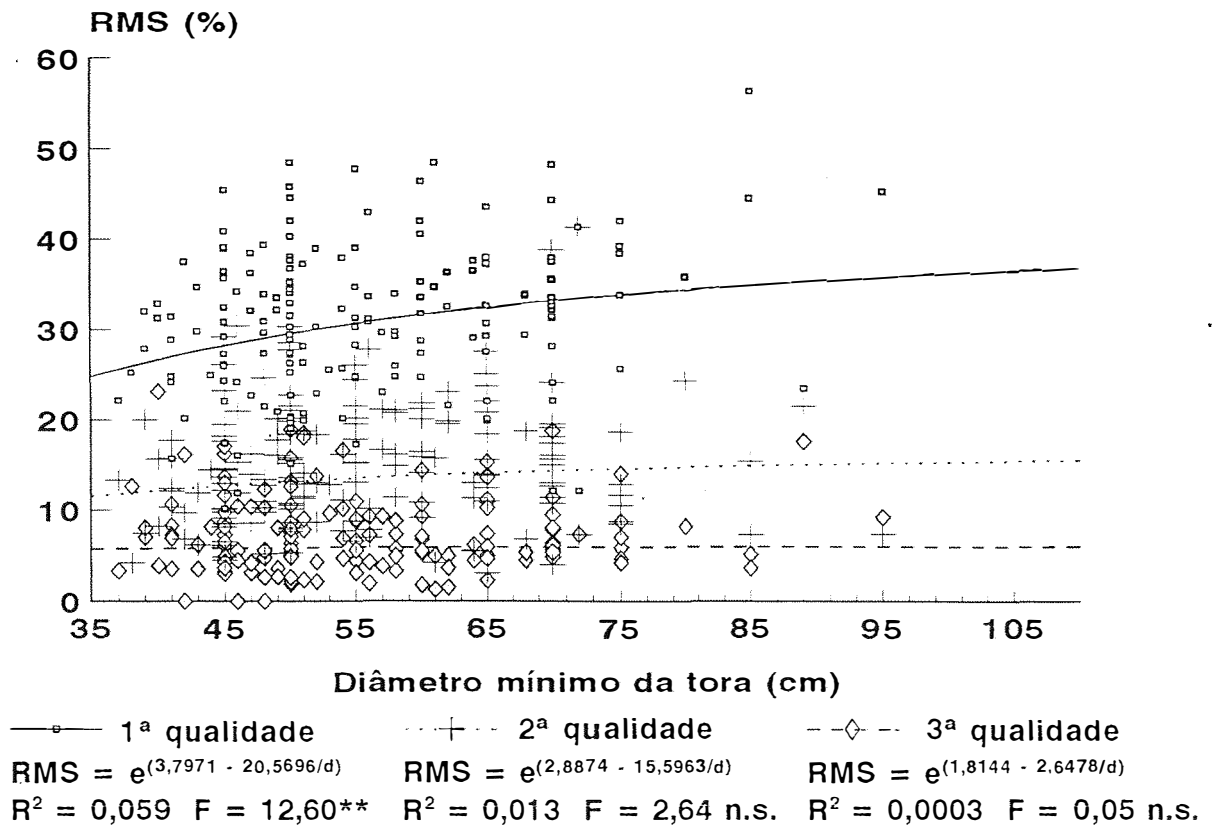


Figura 13. Rendimento de madeira serrada (RMS) de 1ª, 2ª e 3ª qualidade de todas as espécies em relação ao seu diâmetro mínimo.

A classe de qualidade da tora não foi avaliada, mas o diâmetro mínimo da tora é um fator que deve, necessariamente, ser considerado. Em princípio, não devem ser desdobradas toras de diâmetro inferior a 45 cm. Este valor será mais adiante utilizado, pela metodologia proposta para limitar o DAP comercial.

Tendo em vista a nova metodologia de unir a silvicultura tropical à tecnologia de processamento de espécies amazônicas em serraria utilizou-se a Figura 14, que mostra claramente a distribuição de DAP na floresta amazônica.

Observa-se nesta figura que a Floresta Amazônica apresenta muito baixa frequência de árvores grossas, estando a maior concentração de DAP no intervalo de 45 a 65 cm.

Esta figura dá uma idéia do potencial da floresta amazônica em termos de volume de madeira roliça mas não mostra o potencial desta floresta no que se refere à produção de madeira serrada.

Dessa forma elaborou-se um estudo da forma do fuste da árvore amazônica para que se possa chegar aos diâmetros máximos e mínimos das toras que são, como já visto anteriormente, variáveis de grande importância na produção de madeira serrada.

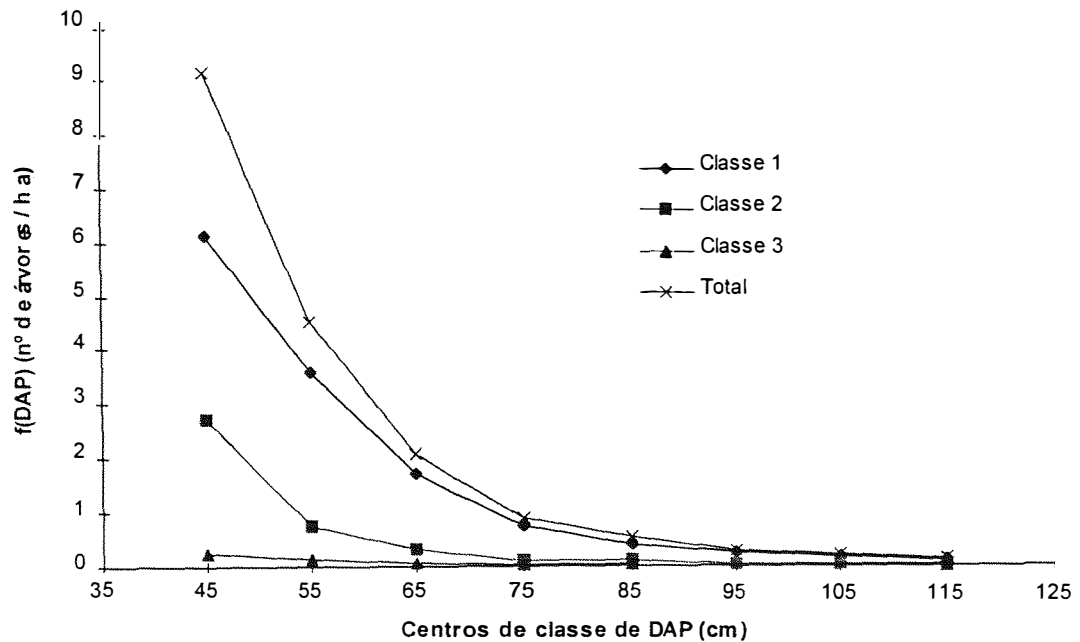


Figura 14. Frequências de DAP, $f(\text{DAP})$, média de 38 espécies comerciais, estimadas num segmento da Floresta Amazônica.

5.1. Volume de madeira roliça estocado numa unidade de Floresta Amazônica

Procurou-se colocar a forma da árvore amazônica como uma função exclusivamente dependente do seu DAP e de sua altura comercial (H_c).

Dessa forma obteve-se a partir de um ensaio de cubagem rigorosa efetuado para sete das 15 espécies estudadas a Equação (13) a qual fornece com boa aproximação o diâmetro da árvore para qualquer altura (h) desejada.

$$d = e^{(0,36524 + 0,16565 \ln(H_c - h) - 0,1949 \ln(H_c) + 0,90951 \ln(\text{DAP}))} \quad (13)$$

As Figuras 15 e 16 mostram a aplicação prática desta equação evidenciando de forma bastante clara a facilidade de obterem-se os diâmetros de toras de qualquer comprimento e em qualquer posição na árvore.

A Tabela 9 mostra os coeficientes das variáveis da Equação (13) na ordem em que eles aparecem nesta equação e também os valores de R^2 e F os quais mostram que as curvas são, de fato, bem estimadas.

Tabela 9. Parâmetros para cálculo da forma da árvore amazônica.

Espécie	Z	X	Y	W	R^2	F
Cardeiro	0,02433 ($\pm 1,43$)	0,16739 ($\pm 0,02$)	-0,09820 ($\pm 0,07$)	0,93274 ($\pm 0,36$)	0,730	24,3
Cupiúba	0,07687 ($\pm 0,63$)	0,25941 ($\pm 0,04$)	-0,17236 ($\pm 0,24$)	0,90448 ($\pm 0,08$)	0,877	54,4
Louro Gamela	-0,72453 ($\pm 1,68$)	0,16564 ($\pm 0,02$)	-0,05930 ($\pm 0,19$)	1,08590 ($\pm 0,29$)	0,886	72,9
Mandioqueira	-2,63102 ($\pm 0,74$)	0,13664 ($\pm 0,02$)	1,99917 ($\pm 0,39$)	0,25982 ($\pm 0,24$)	0,844	52,2
Massaranduba	0,06150 ($\pm 0,80$)	0,16773 ($\pm 0,02$)	-0,33647 ($\pm 0,20$)	1,07855 ($\pm 0,12$)	0,846	52,9
Muiracatiara	-0,34561 ($\pm 0,56$)	0,15986 ($\pm 0,02$)	0,14559 ($\pm 0,17$)	0,86102 ($\pm 0,06$)	0,915	103,9
Piquiá Marfim	-8,17340 ($\pm 1,87$)	0,16007 ($\pm 0,02$)	0,83244 ($\pm 0,25$)	2,39169 ($\pm 0,32$)	0,874	67,1
Equação geral	0,36524 ($\pm 0,14$)	0,16565 ($\pm 0,01$)	-0,19490 ($\pm 0,03$)	0,90951 ($\pm 0,03$)	0,844	392,4

Entretanto, em prol da generalidade, trabalhar-se-á com a Equação (13), tendo em vista a heterogeneidade da floresta amazônica e principalmente o interesse imediato de fazer-se uma avaliação global.

Dessa forma a aplicação da Equação (13), sobre os dados da Figura 14, fornece de maneira rápida o volume de toras disponíveis em cada hectare de uma fração da floresta amazônica e principalmente os diâmetros mínimos das possíveis toras de cada árvore, os quais são necessários para alimentar as Equações 9 a 12, as quais constituem-se portanto no elo de ligação

entre a floresta e a serraria.

Supondo-se como exemplo, uma árvore de cardeiro com as seguintes características obtidas pelo inventário florestal.

$$\text{DAP} = 45,6 \text{ cm} \qquad \text{Hc} = 13,71 \text{ m}$$

$$\text{Altura do toco (ht)} = 0,81 \text{ m}$$

Então, o diâmetro na base do fuste aproveitável será, de acordo com a Equação (13).

$$d = e^{0,36524 + 0,16565 \ln (\text{Hc} - h) - 0,19490 \ln (\text{Hc}) + 0,90651 \ln (\text{DAP})}$$

$$d = e^{0,36524 + 0,16565 \ln (13,71 - 0,81) - 0,19490 \ln (13,71) + 0,90951 \ln (45,6)}$$

$$d = 42,64 \text{ cm}$$

Os diâmetros nas demais alturas de interesse desta árvore de Cardeiro, calculados de forma análoga, estão mostrados na Tabela 10, conjuntamente com os diâmetros calculados para uma outra árvore de Louro gamela que cuja espécie é caracterizada por possuir sapopema.

Tabela 10. Dados observados e estimados da forma de duas árvores de espécies diferentes.

Espécie	h	d		
		observado	estimado (espécie)	estimado (geral)
Cardeiro DAP = 45,6 cm Hc = 13,71 m ht = 0,81 cm	0,81	46,0	42,9	42,6
	1,30	45,6	42,6	42,4
	1,81	41,0	42,1	41,9
	2,81	40,0	41,3	41,1
	3,81	39,0	40,4	40,2
	4,81	37,0	39,4	39,2
	5,81	37,0	38,2	38,0
	6,81	36,0	36,8	36,6
	7,81	34,0	35,0	34,9
	8,81	33,0	32,7	32,7
	9,81	32,0	29,2	29,1
	10,81	31,0		
Louro Gamela DAP = 72,0 cm Hc = 12,17 m hs = 0,87 m	0,87	79,0	64,9	64,7
	1,30	72,0	64,5	64,3
	1,87	64,0	63,8	63,6
	2,87	59,0	62,6	62,3
	3,87	57,0	61,2	61,0
	4,87	55,0	59,6	59,4
	5,87	55,0	57,9	57,7
	6,87	54,0	55,8	55,6
	7,87	52,0	53,2	53,0
	8,87	50,0	49,7	49,5

As Figuras 15 e 16 mostram estas duas árvores estimadas tanto pela equação geral da forma da árvore amazônica como pelas equações específicas destas espécies conjuntamente com as suas forma real.

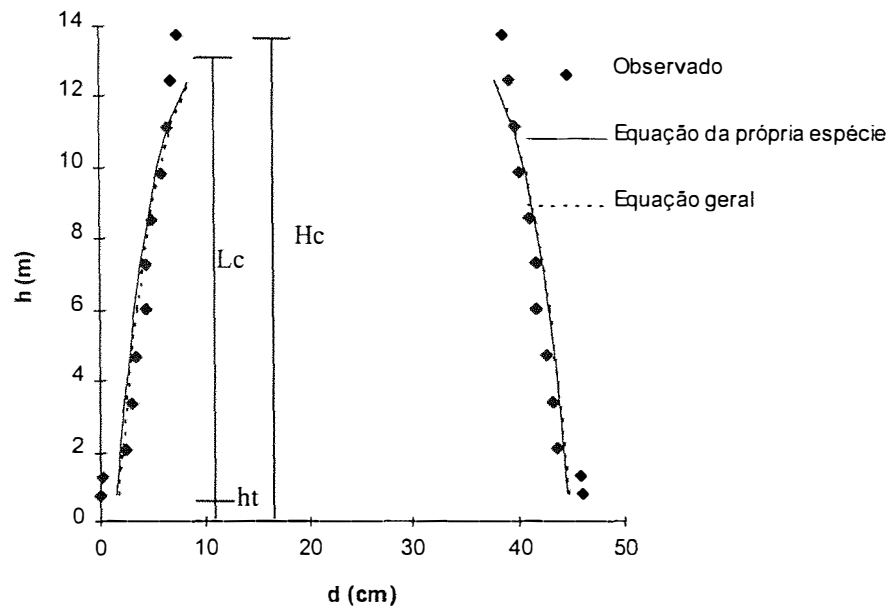


Figura 15. Formas estimadas e real da árvore de Cardeiro da Amazônia.

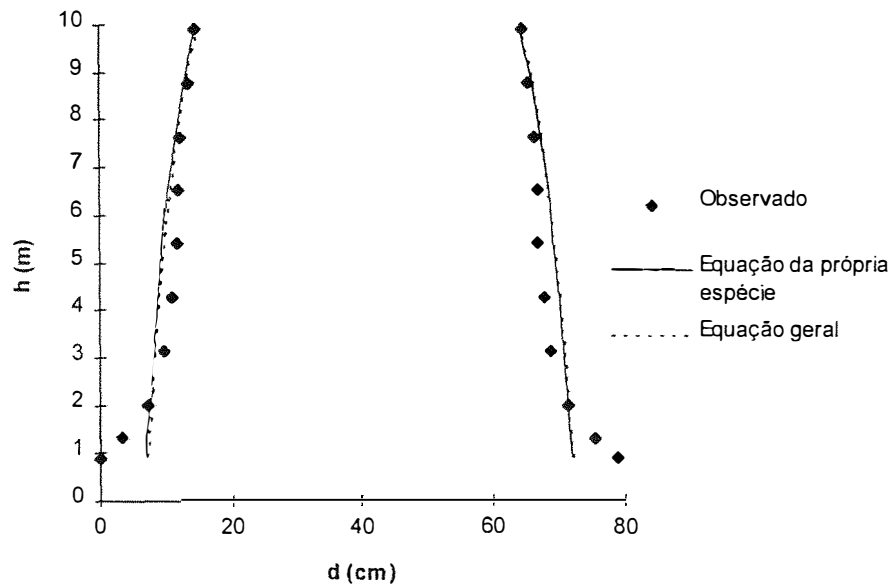


Figura 16. Formas real e estimada da árvore de Louro gamela com sapopema da região amazônica.

Observa-se nestas figuras que a equação geral adotada substitui com vantagem a equação específica, tanto para espécie que apresentam sapopema quanto para espécies que não apresentam sapopema.

Dessa forma, utilizar-se-á neste trabalho, também em prol da generalidade, a forma geral.

5.2. Volume de madeira serrada estocado numa unidade de Floresta Amazônica

Para estimar-se o volume de madeira serrada estocado na Floresta Amazônica desenvolveu-se a Equação 14, mostrada abaixo.

$$VMS = \sum_{j=1}^{ne} f(DAP)_j \sum_{i=1}^{nt} VT_i RMS_{ij} \quad (14)$$

onde: $f(DAP)$ = frequência de DAP da espécie j na unidade de área considerada;

nt = número de toras obtidas de uma árvore da espécie j ;

ne = número de espécies desejadas;

VT_i = volume da tora i obtido pela Equação (8) com os diâmetros calculados pela Equação (13), mas com os parâmetros específicos da espécie mostrados na Tabela 9;

RMS_j = rendimento em madeira serrada para a tora i da espécie j cujos parâmetros estão mostrados na Tabela 8.

Entretanto, com a utilização dos dados da Figura 14 e das Equações (9) e (13), a Equação (14) se transforma na Equação (15), que sendo extremamente simplificada, pode ser usada de imediato na prática, como será exemplificado em seguida.

$$VMS = f(DAP) \sum_{i=1}^{nt} VT_i RMS \quad (15)$$

Tendo em vista que toda serraria estabelece um diâmetro mínimo comercial (dc), quer seja por imposição dos seus equipamentos, quer seja do ponto de vista da viabilidade econômica do processo, desenvolveu-se a Equação (16), que fornece o comprimento aproveitável do fuste.

$$Lc = h - ht \quad (16)$$

onde:

$$h = Hc - e \frac{\ln(dc) - 0,3652 + 0,1949 \ln(Hc) - 0,9095 \ln(DAP)}{0,1656} \quad (17)$$

Utilizando-se o dc utilizado nas serrarias da região amazônica que é de 30 cm, o primeiro DAP mostrado na Figura 14 que é de 45 cm e a Hc de 14,25 m que foi o valor médio encontrado para esta classe de DAP, obtém-se então pelas equações (16) e (17):

$$h = 14,25 - e \frac{\ln(30) - 0,3652 + 0,1949 \ln(14,25) - 0,9095 \ln(45)}{0,1656}$$

$$h = 12,5 \text{ m}$$

$$L_c = h - h_t$$

$$L_c = 12,5 - 0,5$$

$$L_c = 12,0$$

Este fuste pode então ser subdividido, conforme mostra a Figura 17 em toras de comprimentos comerciais mais demandados. A Figura 17 mostra uma das possibilidades mais utilizadas onde os diâmetros d_0 , d_4 e d_8 e d_{12} são obtidos pela Equação (13), como no exemplo anterior.

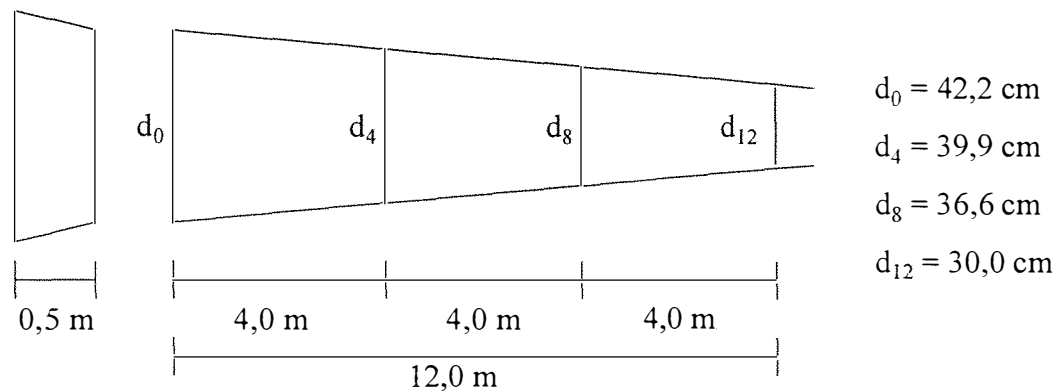


Figura 17. Subdivisão do fuste em toras de comprimentos comerciais.

A partir destes dados obtém-se pela Equação (2) o volume de cada uma destas 3 toras.

$$VT_1 = \frac{\pi}{8} (0,422^2 + 0,399^2) 4$$

$$VT_1 = 0,531 \text{ m}^3$$

$$VT_2 = 0,460 \text{ m}^3$$

$$VT_3 = 0,352 \text{ m}^3$$

As demais variáveis de interesse são facilmente calculadas conforme o detalhamento a seguir:

a) Cálculo do volume total de madeira por árvore.

$$VT_{\text{arv}} = VT_1 + VT_2 + VT_3$$

$$VT_{\text{arv}} = 1,343 \text{ m}^3/\text{árvore}$$

b) Cálculo do volume total de madeira por ha.

$$VT = VT_{\text{arv}} \cdot f(\text{DAP})$$

$$VT = 1,343 \cdot 8,87$$

$$VT = 11,91 \text{ m}^3/\text{ha}$$

c) Rendimento em madeira serrada (RMS) a ser aplicado em cada tora.

$$RMS_{t1} = e^{\left(4,2828 - 16,4755 \frac{1}{39,9}\right)}$$

$$RMS_{t1} = 47,94 \%$$

$$RMS_{t2} = 46,17 \%$$

$$RMS_{t3} = 41,85 \%$$

d) Cálculo do volume de madeira serrada por tora.

$$VMS_{t1} = VT_{t1} \frac{RMS_{t1}}{100} \left(\frac{d^2 + D_4^2}{d^2 + D_L^2} \right)$$

$$VMS_{t1} = 0,531 \frac{47,94}{100} \left(\frac{39,9^2 + 42,2^2}{39,9^2 + 42,2^2} \right)$$

$$VMS_{t1} = 0,254 \text{ m}^3$$

$$VMS_{t2} = 0,213 \text{ m}^3$$

$$VMS_{t3} = 0,147 \text{ m}^3$$

e) Cálculo do volume de madeira serrada por árvore.

$$VMS_{arv} = VMS_{t1} + VMS_{t2} + VMS_{t3}$$

$$VMS_{arv} = 0,614 \text{ m}^3/\text{árvore}$$

f) Cálculo do volume de madeira serrada por hectare (Figura 14).

$$VMS = VMS_{arv} \cdot f(\text{DAP})$$

$$VMS = 0,614 \cdot 8,87$$

$$VMS = 5,45 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Repetindo-se este procedimento para as demais classes de DAP

da Figura 14 obtém-se o panorama global mostrado nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11. Volumes individuais e total de madeira roliça, rendimento no desdobro e volumes individuais e total de madeira serrada numa unidade da Floresta Amazônica.

DAP (cm)	Hc (m)	tora	L (m)	nº de árvores por ha	Volume total (m ³)			RMS (%)	Volume de madeira serrada (m ³)		
					tora	árvore	ha		tora	árvore	ha
45	14,25	1	4,0	8,87	0,531	1,343	11,91	47,94	0,254	0,614	5,45
		2	4,0		0,460			46,17	0,213		
		3	4,0		0,352			41,85	0,147		
55	14,98	1	4,0	4,35	0,765	2,058	8,954	51,40	0,393	1,000	4,35
		2	4,0		0,671			49,96	0,335		
		3	5,0		0,623			45,07	0,271		
65	16,25	1	4,0	2,03	1,038	3,132	6,358	54,00	0,560	1,632	3,31
		2	4,0		0,924			52,88	0,488		
		3	4,0		0,768			50,79	0,390		
		4	3,0		0,402			45,57	0,193		
75	16,25	1	4,0	0,86	1,346	4,082	3,510	55,97	0,753	2,188	1,88
		2	4,0		1,198			54,95	0,658		
		3	4,0		0,997			53,04	0,529		
		4	3,5		0,540			44,46	0,248		
85	16,25	1	4,0	0,52	1,690	5,125	2,665	57,54	0,973	2,838	1,48
		2	4,0		1,505			56,61	0,852		
		3	4,0		1,252			54,85	0,686		
		4	3,5		0,679			46,86	0,328		
95	16,25	1	4,0	0,27	2,069	6,275	1,694	58,83	1,217	3,567	0,96
		2	4,0		1,842			57,96	1,068		
		3	4,0		1,532			56,34	0,863		
		4	3,5		0,831			48,87	0,418		
105	16,25	1	4,0	0,21	2,483	7,527	1,581	59,91	1,487	4,371	0,92
		2	4,0		2,210			59,10	1,306		
		3	4,0		1,838			57,58	1,058		
		4	3,5		0,997			50,57	0,519		
115	16,25	1	4,0	0,15	2,929	8,882	1,332	60,82	1,781	5,250	0,79
		2	4,0		2,608			60,06	1,566		
		3	4,0		2,169			58,64	1,272		
		4	3,5		1,176			52,03	0,630		
Total				17,26		38,424	38,004			21,460	19,14

Tabela 12. Estimativas do rendimento e volumes de madeira serrada nas classes de 1^a, 2^a e 3^a qualidade.

DAP (cm)	Hc (m)	tora	L (m)	F	1 ^a qualidade			2 ^a qualidade			3 ^a qualidade		
					RMS (%)	VMS (m ³)		RMS (%)	VMS (m ³)		RMS (%)	VMS (m ³)	
						tora	ha		tora	ha		tora	ha
45	14,25	1	4,0	8,87	26,62	0,141	2,99	12,14	0,064	1,38	5,74	0,030	0,68
		2	4,0		25,40	0,117		11,72	0,054		5,71	0,026	
		3	4,0		22,47	0,079		10,68	0,038		5,62	0,020	
55	14,98	1	4,0	4,35	29,04	0,222	2,43	12,97	0,099	1,10	5,81	0,044	0,51
		2	4,0		28,03	0,188		12,62	0,085		5,78	0,039	
		3	5,0		24,65	0,148		11,45	0,069		5,69	0,034	
65	16,25	1	4,0	2,03	30,88	0,320	1,88	13,59	0,141	0,84	5,85	0,061	0,37
		2	4,0		30,08	0,278		13,32	0,123		5,83	0,054	
		3	4,0		28,61	0,220		12,82	0,099		5,80	0,045	
		4	3,0		24,99	0,106		11,57	0,049		5,70	0,024	
75	16,25	1	4,0	0,86	32,30	0,435	1,07	14,06	0,189	0,47	5,89	0,079	0,21
		2	4,0		31,56	0,378		13,81	0,166		5,87	0,070	
		3	4,0		30,20	0,301		13,36	0,133		5,84	0,058	
		4	3,5		24,23	0,135		11,31	0,063		5,67	0,032	
85	16,25	1	4,0	0,52	33,44	0,565	0,85	14,43	0,244	0,37	5,91	0,100	0,16
		2	4,0		32,76	0,493		14,21	0,214		5,90	0,089	
		3	4,0		31,49	0,394		13,79	0,173		5,87	0,073	
		4	3,5		25,87	0,181		11,88	0,083		5,72	0,040	
95	16,25	1	4,0	0,27	34,37	0,711	0,56	14,74	0,305	0,24	5,94	0,123	0,10
		2	4,0		33,74	0,622		14,53	0,268		5,92	0,109	
		3	4,0		32,56	0,499		14,15	0,217		5,89	0,090	
		4	3,5		27,26	0,233		12,36	0,106		5,76	0,049	
105	16,25	1	4,0	0,21	35,16	0,873	0,53	14,99	0,372	0,23	5,95	0,148	0,09
		2	4,0		34,57	0,764		14,80	0,327		5,94	0,131	
		3	4,0		33,46	0,615		14,44	0,265		5,92	0,109	
		4	3,5		28,45	0,292		12,77	0,131		5,79	0,059	
115	16,25	1	4,0	0,15	35,83	1,049	0,46	15,21	0,445	0,20	5,97	0,175	0,08
		2	4,0		35,27	0,920		15,03	0,392		5,96	0,155	
		3	4,0		34,24	0,743		14,69	0,319		5,93	0,129	
		4	3,5		29,49	0,357		13,12	0,159		5,82	0,070	
Total				17,26			10,77			4,83			2,20

A Figura 18 mostra a contribuição de cada classe de DAP na produção de madeira em tora e serrada na região amazônica e a Figura 19 mostra esta produção subdividida em volumes parciais de 1^a, 2^a e 3^a qualidades.

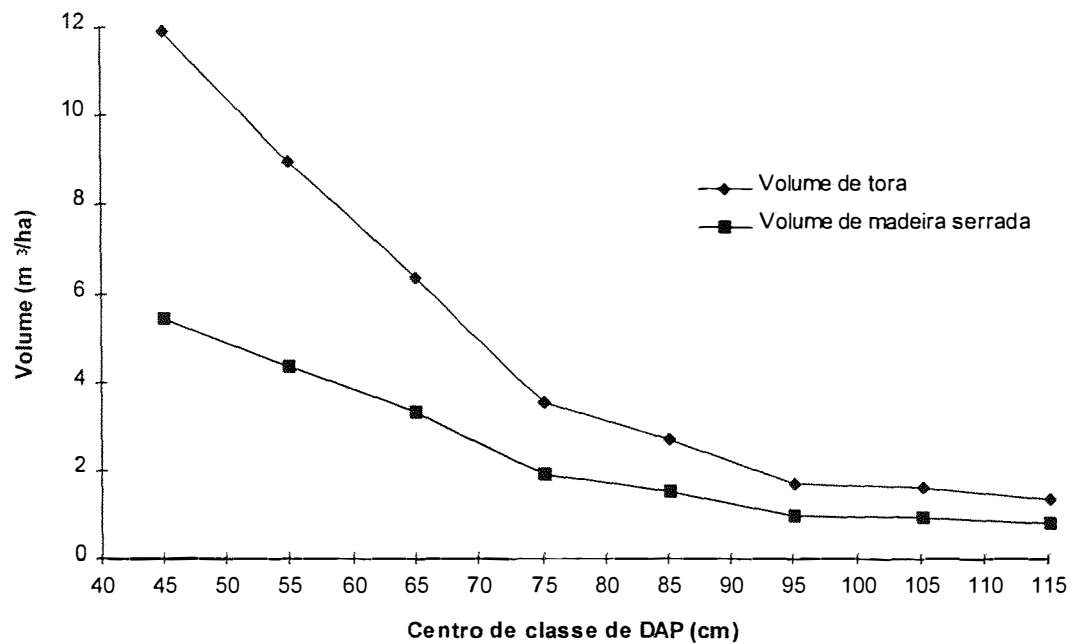


Figura 18. Volumes estocados, dentro de cada classes de DAP, em uma unidade da Floresta Amazônica.

É importante observar nesta Figura 18 que a curva de produção de volume roliço tende a se aproximar daquela de volume serrado em consequência do aumento do rendimento de madeira serrada com o diâmetro mínimo da tora.

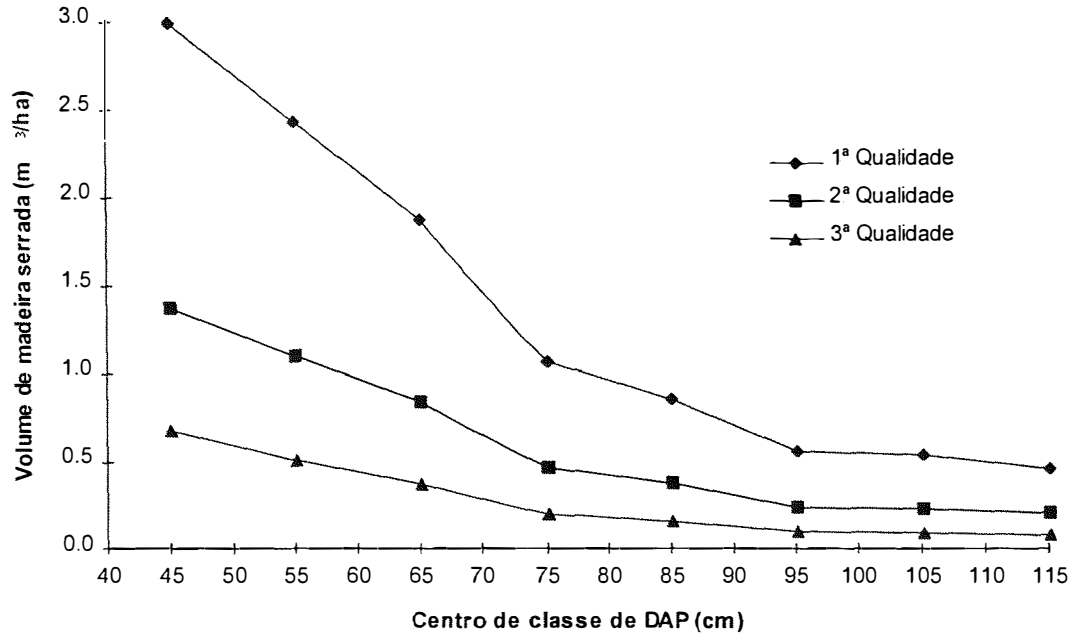


Figura 19. Volume parciais estocados em uma parcela na Floresta Amazônica dentro de cada classe de DAP.

5.3. Sustentabilidade das serrarias

5.3.1. Cálculo de área de floresta necessária (AS) para uma serraria de pequeno porte

Considerar-se-ão os seguintes dados abaixo, para o cálculo da área de floresta necessária ao abastecimento de uma serraria de pequeno porte:

a) Produção de madeira serrada (PMS) = 4300 m³/ano.

b) Produção de madeira serrada pela unidade da Floresta Amazônica, conforme

Tabela 11 = $19,14 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Então, a área explorada (AE) será:

$$AE = \frac{4300}{19,14} = 224,66 \text{ ha / ano}$$

Supondo se um ciclo de retorno de 35 anos, isto é, o período de reposição pela floresta da árvore retirada, então a área de sustentabilidade desta serraria será:

$$AS = 224,66 \times 35$$

$$AS = 7863,1 \text{ ha/serraria pequena}$$

A Tabela 13 mostra a situação global da Floresta Amazônica onde pode-se observar que, se as pressuposições utilizadas estiverem corretas, a área de sustentabilidade de 32.143.972 ha de todas as serrarias da região amazônica representa apenas 12,36% dos seus 260 milhões de ha.

Estes números indicam que a produção, propriamente dita de madeira serrada não é suficiente para consumir todo o incremento da floresta Amazônica e portanto não deveria ser a responsável pela sua devastação.

Ressalta-se que além das pressuposições básicas adotadas quais sejam; distribuição de DAP dado pela Figura 14, ciclo de corte de 35 anos, equação de forma da árvore amazônica dada pela Equação (13), equação de rendimento em madeira serrada dada pela Equação (9), número de serrarias na região dada pela 2ª coluna da Tabela 13 e a produção de madeira serrada em cada

região dada pela 2ª coluna da Tabela 13 e a produção de madeira serrada em cada uma delas pela 4ª coluna da Tabela 13, adotou-se ainda a presunção cultural de que a produção de madeira serrada é poderosamente distribuída sobre todas as espécies, de forma a evitar-se também a degradação da floresta, quase sempre associada às explorações seletivas.

Tabela 13. Área para sustentabilidade de serrarias de pequeno (1 serra de fita), médio (2 a 4 serras de fita) e grande porte (mais de 4 serras de fita).

Tipo de Serraria	Número de Serrarias*	Consumo de Tora (m ³ /ano)	Produção de madeira serrada (m ³ /ano)	Area de sustentab (ha/ano)	Area de sustentab. (ha/35 anos/serraria)	Area de sustentab. total (ha/35 anos)
Pequena	2078	9159	4300	224,66	7863	16.339.314
Média	658	17450	8200	428,42	14995	9.866.710
Grande	164	42130	19800	1034,48	36207	5.937.948
Total	2896	68739	32300	1687,57	59065	32.143.972

* Manual de conhecimento (1988)

A Figura 20 mostra uma possibilidade real de aumento de produção de madeira serrada na floresta amazônica, sem contudo haver necessidade de aumento da área explorada. Esta é inclusive, a curto prazo a forma mais racional de preservação da floresta.

Um aumento no rendimento foi obtido por uma simples classificação das toras e um sobre aumento neste rendimento foi devido por um acompanhamento técnico das operações de desdobro.

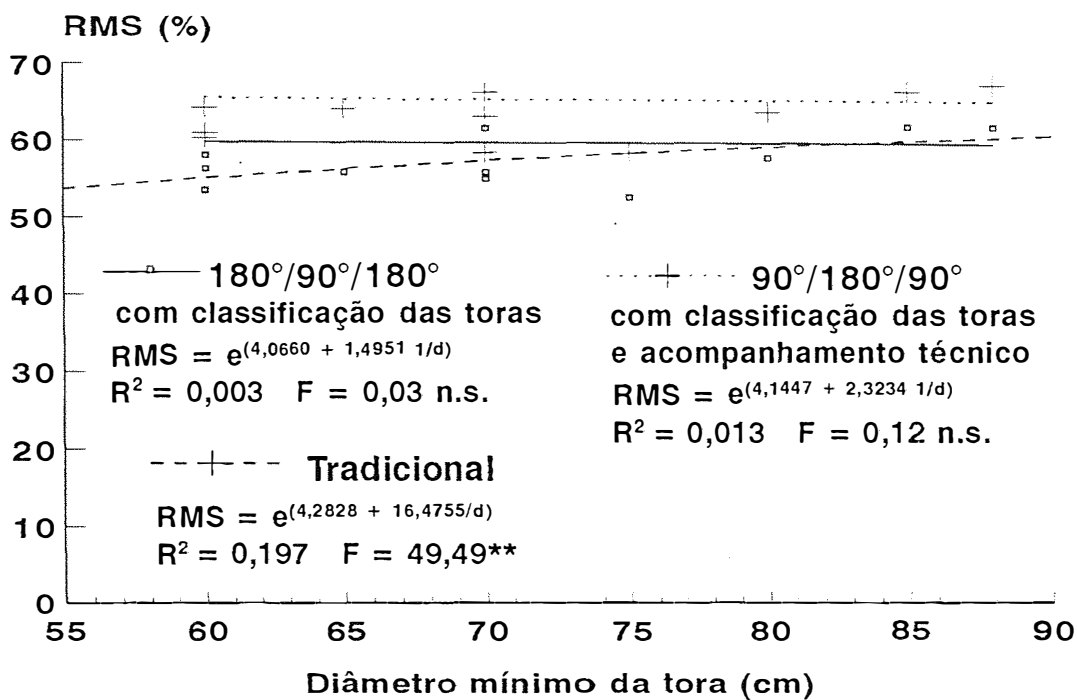


Figura 20. Rendimento em madeira serrada obtido por classificação das toras e acompanhamento técnico do desdobro.

Utilizando-se estes novos rendimentos em madeira serrada e repetindo-se o mesmo procedimento anterior obteve-se a Tabela 14 a qual está resumida na Figura 21, conjuntamente com os dados da Tabela 11.

Tabela 14. Estimativa de rendimento e volume de madeira serrada na Floresta Amazônica para dois tipos de corte (180°/90°/180° com classificação das toras e 90°/180°/90° com classificação das toras e acompanhamento técnico).

DAP (cm)	Hc (m)	tora	L (m)	n° de árvores por ha	Corte 180°/90°/180°				Corte 90°/180°/90°			
					RMS (%)	VMS (m³)			RMS (%)	VMS (m³)		
						tora	árv.	ha		tora	árv.	ha
45	14,25	1	4,0	8,87	60,55	0,321	0,817	7,24	66,88	0,355	0,904	8,02
		2	4,0		60,76	0,280			67,24	0,309		
		3	4,0		61,30	0,216			68,17	0,240		
55	14,98	1	4,0	4,35	60,17	0,460	1,231	5,36	66,23	0,507	1,359	5,91
		2	4,0		60,32	0,405			66,49	0,446		
		3	5,0		60,89	0,366			67,47	0,406		
65	16,25	1	4,0	2,03	59,90	0,621	1,896	3,85	65,77	0,682	2,086	4,24
		2	4,0		60,01	0,554			65,96	0,609		
		3	4,0		60,23	0,463			66,34	0,510		
		4	3,0		60,83	0,257			67,36	0,285		
75	16,25	1	4,0	0,86	59,70	0,804	2,458	2,11	65,44	0,881	2,701	2,32
		2	4,0		59,80	0,717			65,61	0,786		
		3	4,0		60,00	0,598			65,93	0,657		
		4	3,5		60,96	0,339			67,60	0,371		
85	16,25	1	4,0	0,52	59,55	1,007	3,077	1,60	65,18	1,102	3,375	1,76
		2	4,0		59,64	0,898			65,33	0,983		
		3	4,0		59,81	0,749			65,62	0,821		
		4	3,5		60,68	0,424			67,10	0,469		
95	16,25	1	4,0	0,27	59,44	1,230	3,758	1,01	64,98	1,345	4,117	1,11
		2	4,0		59,52	1,096			65,11	1,200		
		3	4,0		59,67	0,914			65,38	1,002		
		4	3,5		60,44	0,517			66,70	0,571		
105	16,25	1	4,0	0,21	59,34	1,473	4,425	0,93	64,81	1,609	4,842	1,02
		2	4,0		59,41	1,313			64,94	1,435		
		3	4,0		59,55	1,095			65,17	1,198		
		4	3,5		60,26	0,545			66,38	0,600		
115	16,25	1	4,0	0,15	59,26	1,736	5,300	0,80	64,67	1,894	5,795	0,87
		2	4,0		59,32	1,547			64,79	1,690		
		3	4,0		59,45	1,289			65,01	1,410		
		4	3,5		60,10	0,728			66,11	0,801		
Total				17,26			22,96	22,90			25,18	25,25

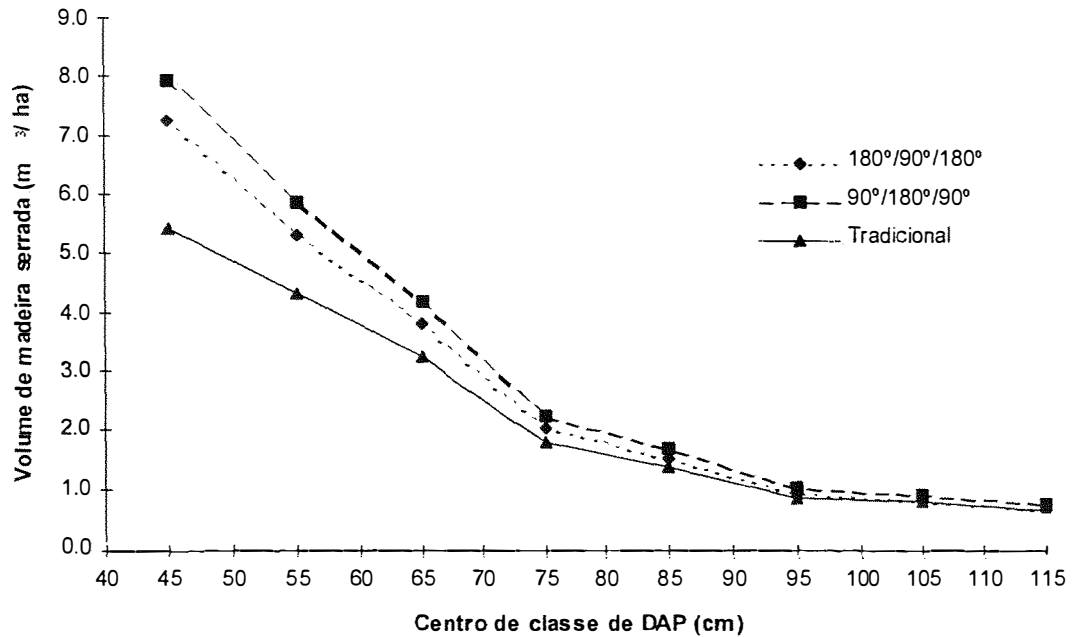


Figura 21. Ganho no volume de madeira estocado em uma unidade de Floresta Amazônica por um simples acompanhamento técnico das operações de desdobro.

A somatória dos ganhos obtidos em cada classe de DAP representa um ganho real de $3,76 \text{ m}^3/\text{ha}$ no caso do corte $180^\circ/90^\circ/180^\circ$ com classificação das toras e um ganho real de $6,11 \text{ m}^3/\text{ha}$ no caso do corte $90^\circ/180^\circ/90^\circ$ com classificação das toras e acompanhamento técnico do desdobro.

Ressalta-se que este último ganho representa 31,92% do volume produzido pela unidade de Floresta Amazônica considerada e que portanto representará numa diminuição de 31,92% na área de sustentabilidade sem prejuízo da produção atual, ou o contrário, 31,92% a mais no volume de madeira

serrada produzido sem aumento da área explorada.

Como já comentado anteriormente, o diâmetro mínimo é um fator que deve ser considerado e em princípio, não devem ser processadas toras de diâmetro inferior a 45 cm.

Dessa forma, deduziu-se a Equação (18) abaixo, para estimar-se o DAP mínimo para exploração.

$$DAP = e^{\frac{0,36524 - \ln dc + 0,16565 \ln(Hc-h) - 0,19490 \ln Hc}{-0,90951}} \quad (18)$$

onde: dc = diâmetro mínimo comercial = 45 cm

$$DAP = e^{\frac{0,36524 - \ln 45 + 0,16565 \ln(14,25-1,30) - 0,19490 \ln 14,25}{-0,90951}}$$

$$DAP = 48,75 \text{ cm}$$

Tendo em vista que a altura média comercial das árvores das classes 40 a 50 e 50 a 60 de DAP, que as mais frequentes, foi de 14,615 m, então a Equação (17) fornece.

$$DAP = e^{\frac{0,36524 - \ln 45 + 0,16565 \ln(14,615-1,30) - 0,19490 \ln 14,615}{-0,90951}}$$

$$DAP = 48,77 \text{ cm}$$

Recalculando-se então o estoque serrado na parcela amazônica, em questão, obtém-se os novos valores da Tabela 15.

Observa-se na Tabela 15, comparada com a Tabela 11 que a produção de madeira serrada utilizando-se DAP igual ou superior a 50 cm representa 71.53% do volume produzido pela utilização tradicional de todos os

DAP igual ou superior a 40 cm.

Tabela 15. Estimativa de rendimento e volume de madeira serrada em uma unidade da Floresta Amazônica, a partir do DAP de 50 cm.

DAP (cm)	Hc (m)	tora	L (m)	n° de árvores por ha	Volume total (m ³)			RMS (%)	Volume de madeira serrada (m ³)		
					tora	árvore	ha		tora	árvore	ha
55	14,98	1	4,0	4,35	0,765	2,058	8,954	51,40	0,393	1,000	4,35
		2	4,0		0,671			49,96	0,335		
		3	5,0		0,623			45,07	0,271		
65	16,25	1	4,0	2,03	1,038	3,132	6,358	54,00	0,560	1,632	3,31
		2	4,0		0,924			52,88	0,488		
		3	4,0		0,768			50,79	0,390		
		4	3,0		0,402			45,57	0,193		
75	16,25	1	4,0	0,86	1,346	4,082	3,510	55,97	0,753	2,188	1,88
		2	4,0		1,198			54,95	0,658		
		3	4,0		0,997			53,04	0,529		
		4	3,5		0,540			44,46	0,248		
85	16,25	1	4,0	0,52	1,690	5,125	2,665	57,54	0,973	2,838	1,48
		2	4,0		1,505			56,61	0,852		
		3	4,0		1,252			54,85	0,686		
		4	3,5		0,679			46,86	0,328		
95	16,25	1	4,0	0,27	2,069	6,275	1,694	58,83	1,217	3,567	0,96
		2	4,0		1,842			57,96	1,068		
		3	4,0		1,532			56,34	0,863		
		4	3,5		0,831			48,87	0,418		
105	16,25	1	4,0	0,21	2,483	7,527	1,581	59,91	1,487	4,371	0,92
		2	4,0		2,210			59,10	1,306		
		3	4,0		1,838			57,58	1,058		
		4	3,5		0,997			50,57	0,519		
115	16,25	1	4,0	0,15	2,929	8,882	1,332	60,82	1,781	5,250	0,79
		2	4,0		2,608			60,06	1,566		
		3	4,0		2,169			58,64	1,272		
		4	3,5		1,176			52,03	0,630		
Total				8,39		37,081	26,094			20,846	13,69

Entretanto, a não exploração das árvores pertencentes à classe de 40 a 50 cm de DAP representa uma manutenção de 51,39% das árvores comercialmente explorada.

6. CONCLUSÕES

- As toras de Cedroarana (*Cedrelinga catenaeformis*), foram as que apresentaram maiores diâmetros (diâmetro médio = 71,18 cm e diâmetro máximo = 72,00 cm) e rendimento médio de 59,83%.
- O rendimento em madeira serrada médio das espécies estudadas variou de 48,50% a 59,83%, sendo a média das 15 espécies estudadas de 53,20%.
- Apesar de existirem outros fatores que influem sobre a dificuldade de desdobro de espécies amazônicas, a densidade básica da madeira demonstrou-se ser um parâmetro importante.
- As toras de *Manilkara huberi* (Maçaranduba) e *Brosimum rubescens* (Pau rainha), foram as que apresentaram maior dificuldade de corte.
- Uma simples classificação das toras produziu, para três espécies estudadas, um ganho de 3,76 m³ de madeira serrada / ha e esta classificação seguida do acompanhamento técnico das operações de desdobro produziu um ganho de 6,11 m³ de madeira serrada / ha. Isto significa um aumento de 31,92% na produção de madeira serrada sem necessidade de aumento da área explorada. Está é a forma mais racional de atender a necessidade capitalista de reduzir

custos associada à necessidade social de conservação da floresta.

- A exploração de apenas indivíduos de DAP igual ou superior a 50 cm implica na produção de 71,53% da produção atual de madeira serrada, na qual são exploradas todos os indivíduos de DAP igual ou superior a 40 cm. Observa-se portanto uma queda de 28,47% na produção final, porém, inferior ao ganho possível de 31,92% comentado no parágrafo anterior. Em compensação serão mantidas, na floresta, 51,39% das árvores atualmente exploradas.
- O manuseio da tora e a variedade na linha de produção, são fatores que influenciam mais a eficiência do que o rendimento em madeira serrada.
- Toras com diâmetros maiores em geral apresentam sempre maiores produções, a não ser em casos muito severos de defeitos internos.
- Outros ganhos substanciais de eficiência na conversão podem vir com a implementação de algumas técnicas relativamente simples não estudadas no presente trabalho. Dentre elas, a melhoria nas condições de estocagem das toras poderá resultar num aumento de 5 a 8 % na produção ou na conservação da floresta.
- A densidade básica influencia negativamente na eficiência da serraria, a qual foi medida através do GDC. O diâmetro da tora, por sua vez não influenciou esta eficiência demonstrando claramente que a velocidade de avanço da tora esta dimensionada para grandes diâmetros e portanto subdimensionada para menores diâmetros. Depreende-se ainda que é possível reduzirem-se custos de

produção aumentando-se a velocidade de avanço.

- A espécie influencia no rendimento em madeira serrada sendo este fato atribuído à ocorrência natural de algumas espécies que frequentemente apresentam grandes ou baixos diâmetros e de poucas espécies, como é o caso da Muiracatiara, que apresenta alguns defeitos na madeira serrada. A influência de espécie é portanto, indireta.
- O diâmetro influencia positivamente no rendimento em madeira serrada, mas no caso em questão a variação provocada pelo diâmetro somada à variação provocada pela espécie não explica toda a variabilidade verificada nos dados de rendimento em madeira serrada. Depreende-se portanto, forte influência de uma mão de obra despreparada.
- O objetivo principal de ligar a serraria à floresta foi extremamente importante por evidenciar, de forma clara, os indicadores que realmente influenciam nesta relação. Sugere-se portanto para a continuidade e aperfeiçoamento deste trabalho, o refinamento de suas pressuposições básicas, como por exemplo, o estudo de modelos multivariados de hiperplanos ou superfícies de respostas produzidos por modelos multivariados que possam minimizar as dispersões observadas nos dados.
- Os resultados obtidos de produtividade de madeira serrada numa unidade da Floresta Amazônica estão muito próximos dos valores citados na literatura e das informações obtidas juntos às serrarias que atuam na região amazônica.

Entretanto poderão ser aperfeiçoados com a produção, pelo inventário florestal, de dados mais preciosos representativos da Floresta Amazônica como um todo.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, O. T. **A evolução da fronteira amazônica: oportunidades para um desenvolvimento sustentável.** Belém: IMAZON, 1996. 139 p.

BATISTA, J. L. F. A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetro de espécies arbóreas tropicais. Piracicaba, 1989. 125 p. Dissertação - (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BAUCH, R. E. Conceituação do manejo florestal. **Silvicultura**, n. 58, p. 28-30, nov./dez. 1994.

BRUCE, R.W. **Production and distribution of amazon timber products.** Rio de Janeiro: FAO/IBDF, 1976. 74 p.

BRUCE, R. W.; SOUZA, S. S. Manejo florestal na várzea do Estado do Amazonas. 1989.

BUDOWSKI, G. Sustainable use of species and ecosystems. In: THIBODEAU, F. R.; **Field sustaining tomorrow**. Hanovu: Univerty Press of New England, 1984.

FAO. **Controle de qualidade das indústrias florestais primárias**. Yokohama, 1983. 14 p. (Documento de informação da ITTO, 2.).

CRUZ, E. C. Situação atual da silvicultura e do manejo florestal sustentado em áreas de várzeas rivular. In.: Congresso; O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTRÓPICAS, 1., **Anuais**. Curitiba, v. 1, p. x-y.

DIAS, B. M. E. Manejo de renovales: el peligro de generaliza. **Chile Florestal**, n. 156, p. 21-23, 1988.

FEANRSIDE, P. M. Causa do desmatamento da Amazônia Brasileira, **Pará - Desenvolvimento**, n. 23, p. 24-33, 1988.

GARCIA, A. Influência de diferentes níveis de exploração florestal em uma floresta tropical na região de Marabá - PA. Piracicaba, 1990. 149 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

GERVING, J. J. & UHL, C. Eficiência na conversão e oportunidades para a redução de desperdício no processamento de madeira das indústrias do leste do Estado do Pará e Amazônia. Belém, 1996.

HIGUCHI, N. Potencial madeireiro das florestas tropicais. (Trabalho apresentado no 4. Encontro de Engenheiros Florestais do Amazonas, 1988 (mimeo).

HIGUCHI, N.; VIEIRA, G. Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra firme na região de Manaus: um projeto de pesquisa do INPA. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo: SBS, 1990. v. 1, p. x-y.

HOMMA, A. K. O.; CONTO, A. J. de; FERREIRA, C. A. P.; CARVALHO, R. A. A dinâmica da extração madeireira no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOCIOLOGIA RURAL, 32., Brasília, 1994. **Anais**. Brasília: SOBER, 1994. v. 2, p. 70-87.

HUMMEL, A. C.; BENEVIDES, M. R. G.; SAID NETO, T. et al. **Diagnóstico do subsetor madeireiro do Estado do Amazonas**: SEBRAE, 1994. 74 p.

IWAKIRI, S. **Utilização de estelite para desdobro de madeiras duras**. Manaus: INPA/CPPF, 1983. (INPA/CPPF. Boletim Informativo, 2).

JANKAUSKIS, J. **Recuperação de florestas tropicais mecanicamente exploradas**. Belém: SUDAN, 1978. 58 p.

JANKAUSKIS, J. et al. **Rendimento em serrarias de trinta espécies de madeiras Amazônicas**. Belém: SUDAM, Centro de Tecnologia Madeireira, 1981. 182 p.

KAZUO, R. & BACHA, C. J. C. **A evolução das serrarias no Brasil**. Piracicaba: ESALQ/Depto. de Economia e Sociologia Rural, 1994. 16 p.

KNOWLES, O.H. **Relatório ao governo do Brasil sobre produção e mercado de madeira na Amazônia**. Belém: SUDAM, 1964. 169 p.

KOLLMANN, F. F. P. Wood machining, In: KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ Jr., W. A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. p. 475-512.

SECRETARIA DA FAZENDA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Madeira: manual de conhecimentos**. São Paulo, 1988. 42 p.

MELLO, G. R. de. **Processamento mecânico da madeira**. Piracicaba: ESALQ/Depto. de Ciências Florestais, 1975. 88 p.

MELLO, M. L.; MOURA, H. A. de. Exportações de floresta amazônica. In.: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL; O SETOR FLORESTAL E AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS, 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA, 1988. v. 1, p. x-y.

PANDOLFO, C. A. **Amazônia brasileira e suas potencialidades**. Belém: SUDAM, 1979. 73 p.

PECK, J. B. Projetos madeireiros para a Amazônia. **Revista da Madeira**, n. 381, p. 9-12, set. 1983.

PEIXOTO, C. D.; IWAKIRI, S. **Dados e índices da indústria madeireira do estado do Amazonas**. Manaus: INPA/CPPF, 1984. 32 p. (INPA/CPPF. Série Técnica, 4).

MERCADO, R. S. Timber production and marketing in the brasilian amazon. Michigan. 1980. Thesis (Ph.D.) - University of Michigan.

SANTOS, J. dos. **Situação da indústria madeireira no município de manaus e das serrarias no Estado do Amazonas**. Manaus, 1981. 78 p.

SANTOS, J. dos. Diagnóstico das serrarias e das fábricas de laminados e compensados do Estado do Amazonas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA, 1988. v. 2, p. 575-610.

SANTOS, J. dos; HUMMEL, A. C. Situação das exportações de madeira serrada, laminada e compensada do Estado do Amazonas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL; O SETOR FLORESTAL E DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA; 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA, 1988. v. 2, p. 415-429.

- SARUKHÁN, J. Demographic problems in tropical systems. Solbrig, O. T. **Demography and evolution in plant populations**. Berkeley: University of California Press, 1980.
- SILVA, A. C. et al. Considerações sobre os resíduos sólidos de serrarias de Manaus e propostas para o seu aproveitamento. **UTAM**, p. 211-219, 1992.
- SIQUEIRA, J. D. P. Manejo Florestal Sustentado na Amazônia: necessidade "versus" pesquisas. In.: **AMAZÔNIA: FACTS, PROBLEMS SOLUTIONS**, São Paulo, 1989. **Anais**. São Paulo: USP, 1989. p. 109-132.
- SMITH, D. M. **The practice of silviculture**. New York: John Wiley, 1962. 578 p.
- SZYMANI, R. Latest advances in sawmilling. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA**, São Paulo, 1995. **Anais**. São Paulo: IPEF, 1995. p. 68-73.
- TAKEDA, G. R. **Seminário sobre serrarias e outras indústrias de conversão da madeira**. Belém: SUDAM, 1974. 133 p.

UHL, C.; VIEIRA, I. C. G. Ecological Impacts of Selective Logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the State of Pará. **Biotropica**, v. 21, n. 2, p. 98-106, 1989.

VANTOMME, P. **Um estudo sobre a indústria madeireira na região de Manaus**. Manaus: CTFT, 1981. 22 p.

YARED, J. A. G.; BRIENZA Jr., S.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. C. A.; AGUIAR, O. J. R. de; COSTA FILHO, P. P. Silvicultura como atividade econômica na Região Amazônica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA, 1988. v. 1, p. 23-78.

YARED, J. A. G.; BRIENZA JUNIOR, S. A atividade florestal e o desenvolvimento da Amazônia. **Revista Pará Desenvolvimento**. v. 25, p. 49-59, 1989.