**VARIABILIDADE DA DENSIDADE BÁSICA E DE PROPRIEDADES
MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA**

CLAUDETE CATENHEDE DO NASCIMENTO

Tecnóloga em madeiras

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: Ciências Florestais.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1993**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

N244v Nascimento, Claudete Catenhede do
Variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia. Piracicaba, 1993.
129p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Madeira - Densidade - Amazônia 2. Madeira - Propriedade física - Amazônia 3. Madeira - Tecnologia - Amazônia I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 674.132

**VARIABILIDADE DA DENSIDADE BÁSICA E DE PROPRIEDADES
MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA**

CLAUDETE CATANHEDE DO NASCIMENTO

Aprovada em: 29.06.93

Comissão julgadora:

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia	ESALQ/USP
Prof. Dr. Hilton Thadeu Z. do Couto	ESALQ/USP
Prof. Dr. Francisco Rocco Lahr	EESC/USP

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia
Orientador

À Deus pela vida;
Aos meus pais, Raimundo Nonato e Araceles
pelo amor e dedicação de suas vidas à
minha formação pessoal e profissional;
Ao meu irmão pelo carinho.

OFEREÇO

Ao meu esposo Joaquim Félix pelo
companheirismo e compreensão em todos
os momentos deste curso.

À minha filha Larissa e aos meus sobrinhos
Ingrid Vanessa e Carlos Fabrício, pela
tolerância de minha ausência em suas
vidas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. José Nivaldo Garcia pela orientação e confiança no transcorrer das fazes deste trabalho.

Ao INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela oportunidade da realização deste Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa de estudo durante a obtenção dos créditos.

Ao Prof. Dr. Hilton T. Z. Couto pelas sugestões, e amizade.

Ao Prof. Dr. Milton Luiz Siqueira pela ajuda prestada na obtenção dos dados das regiões de Curuá-Una e Tapajós.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais, especialmente ao Luis Eduardo Facco e ao Milton Cezar Ribeiro, pelos trabalhos computacionais prestados e pelo apoio na execução final desta dissertação.

À Pillar Del Diaz do curso de Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica, pelo auxílio na análise multivariada, à Katia Bastos Loureiro e à Tereza Dutra Cabral, por tudo.

Às pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho e tiveram seus nomes aqui omitidos.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS.....	ix
LISTAS DE TABELAS.....	xii
SIMBOLOGIA.....	xvi
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Climas e Solos.....	4
2.2. Floresta.....	7
2.3. Variabilidade das propriedades químicas, físi- cas e mecânicas de madeira.....	11
2.4. Crescimento de árvores em florestas tropicais..	18
2.5. Análise multivariada e de agrupamentos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Seleção das espécies.....	23
3.2. Características gerais das áreas de estudo.....	23
3.2.1. Amapá.....	24
3.2.2. Balbina.....	25
3.2.3. Curuá-Una.....	25
3.2.4. Tapajós.....	26
3.3. Amostragem.....	27
3.4. Espécies estudadas.....	28

3.5. Norma usada para determinação dos ensaios físicos e mecânicos.....	32
3.6. Propriedades estudadas.....	32
3.7. Corpos de Provas.....	33
3.8. Relação entre umidade natural e Db.....	33
3.9. Análise estatística.....	34
3.9.1. Análise de variancia.....	34
3.9.2. Teste de Tukey.....	35
3.9.3. Agrupamentos.....	35
3.9.4. Distribuição Weibull.....	36
3.9.4.1. Método da máxima verossimilhança.....	37
3.9.4.2. Teste de aderência das funções aos dados observados.....	38
3.9.4.3. Método dos percentis.....	42
4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Variabilidade da densidade básica e das propriedades mecânicas das regiões do Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós.....	44
4.2. Variabilidade da densidade básica e das propriedades mecânicas nas regiões de Balbina/Tapajós e Balbina/Curuá-Una.....	48
4.3. Análise de variação da espécie <u>Erisma uncinatum</u> coletada em balbina, Curuá-Una e Tapajós.....	54

4.4. Relação entre as propriedades mecânicas e densidade básica das madeiras da região amazônica.	56
4.5. Relações entre as propriedades mecânicas das madeiras da região amazônica.....	62
4.6. Relações da densidade básica e das propriedades mecânicas com o DAP da árvore.....	64
4.7. Agrupamento de espécies em função de suas densidades básicas e de suas características....	66
4.8. Relação entre a umidade natural da árvore e a densidade básica de sua madeira.....	71
4.9. Distribuição da densidade básica e propriedades mecânicas através da função Weibull.....	73
4.9.1. A densidade básica como indicador da qualidade da madeira.....	76
4.9.2. Funções de probabilidade para a densidade básica das madeiras da Amazônia.....	78
4.9.2.1. Método da máxima verossimilhança.....	81
4.9.2.2. Método dos percentis.....	84
4.9.3. Funções de probabilidades para as propriedades mecânicas.....	87
4.9.4. Valores característicos para as propriedades da madeiras da amazônia.....	95
4.9.4.1. Densidade básica características (Db_k).....	96

4.9.4.2. Propriedades mecânicas caracte- rísticas.....	97
5. CONCLUSÃO.....	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS 1.....	120

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tipos de clima na Amazônia.....	6
FIGURA 2 - Localização das áreas estudadas.....	24
FIGURA 3 - Comportamento da Db de espécies diferentes estudadas em regiões diferentes.....	52
FIGURA 4 - Comportamento da resistência à compressão normal de espécies estudadas em regiões di- ferentes.....	53
FIGURA 5 - Comportamento da resistência ao cisalhamen- to de espécies diferentes em regiões dife- rentes.....	55
FIGURA 6 - Relação entre o E_f e a Db das espécies made- ireiras da Amazônia.....	57
FIGURA 7 - Relação entre a f_f e a Db das espécies made- ireiras da Amazônia.....	58
FIGURA 8 - Relação entre a f_c e a Db das espécies made- ireiras da Amazônia.....	58
FIGURA 9 - Relação entre a f_{cn} e a Db das espécies ma- deireira da Amazônia.....	59
FIGURA 10 - Relação entre a f_g e a Db das espécies ma- deireira da Amazônia.....	60
FIGURA 11 - Distribuição do DAP de espécies florestais da região Amazônica.....	65

FIGURA 12 - Dendograma resultante do processo de agrupamento.....	69
FIGURA 13 - Relação da umidade natural com a densidade básica de espécies da Amazônia.....	73
FIGURA 14 - Pilar curto, sujeito a uma compressão paralela.....	74
FIGURA 15 - f.d.p ajustada aos valores de densidade básica das madeiras da região Amazônica.....	83
FIGURA 16 - F.d.a ajustada aos valores de densidade básica das madeiras da região Amazônica.....	83
FIGURA 17 - f.d.p ajustada aos valores de densidade básica das madeiras da região Amazônica.....	86
FIGURA 18 - F.d.a ajustada aos valores da densidade básica das madeiras da região Amazônica.....	96
FIGURA 19 - f.d.p ajustada aos valores do módulo de elasticidade à flexão estática das madeiras da região Amazônica.....	89
FIGURA 20 - F.d.a ajustada aos valores do módulo de elasticidade à flexão estática das madeiras da região Amazônica.....	89
FIGURA 21 - f.d.p ajustada aos valores do módulo de ruptura à flexão estática das madeiras da região Amazônica.....	90
FIGURA 22 - F.d.a ajustada aos valores do módulo de ruptura à flexão estática das madeiras da região Amazônica.....	90

FIGURA 23 - f.d.p ajustada aos valores de resistência à compressão paralela das madeiras da região Amazônica.....	91
FIGURA 24 - F.d.a ajustada aos valores de resistência à compressão paralela das madeiras da região Amazônica.....	91
FIGURA 25 - f.d.p ajustada aos valores de resistência à compressão normal das madeiras da região Amazônica.....	92
FIGURA 26 - F.d.a ajustada aos valores de resistência à compressão normal das madeiras da região Amazônica.....	92
FIGURA 27 - f.d.p ajustada aos valores de resistência ao cisalhamento das madeiras da região Amazônica.....	93
FIGURA 28 - F.d.a ajustada aos valores de resistência ao cisalhamento das madeiras da região Amazônica.....	93

LISTAS DE TABELAS

TABELA 1 - Coeficientes de variação para algumas propriedades de madeira determinadas na condição saturada.....	13
TABELA 2 - Coeficientes de correlação e determinação de relações entre propriedades mecânicas e densidade básica.....	15
TABELA 3 - Relação das espécies estudadas em Balbina...	28
TABELA 4 - Relação das espécies estudadas em Curuá-Una.	29
TABELA 5 - Relação das espécies estudadas em Tapajós...	30
TABELA 6 - Relação das espécies estudadas no Amapá.....	31
TABELA 7 - Relação das espécies comuns a algumas regiões.....	32
TABELA 8 - Análise de variância para as propriedades mecânicas e densidade básica das regiões do Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós.....	46
TABELA 9 - Análise conjunta da espécies comuns as regiões de Balbina/Tapajós e Balbina/Curuá-Una.....	50
TABELA 10 - Teste de Tukey para densidade básica das e propriedades mecânicas de 3 espécies comuns as regiões de Balbina/Curuá-Una e sete espécie comuns a regiões de Balbina/Tapajós.....	51

TABELA 11 - Variabilidade das propriedades da quarubarana (<i>Erismia uncinatum</i>) coletada em Balbina, Curu-Una e Tapajós.....	54
TABELA 12 - Teste de Tukey para a densidade básica e propriedades mecânicas da quarubarana (<i>Erismia uncinatum</i>) nas regiões de Balbina, Curuá-Una e Tapajós.....	56
TABELA 13 - Valores do R^2 obtidos nas relações entre resistência e densidade básica, em cada uma das 4 regiões estudadas.....	62
TABELA 14 - Valores do R^2 obtidos nas relações entre as resistências mecânicas, em cada uma das 4 regiões estudadas.....	63
TABELA 15 - Análise de variância que mostra a influência do DAP da árvore na densidade básica e propriedades mecânicas de sua madeira.....	64
TABELA 16 - Teste de Tukey aplicado para comparar espécies e classes de diâmetro com relação as propriedades da madeira.....	66
TABELA 17 - Matriz dos coeficiente de correlação simples estimados para as variáveis coletadas	67
TABELA 18 - Valores de umidade natural e de densidade básica de nove espécies madeireiras da amazônia.....	72

TABELA 19 - Frequências das densidades básicas obtidas das espécies madeireiras da região Amazônica.....	80
TABELA 20 - Frequências da densidade básica estimada com os parâmetros c e b obtidos pelo método da máxima verossimilhança.....	81
TABELA 21 - Parâmetros estatísticos calculados para a avaliação dos ajustes das funções WEIBULL, determinados pelo método da máxima verossimilhança.....	84
TABELA 22 - Frequências de densidade básica estimadas com os parâmetros b e c obtidos pelo métodos dos percentis.....	85
TABELA 23 - Parâmetros estatísticos calculados para a avaliação dos ajustes das funções WEIBULL determinadas pelo métodos dos percentis...	87
TABELA 24 - Valores de R^2 , F , LI e LS que medem os ajustes das distribuições das propriedades mecânicas onde foram obtidos pelo método verossimilhança sobre dados da Db....	94
TABELA 25 - Valores de R^2 , F , LI e LS que medem os ajustes das distribuições das propriedades mecânicas onde foram utilizados os estimadores obtidos pelo método dos percentis sobre dados da Db.....	95

TABELA 26 - Valores característicos das propriedades da madeira da Amazônia.....	98
---	----

S I M B O L O G I A

CV	- Coeficiente de variação (%)
Db	- Densidade básica (g/cm^3)
Db_{min}	- Densidade básica mínima (g/cm^3)
F	- Parâmetro estatístico da distribuição F de Snedecor
E_f	- Módulo de elasticidade à flexão estática (MPa)
f_f	- Módulo de ruptura à flexão estática (Mpa)
f_c	- Tensão no limite de resistência à compressão para lela às fibras (MPa)
f_s	- Tensão no limite de máxima ao cisalhamento paralelo às fibras (MPa)
f_{cn}	- Módulo de resistência no limite de proporcionalida- de à compressão normal (MPa)
f.d.p	- Função de densidade probabilística
F.d.a	- Função de densidade acumulada
G1	- Grau de liberdade
MPa	- Mega Pascal = 10Kgf/cm^2
Pmax	- Carga aplicada (N)
S	- Área da seção transversal (cm^2)

VARIABILIDADE DA DENSIDADE BÁSICA E DE
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA.

Autora: Claudete Catanhede do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o estudo das variabilidades e de distribuições dos valores da densidade básica e de cinco propriedades mecânicas da madeira, obtidos de cerca de 750 árvores de 87 espécies madeireiras da região amazônica.

Algumas espécies coletadas nas regiões de Balbina e Tapajós ou das regiões de Balbina e Curuá-Una mostraram diferenças bastante significativas de uma região para outra, enquanto outras, mostraram-se independentes do local de origem.

Estabeleceram-se, através de análises multivariadas, cinco grupos diferentes entre si mas tendo-se em cada um, somente espécies com propriedades equivalentes. Este fato permitiu ampliarem-se as possibilidades de substituição, sem prejuízo da qualidade mecânica, as espécies

madeireiras tradicionais da Amazônia.

Foram observados casos onde, devido à interação entre espécie e local, uma determinada espécie de um local foi alojada em um grupo e a mesma espécie coletada em outro local foi alojada em outro grupo diferente.

A densidade básica foi utilizada como indicador da qualidade mecânica da madeira, obtendo-se para a região Amazônica como um todo, boas relações entre as diversas propriedades mecânicas e a densidade básica.

Foram obtidos, por dois métodos de ajustes, as funções de densidades probabilística e acumulada da distribuição de WEIBULL adaptada para o caso da densidade básica, as quais podem ser consideradas plenamente satisfatórias para explicar a distribuição desta importante propriedade na floresta Amazônica.

Foram obtidas também, as funções de densidade probabilísticas e as funções de densidade acumuladas para cada uma das propriedades mecânicas utilizando-se apenas as suas respectivas relações com a densidade básica e as distribuições ajustadas para a própria densidade básica. Neste caso, as dispersões em torno das regressões, foram confundidas com a variabilidade natural das propriedades mecânicas estudadas.

Dessa forma foi possível transformar a densidade básica num único e suficiente parâmetro necessário aos projetos de estruturas de madeira.

VARIABILITY OF THE SPECIFIC GRAVITY AND OF MECHANICAL
PROPERTIES OF AMAZONIAN TIMBERS

Author : CLAUDETE CATANHEDE DO NASCIMENTO

Adviser : Prof. Dr. JOSÉ NIVALDO GARCIA

SUMMARY

The aim of this work was to study the variability and the distribution of the wood specific gravity values and five mechanical properties of 750 trees of 87 woody species from the Amazonas region.

The wood from the tree species collected from Balbina and Tapajós or from Balbina and Curuá-Una regions showed significative differences from one region to another or were region independent on their specific gravity and mechanical properties.

Through multivariate analyses were established five groups different among themselves but each one containing only species with wood having equivalent properties. This fact allowed to broaden the possibilities for substitution without the loss of mechanical quality of the traditional Amazonian timber species.

Due to the interaction species x region, cases were observed where one determined species from one region was sit in one group and the same species collected in other region was sit in another group.

The specifi gravity was utilized as an indicator of the mechanical quality of the wood. Good relations among the different mechanical properties and the specifi gravity were obtained fa the Amazonas region as a whole.

By two adjustment methods, the functions of probabilistic and the acumulated function of the WEIBULL distribution adapted to the specific gravity were astarmed. These could be considered fully satisfactionies to explain the distribution of this important property in Amazonas forest.

The functions of probabilistic and the functions of accumulated for each of the mechanical properties were obtained utiliziny only its respective relations with The specific gravity and the adjusted distributions for its own specific gravity. In this case, the dispersions amound the regressions were mistaken with the natural variability of the studied mechanical properties. This way, it was possible to transform the specific gravity in a unique and enough parameter necessary to the wood stucture projects.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de construção empregado pelo homem desde a época pré-histórica. Até obra de engenharia era construída com pedra ou madeira, combinando-se frequentemente os dois materiais.

Apesar do longo período de utilização, só na primeira metade do século XX foram estabelecidas técnicas aplicadas às estruturas de madeiras. Após a segunda guerra mundial, as pesquisas tecnológicas tiveram grande incremento, dispondo-se hoje de métodos precisos nos projetos das mais variadas formas estruturais (PFEIL,1977).

Por ser um material heterogêneo, o seu uso requer conhecimento tecnológico acerca de suas características e propriedades. Em vista disso, a utilização de madeiras amazônicas ainda é bastante limitada.

Apesar de admitir-se a existência de várias espécies arbóreas na Amazônia, sabe-se que somente uma pequena quantidade é industrializada e comercializada, podendo-se destacar o cedro, o mogno, a cerejeira, a itaúba, o angelim, as sucupiras, a andiroba, o louro, as virolas, etc.. A maior parte das madeiras da Amazônia, sem mercado

devido à falta de estudos tecnológicos, é constituída das chamadas espécies pouco conhecidas e/ou desconhecidas.

Nos últimos 10 (dez) anos os órgãos de pesquisas da região (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA-INPA/CPPF, SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA-SUDAM, FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ACRE-FUNTAC, etc.) têm redobrado esforços objetivando caracterizar tecnologicamente um número cada vez maior de novas espécies. Todavia, os pesquisadores que desenvolvem estudos na área de tecnologia da madeira com espécies amazônicas ainda desconhecem o grau de variabilidade dentro de espécies de um mesmo local ou de locais diferentes.

Da mesma forma, não é conhecida ainda, o grau de variabilidade dentro de árvores de uma mesma espécie.

A variabilidade ocorre em todas as propriedades de todos os materiais sendo que a madeira por ser originária de um ser vivo que cresce sobre condições geográficas e climáticas não controladas, devem obviamente possuir maiores variações em suas propriedades do que outros materiais manufaturados.

A existência e a importância dessa variabilidade tem despertado estudos cada vez mais aprofundados, com o intuito de aumentarem-se os conhecimentos a respeito de fatores que influenciam as características e propriedades da madeira.

Por esta razão o presente trabalho visa, principalmente:

- Verificar as variabilidades e as prováveis causas de variações da densidade básica e de propriedades mecânicas de uma mesma espécie entre locais;
- Verificar as variabilidades e as prováveis causas de variações da densidade básica e de propriedades mecânicas entre espécies de um mesmo local;
- Iniciar estudos para determina-se a influência do diâmetro da árvore em suas propriedades e também a relação de sua umidade natural com a densidade básica;
- Agrupar espécies desconhecidas com propriedades equivalentes às espécies conhecidas;
- Determinar, através de ajustes de curvas, o grau de correlação entre as propriedades mecânicas e principalmente entre as diversas propriedades mecânicas e a densidade básica;
- Definir a distribuição dos valores de densidade básica e das diversas propriedades mecânicas das espécies amazônicas através de ajustes da função WEIBULL.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Amazônia brasileira é constituída pelos Estados do Amazonas, Pará, Tocantins, Rondônia, Acre, Amapá e parte norte dos estados do Maranhão, de Goiás e do Mato Grosso, totalizando uma superfície de 4.872.000 Km, correspondente a 65% da superfície do país. As famílias predominantes nestas áreas são as Cesalpinaceae, as Mimosaceae, as Lecytidaceae, as Sapotaceae e as Lauraceae.

2.1. Climas e Solos

O conhecimento das condições climáticas é de grande importância tanto numa decisão econômica como no manejo de recursos florestais. Muitas escolhas nesse sentido foram feitas por tentativas, e a ciência climatológica, por si própria, pouco auxiliou na definição de regiões agrícolas (MOTA, 1977); (PAPADAKIS, 1975); (THORNTHWAITE & HARE, 1965).

O estudo dos fatores ambientais é fundamental no manejo dos recursos naturais, na sua utilização racional e no planejamento do uso da terra. Dentre esses fatores, o clima é considerado regulador central, exercendo influências

diretas ou indiretas sobre os fatores biológicos (PATERSON, 1956).

BURGOS (1970), procurou descrever o clima com base nos elementos que têm maior relação com a formação dos solos e com os grandes tipos de vegetação natural. Esses parâmetros são importantes na avaliação da capacidade produtiva de um local.

Segundo FALESI (1986), a exuberante floresta tropical muitas vezes tida como um indicador de fertilidade do solo é em sua quase totalidade função do clima. A temperatura e a umidade reinantes são propícias a uma rápida e intensa germinação de sementes, bem como à intensiva brotação de inúmeras espécies.

A grande característica da região amazônica é a sua estabilidade e regularidade climática, apresentando umidade variando normalmente entre 80 % e 90 % com temperaturas regulares variando entre 25°C e 30°C durante todo o dia. Os ventos são normalmente fracos e a precipitação pluviométrica anual é da ordem de 2500 mm, bem distribuída, (DUBE, 1980).

O clima é quente e úmido, observando-se três tipos distintos de acordo com a classificação de Koppen: Afi, Ami e Awi (LORENT, 1966), conforme Figura 1.

MOLION et alii (1980) relatam que a maioria dos solos da região amazônica, é de idade avançada, tendo sido formados sobre materiais alterados anteriormente pelo clima

quente e úmido, dando como resultados solos extremamente evoluídos e lixiviados. Assim, encontram-se, na maior parte da bacia, solos com uma reserva de nutrientes muito baixa quando comparados com solos evoluídos de clima temperado. Atualmente a maior parte dos solos amazônicos e a vegetação que os cobre, são resultados da evolução climáticas dos últimos anos, em que a região passou de um clima árido para o atual úmido.

Figura 1. Tipos de clima da Amazônia

As condições climáticas da Amazônia são complementadas pelo brilho solar anual, da ordem de 2000 a 2400 horas médias, excelente para o desenvolvimento de

plantas tropicais mas constituindo-se também num ambiente propício à proliferações de pragas e doenças (FALESI, 1982).

Em relação aos solos da amazônia brasileira, este autor relata que a geologia é bastante diversificada, ocorrendo desde o Holoceno constituindo as várzeas férteis do Rio Amazonas e seus afluentes, de água barrenta, até os terrenos pré-cambrianos de idade primitiva da terra. A ação dos fatores de formação do solo resultou na existência de várias classes de solos, destacando-se os distróficos com percentual de 92 %. A classes dos solos eutróficos que constituem os outros 8 %, representados pelos podzólicos vermelho-amarelo, os cambissolos, as terras roxas, glei pouco húmico, glei húmico e aluviais também eutróficos, constituem a várzea com uma área de 19.000.000 ha (dezenove milhões de hectares).

2.2. Floresta

HEINSDIJK & BASTOS (1965) relatam a existência de divergências entre os especialistas sobre a classificação das florestas tropicais, que possuem como característica marcante a maneira que as espécies se dispõem em altura e a forma dos troncos das árvores. A respeito do comportamento das diferentes espécies da região Amazônica, estes mesmos autores realizaram um estudo sobre a distribuição dos diâmetros, uma vez que cada espécie possui características peculiares.

Quanto às formações vegetais, os quase 500 milhões de hectares da Amazônia legal se subdividem, a grosso modo, em 50 % de floresta úmida, 20 % de floresta semi úmida ou matas finas de transição, 20 % de cerradão e 10 % de campos naturais. Pequenas áreas de pantanais, caatingas, manguesais e outras formações vegetais de menor importância em superfície, não são normalmente mencionadas, (DUBÉ, 1980).

Na Amazônia brasileira existem, segundo LOUREIRO et alii (1979), aproximadamente 4000 espécies arbóreas regularmente distribuídas na floresta. Algumas delas como a guariúba (*Claricia racemosa*) e a cupiúba (*Goupia glabra*) são encontradas desde o Acre até o Maranhão, e ainda na Colômbia, Peru, Venezuela, Guianas e Suriname, enquanto que a mandioqueira (*Qualea acuminata*) ocorre somente nos Estados do Amazonas e Pará.

A existência de grande variação de espécies de uma área para outra é afirmado por RICHARDS (1957) o qual ainda mostra que a característica principal é a existência de grande número de espécies permanentemente verdes.

Verificou-se, entretanto, que deste grande número de espécies existentes, somente cerca de 200 foram estudadas em termos de suas propriedades tecnológicas e apenas 50, são comercializadas e/ou industrializadas.

Segundo PIRES (1973) a região amazônica possui 7 (sete) tipos de vegetações. De acordo com DUBÉ (1980), esses tipos principais de vegetação não são uniformes,

apresentando grandes variações de local para local, sendo tanto maiores quanto maiores forem as distâncias das áreas entre si.

DUBÉ (1980), afirma ainda que no mesmo local existe uma considerável variação da vegetação influenciada pela diversidade de ambientes, caracterizados pelas condições do meio, diversificação de solos quanto à fertilidade, profundidade, drenagem, aeração e disponibilidade de água superficial ou subterrânea.

O sentido da distância entre duas áreas, se de norte a sul ou de leste a oeste é muito importante pois, em cada caso, diferentes tipos de barreiras ecológicas têm funcionados nas suas evoluções.

PIRES (1973) descrevendo alguns tipos de vegetação da Amazônia afirma que o porte da mata de várzea, embora é menos expressivo do aquele da mata de terra firme, embora contenha algumas árvores grandes como a sumaúma (*Ceiba pentandra*), o açacú (*Hura crepitans*), a muiratinga (*Olmediophaena maxima*), e as cacingubas (*Ficus sp*). Afirma ainda que, regra geral, as madeiras de várzeas são mais moles do que as de terra firme. A área de várzea da Amazônia, menor segundo este autor, é estimada estar entre 60 a 100 mil quilômetros quadrados.

Na região amazônica são encontradas mais de 200 espécies por hectare, cada uma delas com densidade populacional e arquitetura própria. As distribuições de DAP

e de altura da copa são muito variadas conforme mostram pesquisas recentemente realizadas pelo CENA, INPA, WHRC e NYBG (1988). Com relação ao diâmetro, observa-se nos trabalhos produzidos por esses órgãos, que raramente são encontradas árvores com diâmetro abaixo de 10 cm, a não ser em áreas que sofreram interferências do homem.

PIRES (1981) em seu trabalho de pesquisa denominado "Conceito de floresta tropical" explica que nas formações florestais existem um grupo de espécies tolerantes que conseguem crescer à sombra desde a germinação até o estado adulto, outro constituído de espécies exigentes de luz e que portanto, só conseguem se desenvolver nas clareira da mata e um terceiro grupo constituído pelas espécies intermediárias.

Este autor relata que é praticamente impossível estimar as idades das árvores de florestas tropicais através do diâmetro do tronco, sendo isso normalmente possível nos plantios que crescem em campos abertos.

Geralmente as espécies de árvores de grande porte são exigentes de luz, existindo exceções como a maçaranduba (*Manilkara huberi*) que é uma árvore grande e tolerante à sombra.

A floresta tropical pluvial é considerada por RANKIM (1979) como o ecossistema mais complexo do mundo, dominando a maior parte da bacia amazônica que representa um

repositório de inumeráveis espécies.

PRANCE et alii (1976) afirmam que a mata de terra firme é típica das áreas de latossolo da região de Manaus. Estes autores fizeram um inventário de mata de terra firme, de latossolo, no Km 30 da estrada de Manaus-Itacoatiara, e encontraram 235 espécies lenhosas, das quais 179 com diâmetros acima de 15 cm.

2.3. Variabilidades das propriedades químicas, físicas e mecânicas da madeira

As espécies das florestas tropicais apresentam grande variabilidade em suas propriedades tecnológicas, em parte devido ao grande número de espécies existentes, o que justifica a realização de estudos exploratórios em pelo menos dois níveis distintos. De acordo com NOACK (1970); BENDTSEN & RATTNER (1969 e 1970), o primeiro nível de estudos se refere a testes preliminares, realizados em pequenas amostragens, a fim de minimizar os custos envolvidos e o segundo se refere aos estudos complementares que forem estatisticamente necessários para proporcionarem a confiabilidade desejada.

PANSHIN & DE ZEEUW (1970) além de citar as variabilidades existente nas propriedades físicas e mecânicas, também afirma que a composição e a quantidade de extrativos existente na madeira, exercem grandes influências nas suas propriedades. Este autor revela que os extrativos

podem estar completamente infiltrado na parede celular ou podem ocorrer no interior do lúmen das células.

Segundo o U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY (1974) os extrativos não fazem parte da estrutura da madeira, mas exercem influências marcantes nas características e propriedades da madeira, como cheiro, cor, resistência ao ataque de fungos, resistência mecânica, densidade, higroscopicidade, etc.

Os extrativos contribuem para algumas propriedades da madeira devido sua presença estar diretamente relacionada com a permeabilidade, densidade, dureza e resistência à compressão, PANSIM & DE ZEEUW (1970).

O U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY (1974) encontrou um pequeno acréscimo no módulo de ruptura à flexão estática e na resistência à compressão paralela às fibras em algumas amostras que continham mais extrativos.

Trabalhos realizados por CHOONG & ACHMADI (1991) com espécies de madeiras tropicais, indicam que a remoção de extrativos pode provocar consideráveis aumentos nas contrações das madeiras.

BODIG & JAYME (1982) comentam que as distribuições de frequência Normal, Log-normal e Weibull são as mais utilizadas para representarem as variabilidades das propriedades físico-mecânicas da madeira, e consideram ainda que as duas últimas são mais apropriadas.

BENDTSEN et alii (1970) afirmam que estas

propriedades não podem ser consideradas como normalmente distribuídas, uma vez que a função normal é definida no intervalo de $-\infty$ a $+\infty$ e incluir, portanto, valores negativos. Na prática, nada impede de se aceitar a hipótese da normalidade de uma distribuição que contenha apenas valores positivos, desde que ela apresente a forma de sino e tenha seus parâmetros adequadamente descritos.

Devido ao menor intervalo de variação das propriedades da madeira em comparação com aquele da curva normal, BODIG & JAYME(1982) aconselham normalizar os dados referentes a tais propriedades no caso da distribuição normal ser utilizada.

Alguns coeficientes de variação obtidos pelo U.S.FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955 e 1974) a respeito de algumas propriedades da madeira, determinadas na condição saturada estão apresentados na Tabela 1. De acordo com este mesmo órgão, a mesma magnitude de variação pode ser considerada na condição seca, ou seja, a 12 % de umidade.

TABELA 1 - Coeficientes de variação para algumas propriedades da madeira determinadas na condição saturada.

	Db	E _f	f _f	^{comp.} f _c	^{cisalh.} f _{cn}	f _s
CV%	10	22	16	18	28	14

BENDTSEN & ETHINGTON (1970), afirmam serem as variabilidades das propriedades física e mecânicas maiores entre árvores do que dentro de uma mesma árvore e recomenda portanto, que deve-se amostrar mais intensamente a espécie do que a árvore.

PADT/REPORT (1981) apresenta as propriedades físicas e mecânicas de madeiras oriundas de cinco localidades diferentes (Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela). Na Tabela 2 estão os coeficientes de correlação e de determinação apresentados por este trabalho a respeito das relações entre o módulo de elasticidade e módulo de ruptura ambos à flexão estática e a densidade básica. O trabalho não descreve nenhuma análise, mas é possível observarem-se altos coeficientes de determinação tanto para o modelo linear como para o logarítmico. Verifica-se também um decréscimo do coeficiente de determinação na Venezuela.

Com respeito à influência da densidade na resistência ao cisalhamento da madeira, BROTERO (1932) citado por SALES (1991) afirma que a resistência ao cisalhamento da madeira a 15 % de umidade tende a crescer com o aumento da densidade. MENDES (1984) encontrou a mesma tendência e ainda relata, que com a diminuição da umidade a resistência ao cisalhamento também cresce.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação e de determinação de relações entre propriedades mecânicas e densidade básica

Local	Variáveis	Ln		Log	
		R	R ²	R	R ²
Bolívia	f _f x Db	0.95	0.93	0.93	0.86
	E _f x Db	0.92	0.85	0.91	0.82
Colômbia	f _f x Db	0.93	0.86	0.90	0.87
	E _f x Db	0.87	0.76	0.87	0.76
Equador	f _f x Db	0.92	0.85	0.90	0.82
	E _f x Db	0.89	0.79	0.88	0.78
Peru	f _f x Db	0.93	0.86	0.94	0.89
	E _f x Db	0.92	0.85	0.92	0.85
Venezuela	f _f x Db	0.91	0.83	0.90	0.82
	E _f x Db	0.83	0.69	0.83	0.68

R = coeficiente de correlação

R² = coeficiente de determinação

HOWE (1974), mediu a variação do peso específico em quatro espécies desenvolvidas em seis localidades da Costa Rica. A influência da localidade foi mais pronunciada em *Cordia alliodora*, mas teve também um pequeno efeito em *Virola kaschnyi*, *Cedrela mexicana*, e *Brosimum* sp.. No caso da *Cordia alliodora* a maior diferença foi observada entre uma floresta tropical úmida, homogênea em termos climáticos e outra floresta também tropical úmida, mas heterogênea em termos de clima.

ODUM et alii (1970) tendo feito algumas medições no metabolismo de indivíduos de uma floresta de Porto Rico, conclui que a proporção da fotossíntese em

relação à respiração é de considerável importância para o entendimento da teoria da sucessão e adaptação das várias espécies. Observou ainda, no caso da *Cecropia* cuja madeira é de baixa densidade uma alta relação fotossíntese/respiração.

Praticamente, todas as essências arbóreas valiosas se renovam sob qualquer intensidade de sombra, algumas delas inclusive passam por um período de estagnação e retornam o seu desenvolvimento a partir de uma certa idade. Entretanto, quando a espécie possui uma elevada exigência de luz, esta exerce uma influência muito grande sobre a formação de sua copa e do seu tronco, (ANDRAE, 1978).

BONILLA (1971), afirma que uma das causas da variação da densidade básica da madeira é o sítio, que é definido como a capacidade de uma área suportar o crescimento das árvores.

NOACK (1970) utiliza a argumentação referente às correlações entre propriedades como justificativa para indicar o estudo de um menor número delas. Portanto, as propriedades dependentes podem, obviamente, ser estimadas.

ZOBEL (1978), considerando a madeira como o produto do processo de crescimento, acredita que a diferenciação do ritmo de crescimento interfere na qualidade da madeira.

KLAUDITZ & STOLLEY (1957) não encontraram correlação entre o local e a densidade da madeira de *Pseudotsuga taxifolia* e obtiveram maiores densidades nos

locais de menores precipitações. Entretanto, ORMAN (1958) encontrou densidades mais baixas em locais de mais baixas precipitações.

BENSON (1924) estudando *Fraxinus* spp nos Estados Unidos da América, não encontrou variação da densidade entre locais diferentes. As maiores variações foram atribuídas às árvores individuais e às posições dentro da árvore. Entretanto, PILLOW (1950) atribuiu, à drenagem do solo, as variações da densidade em *Fraxinus* spp.

HARTIG (1892 e 1898) e JANKA (1909), citados por SARDINHA (1974), mencionam a existência de acentuada influência das condições ambientais nas propriedades da madeira de abeto. Da mesma forma, alguns autores afirmam que os locais de melhor qualidade produzem lenha de maior densidade.

GOGGANS (1961); SUNLEY & LAVERS (1961); ELLIOTT (1970); LOUZADA & FONSECA (1990) concluíram em trabalhos recentes, baseados nas mais modernas técnicas de amostragem, que a densidade da madeira não se apresenta correlacionada com a qualidade do local. No entanto, admitem que entre locais extremamente diferentes, podem ocorrer diferenças nas densidades máximas e mínimas medidas em pontos da seção transversal que definem os crescimentos anuais. Valores baixos foram associados a locais onde condições desconhecidas inibem o desenvolvimento do lenho final.

Segundo RUDMAM (1968), PANSIM & DE ZEEUW (1970) e GIBSON et alii (1986), essas condições podem estar relacionadas com o teor de umidade do solo, altitude e deficiências nutricionais do solo.

LEDIG et alii (1975) concluíram em suas pesquisas que os locais de baixa altitude apresentavam sempre, mais elevados valores de densidade. No entanto, PANSIM & DE ZEEUW (1970), em estudo realizado com a *Pseudotsuga menziesii* obtida em povoamentos que alcançaram grandes variação de latitude e altitude, mencionam que apenas cerca de 5% da variação total da densidade do lenho pode estar relacionada com a latitude e somente 1 % com a altitude.

2.4. Crescimentos das árvores em florestas tropicais

MORAES (1970), detectou num período de 12 meses em que foram feitas medidas mensais do CAP, que dezessete de 21 espécies estudadas na reserva de Mocambo no Pará, apresentaram periodicidade estacional de crescimento do tronco e fases de maior crescimento época chuvosa. Verificou também que as taxas de crescimento em cada espécie foram maiores para os indivíduos de porte médio, com exceção da *Theobroma junpunba*. Conclui ainda que a ocorrência de maior crescimento na época chuvosa indica que a luz não é o fator limitante no crescimento do tronco das espécies que ocupam o

teto da floresta, uma vez que a época chuvosa coincide com o período de maior nebulosidade e portanto de menor radiação solar. O mesmo não ocorre com as espécies cujas copas estão abaixo do teto.

SCHULZ (1960) e DAWKING (1956) também detectaram em indivíduos adultos de espécies de mata pluvial tropical que o maior crescimento do tronco correspondia à época chuvosa.

GUINANDEAU (1968), citado por GUTIERREZ (1970) atribui como fatores determinantes para o entendimento da alta diversidade e dos diferentes ritmos de crescimento observados em floresta tropicais, o conhecimento das características dos sítios e dos parâmetros genéticos próprios das espécies.

O desenvolvimento e a arquitetura das árvores nas florestas são notadamente heterogêneos, sendo esta heterogeneidade atribuída às características das espécies, locais e idades.

VEILLOM (1967) também concorda que o crescimento de um povoamento florestal é influenciado, pela idade, condições edáficas locais, localização das árvores e por fatores genéticos de cada espécie.

HUSCH (1963) menciona que os fatores do meio ambiente que afetam o crescimento das árvores podem ser classificados em estáveis e transitórios e GOLFARI (1967) afirma que a distribuição das chuvas durante o ano, é mais

importante do que a quantidade de chuvas no mesmo período.

Em regiões de clima tropical, a temperatura do ambiente influi decisivamente no ritmo de crescimento das árvores e segundo NICHALSON, (1960), é possível observarem-se altas taxas de fotossíntese mesmo sem a luz completa do dia.

ALVIM (1956) estudou o crescimento diametral do tronco do cacaueiro e observou uma correlação positiva entre este crescimento e a temperatura do ar, não encontrando, entretanto, nenhuma correlação com a precipitação pluviométrica.

GUTIERREZ (1970) afirma que, dos fatores do meio que afetam o crescimento e a forma das árvores, o controle do espaço disponível para cada árvore é o único que pode ser manejado. O correto manejo deste espaço pode proporcionar às plantas um crescimento mais uniforme.

HUMPHRIES (1944), em observações feitas em cacueiros, verificou que a chuva tem efeito marcante no incremento em diâmetro do tronco, mas atribui esse efeito à hidratação e inchamento da casca.

2.5. Análise multivariada e de agrupamento

O entendimento da maioria dos fenômenos requer observações, coletas de dados e análise de muitas variáveis. As técnicas de análises de dados dependentes simultaneamente de um grande número de variáveis são chamadas de análises multivariadas (JOHNSON et alii, 1988).

As técnicas de análise multivariadas podem ser empregadas para alcançarem-se vários objetivos, como por exemplo redução do número de dados ou simplificação de estruturas, ordenação e agrupamentos, estudos de dependências entre variáveis, predições e construções de hipóteses. Estas técnicas apresentam as vantagens de possibilitar o manuseio de muitos atributos simultaneamente, a obtenção de altas homogeneidades internas aos grupos e aos intervalos de classes, adquirindo-se máximas diferenciações e comparações quantitativas entre as variáveis analisadas (SPURR & BARNES, 1980).

Segundo HINZ (1975), a análise de agrupamento é uma técnica pouco conhecida e pouco difundida entre os pesquisadores, tendo sido desenvolvida plenamente somente nestes últimos 15 anos. Entretanto, tem obtido sucesso numa ampla variedade de situações de análise de dados.

A análise de agrupamento é definida como o processo de arranjar séries de dados em subséries, de tal maneira que os dados de uma subsérie tenham alto grau de homogeneidade, comparados aos dados de subséries diferentes, (HINZ, 1975).

Segundo ASPIAZU (1979), a técnica de agrupamento consiste, essencialmente, na análise de uma matriz simétrica dos coeficientes de correlação simples, estabelecida para verificar-se o grau de homogeneidade dos componentes entre grupos, em relação aos componentes de um

mesmo grupo. Os resultados são comumente apresentados na forma de diagramas hierárquicos, denominados dendrogramas ou dendrógrafos, nos quais os valores das ordenadas expressam os índices de semelhança entre os objetos indicados na abcissa. No dendrograma os objetos ficam, na abcissa, equidistantes entre si, ao passo que no dendrógrafo o espaçamento é desigual, fornecendo mais um critério para decidir-se acerca dos agrupamentos.

A revisão bibliográfica realizada e as informações aqui registradas evidenciam a escassez de pesquisas a respeito do tema central desta dissertação, salientando-se que não foi encontrado nenhum trabalho específico sobre a variabilidade das propriedades físicas e mecânicas de madeiras da Amazônia. Este fato constitui-se em uma forte justificativa para a realização do presente estudo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentada uma descrição sumária da caracterização das regiões estudada e da metodologia utilizada.

Os dados individuais das propriedades físicas e mecânicas utilizados neste trabalho foram adquiridos através dos projetos desenvolvidos pelo IBAMA/INPA nas regiões do Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós.

3.1. Seleção das espécies

A seleção das espécies para todas as coletas foi baseada num inventário florestal, levando-se em consideração a frequência, o volume das espécies por unidade de área, o diâmetro à altura do peito (DAP) e o grau de conhecimento que se tem a respeito destas espécies. As árvores amostradas tiveram seu DAP variando de 40 a 80 cm.

3.2. Características gerais das áreas de estudo

A coleta de dados para a determinação das propriedades físicas e mecânicas das madeiras amazônicas

foram realizadas em diferentes regiões da Amazônia (Fig.2), as quais serão descritas a seguir.

Figura 2 - Localizações das áreas estudadas

3.2.1. Amapá

Está localizada a $51^{\circ} 58' 03''$ a Oeste de Greenwich e a $00^{\circ} 13' 39''$ ao Norte do Equador. O clima é equatorial úmido, sendo marcante a influência das oscilações da frente intertropical. A Pluviosidade é muito alta e praticamente não existe estação seca na área florestada. A cobertura vegetal predominante é a floresta densa, de porte

elevado. Os solos predominantes nesta região são os hidromórficos, os quais dominam a faixa costeira.

3.2.2. Balbina

Está localizada ao Norte de Manaus à margem do rio Uatumã. Situa-se no Município de Presidente Figueredo ao norte da cidade, entre as coordenadas geográficas $1^{\circ} 00' 00''$ e $2^{\circ} 00' 00''$ de latitude sul e $59^{\circ} 20' 00''$ e $60^{\circ} 30' 00''$ de longitude Oeste de Greenwich (INPA-Inventário florestal da UHE de Balbina, 1983). Esta área de acordo com a classificação de Koppen é denominada clima tropical chuvoso do tipo AWi. A temperatura média anual oscila em torno de 26°C , com pequena amplitude térmica, e a umidade relativa do ar é superior a 80%.

A área inventariada encontra-se na região fitoecológica da floresta tropical densa.

3.2.3. Curuá-Una

A Estação Experimental de Curuá-Una está localizada na Superintendência da Amazônia - SUDAM, no município de Praínha, Estado do Pará. Sua posição geográfica é equatorial, com $2^{\circ} 23' 00''$ de latitude Sul e $54^{\circ} 24' 00''$ de longitude Oeste. Localiza-se à margem direita do rio Curuá-Una, afluente do rio Amazonas. O clima é equatorial

úmido, caracterizado por uma estação seca, com menos de 50 mm de precipitação mensal, a qual se estende de junho a outubro. A precipitação média anual é de ordem de 1720 mm. A temperatura máxima varia de 30 a 34°C e a variação da temperatura mínima está no intervalo de 21,5 a 28,1°C. A temperatura média anual é de aproximadamente 27°C.

A SUDAM (1979) relata que, devido às condições meteorológicas referidas acima, a Estação Experimental de Curuá-Una pode ser representativa de toda a região do médio Amazonas.

Quanto aos solos, distinguem-se os arenosos do Flanco e os argiloso do planalto, existindo também áreas de várzeas. Esta área encontra-se sub-dividida por estradas, em vinte e um talhões de aproximadamente 100 hectares cada um. A topografia é plana possuindo o latossolo amarelo como solo predominante.

3.2.4. Tapajós

Localizada no Município de Santarém, Estado do Pará, tendo como limite Norte o Paralelo 3° 39' 30"; como limite Sul o Paralelo 12° 45' 00" ; como limite Leste a Rodovia Cuiabá - Santarém e como limite Oeste o rio Tapajós. Segundo os levantamentos do RADAM BRASIL (1976) os solos desta região são dos tipos podzólicos, latossólicos e areias quartzosas. Na totalidade da área persiste a chamada floresta

amazônica tropical, de matas altas e fechadas, com aparecimento de savanas no meio Sul- Sudoeste.

3.3. Amostragem

A coleta do material foi realizada de acordo com o sistema de amostragem ao acaso em conformidade com a norma COPANT (Comision Panamericana de Normas Técnicas) 458/72, BENDTSEN, FREESE & ETHINGTON (1970) e NOACK (1970). Para as áreas de Curuá-Una e Tapajós adotou-se, a princípio, um número mínimo de 10 (dez) árvores por espécie, porém, devido às oscilações de frequências individuais e aos erros na identificação botânica no instante da coleta, a amostragem acabou sendo bastante variada, de 2 a 25 árvores por espécie coletada. Para as regiões de Amapá e Balbina foram adotadas de 3 a 5 árvores por espécies priorizando-se às espécies desconhecidas.

Na região de Balbina, a amostragem foi realizada nos locais mais acessíveis, ao redor dos canteiros de obras da represa de Balbina utilizando-se as informações dos inventários do Departamento de Silvicultura do INPA (1983) e da JAAKO POYRY (1983).

A amostragem em Curuá-Una foi realizada na estação experimental da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM, na região do Pará.

3.4. Espécies estudadas

Para o desenvolvimento deste trabalho foram estudadas, um total de 87 espécies, sendo 22 espécies madeireiras do Amapá, 16 de Balbina, 29 de Curuá-Una e 20 de Tapajós (Tabelas 3 a 6).

Deve ser destacado que a maioria das espécies selecionadas são de grande ocorrência na Amazônia legal, (LOUREIRO, 1976), como o ipê que é encontrado em quase todo o território Nacional.

Tabela 3 - Relação das espécies estudadas em Balbina

Nome científico	Nome vulgar
<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melancieira
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Pau rainha
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumaru
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba
<i>Iryanthera tricornis</i> Ducke	Ucuúba punã
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Caroba
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taubert ex Mez.	Itaúba
<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C. K. Allen	Louro gamela
<i>Qualea brevipedicellata</i> Stafleu	Mandioqueira
<i>Simaruba amara</i> Aubl.	Marupá
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Quarubarana
<i>Couratari stellata</i> A. C. Smith	Tauari 4
<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	Fava orelha de negro
<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	Cardeiro

Tabela 4 - Relação das espécies estudadas em Curuá-Una

Nome científico	Nome vulgar
<i>Syzygiopsis oppositifolia</i> Ducke.	Abiu branco
<i>Planchonella pachycarpa</i> Pires	Abiu casca doce
<i>Pouteria caimito</i> (R. & P.) Radlk.	Abiurana
<i>Dipteryx odorata</i> Willd.	Cumaru
<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke.	Angelim da mata
<i>Sandwithiodoxa egregia</i> (Sandw.) Aubr. & Pellegr.	Abiu pitomba
<i>Lecythis pisonis usitata</i> (Miers) Mori & Prance	Sapucaia
<i>Symphonia globulifera</i> L.	Anani
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav	Guariúba
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim verdadeiro
<i>Parkia paraensis</i> Ducke.	Fava arara tucupi
<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	Fava folha fina
<i>Vatairea sericea</i> Ducke.	Faveira bolacha
<i>Parkia pendula</i> Benth ex Walp.	Fava bolota
<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	Fava de rosca
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret.	Açoita cavalo
<i>Sclerolobium paraensis</i> Huber.	Tachi branco
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatr.	Uchi lisa
<i>Vantanea parviflora</i> Lam.	Uchirana
<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke.	Glícia
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne & Planch	Morototó
<i>Aniba canelilla</i> (H.B.K.) Mez.	Preciosa
<i>Drypetes variabilis</i> Uittien.	Pau branco
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Quarubarana
<i>Ormosia paraensis</i> Ducke.	Tento
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & R. Knuth.	Tauari 1
<i>Inga alba</i> Willd.	Ingá
<i>Trichilia lecointei</i> Ducke.	Pracaúba da terra firme
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba

Tabela 5 - Relação das espécies estudadas em Tapajós

Nome científico	Nome vulgar
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don.	Caroba
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Quarubarana
<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.	Visgueiro
<i>Tachigalia myrmecochilla</i> Ducke.	Tachi pitomba
<i>Sclerolobium</i> aff. <i>chrysophyllum</i> Poepp. & Endl.	Tachirana
<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melancieira
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari 6
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke et Knuth.	Tauari 3
<i>Couratari stellata</i> A. C. Smith	Tauari 5
<i>Sterculia speciosa</i> K. Sch.	Tacacazeiro
<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke.	Amapá doce
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
<i>Trattinickia burserifolia</i> (Mart.) Wild.	Breu preto
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	Breu branco
<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Castanheira
<i>Copaifera reticulata</i> Ducke.	Copaíba
<i>Simaruba amara</i> Aubl.	Marupá
<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K.Allen.	Louro gamela
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taubert ex Mez.	Itaúba
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C. Berg.	Muiratinga
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber.	Mururé

Tabela 6 - Relação das espécies estudas no Amapá

Nome científico	Nome vulgar
<i>Alexa imperatrices</i> (Schomb) Baill	Melancieira falsa
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) R. Bem	Araracanga
<i>Couratari multiflora</i>	Tauari
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari 2
<i>Eschweilera sagutiana</i>	Mata matá branco
<i>Eperua</i> sp.	Apá
<i>Lecythis idatinon</i>	Sapucaia
<i>Lecythis amara</i>	Jarana 1
<i>Lecythis poitau</i>	Jarana 2
<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standly	Maparajuba
<i>Ormosia coutinhoi</i> Ducke	Buissu
<i>Parinari montana</i> Aubl	Uchirana
<i>Parkia nitida</i> Miq.	Fava bengue
<i>Parkia ulei</i> Kuhlm	Esponja
<i>Peltogyne paradoxo</i> Ducke	Coatá guiçava
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.)	Breu
<i>Sacoglottes guianensis</i> Benth	Achuá
<i>Sclerolobium</i> sp.	Tachi branco
<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu branco
<i>Thyrsodium guianensis</i> Aubl	Amapá
<i>Vatairia guianensis</i> Aubl.	Fava
<i>Vochysia guianensis</i>	Quaruba branca

As espécies comuns em duas ou mais áreas, infelizmente em pequeno número, estão relacionadas na Tabela 7.

TABELA 7 - Relações das espécies comuns a algumas regiões

BALBINA/TAPAJÓS	BALBINA/CURUÁ UNA/TAPAJÓS	BALBINA/CURUÁ-UNA
<i>Jacaranda copaia</i>	<i>Erisma uncinatum</i>	<i>Dipteryx odorata</i>
<i>Nectandra rubra</i>		<i>Goupia glabra</i>
<i>Carapa guianensis</i>		<i>Claricia racemosa</i>
<i>Simaruba amara</i>		<i>Erisma uncinatum</i>
<i>Mezilaurus itauba</i>		
<i>Alexa grandiflora</i>		
<i>Couratari stellata</i>		

3.5. Norma utilizada para a execução dos ensaios físicos e mecânicos

Foi adotada a norma COPANT (Comision Panamericana de Normas Técnicas, 1971, 1972 e 1975). Esta norma é bastante próxima da ASTM, o que possibilita comparações entre elas, pelo menos ao nível individual.

3.6. Propriedades estudadas

Dentro das propriedades físicas foi estudada somente a densidade básica (Db) e dentro das propriedades

mecânicas foram estudadas a resistência à compressão paralela às fibras (f_c), módulo de ruptura à flexão estática (f_f), módulo de elasticidade à flexão estática (E_f), resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (f_g) e módulo de resistência no limite de proporcionalidade à compressão normal (f_{cn}).

3.7. Corpos de provas

Para a obtenção dos corpos de prova utilizaram-se vigas de dimensões de (8x8x200) cm e (8x8x160) cm . As mesmas foram empilhadas e deixadas ao ar livre, protegidas do sol e da chuva, até atingirem aproximadamente 18% de conteúdo de umidade (umidade de equilíbrio da região onde as amostras foram ensaiadas). Após atingirem a umidade acima referida, as vigas foram acondicionadas em câmara de aclimatização para que suas umidades alcançassem um novo equilíbrio a 12 %, quando então foram desdobradas para preparo final dos corpos de provas.

As vigas, uma de cada árvore, foram retiradas da posição sorteada ao longo do fuste reto da árvore e da posição sorteada dentro da seção transversal da tora.

3.8. Relação entre umidade natural e Db

Para a estudar-se uma possível relação entre a umidade natural de árvores vivas e a densidade básica de

sua madeira árvores vivas, foram retiradas amostras dos DAP de uma árvore de cada uma de nove espécies estudadas, utilizando-se uma sonda adaptada a uma furadeira elétrica. Os corpos de prova tiveram dimensões de 2 cm de diâmetro e aproximadamente 1.2 cm de comprimento. As amostras ao serem retiradas foram imediatamente colocadas em um recipiente hermeticamente fechado e posteriormente foram pesadas para determinações de seus pesos úmidos. Em seguida, os corpos de prova foram colocados em estufa à temperatura de aproximadamente 105°C durante três dias quando então foram pesados para as determinações de seus pesos secos. O conteúdo de umidade e a densidade básica foram determinadas com base nas recomendações da COPANT.

3.9. Análises estatísticas

Para todas as análises que se seguem utilizou-se o SISTEM ANALYSIS STATISTICAL (SAS) versão 6.03 instalado em um micro computador AT 386.

3.9.1. Análise de variância

Para melhor interpretação dos resultados obtidos efetuou-se uma análise de variância tendo-se as espécies como tratamento, dentro de cada área e para todas as propriedades, Db , E_f , f_f , f_c , f_{cn} e f_s .

Procedeu-se uma segunda análise de variância, segundo um delineamento fatorial, para detectar-se a possíveis existência de diferença entre áreas e principalmente verificar a significância da interação entre área e espécie. Os resultados obtidos estão na Tabela 9.

Uma terceira análise de variância foi efetuada para todas as propriedades da espécies Quarubarana, tendo-se as áreas (Balbina, Curuá-Una e Tapajós) como tratamentos. Os resultados obtidos estão na Tabela 11.

3.9.2. Teste de Tukey

O teste de Tukey foi aplicado para verificarem-se as diferenças entre as médias das espécies comuns às regiões de Balbina e Curuá-Una e Balbina e Tapajós. Os resultados obtidos estão na Tabela 10.

3.9.3 - Agrupamentos

Visando identificarem-se grupos de espécies florestais da região Amazônica similares, em termos de suas densidades básicas e de suas propriedades mecânicas, utilizou-se a análise multivariada através de três técnicas diferentes: Análise de Componentes Principais, Correlação Canônica e análise de agrupamentos. Foram consideradas como variáveis todas as propriedades estudadas (Db , E_f , f_f , f_c , f_{cn} e f_g).

Através da análise de componentes principais eliminaram-se as variáveis desprezíveis tendo-se como critério para isto, a não significância dos coeficientes de correlação simples das J_i ^s possíveis combinações lineares entre as variáveis.

Através da análise de correlação canônica de obteve-se p gráfico de distribuição dos componentes, J_1 versus J_2 , no qual, visualizou-se o número adequado de grupos.

Tendo-se então, o número ideal de grupos utilizou-se os métodos hierárquicos de médias; centroide, average e ward, para estabelecerem-se quais as espécies que naturalmente se caracterizam em cada um dos diversos grupos.

3.9.4. Distribuição Weibull

Foram utilizados dois métodos para determinarem-se os parâmetros da distribuição Weibull, os quais serão descritos a seguir:

- Método da máxima verossimilhança e
- Método dos percentis;

Para determinarem-se os parâmetros **b** e **c** pelos dois métodos, foram utilizados todos os dados de densidade básica de todas as espécies, independentemente da sua origem. Primeiramente calcularam-se os intervalos de classe, verificando-se quais as frequências de densidades básicas

dentro de cada um destes intervalos adotados.

A função (1) chamada de função de densidade de probabilística e a (2) chamada de função de densidade acumulada foram adotadas e adaptadas para o caso da distribuição das densidades básicas das espécies madeireiras da Amazônia.

$$f(Db) = \frac{c}{b} \left(\frac{Db - Db_{\min}}{b} \right)^{c-1} e^{-\left(\frac{Db - Db_{\min}}{b} \right)^c} \quad (1)$$

$$F(Db) = 1 - e^{-\left(\frac{Db - Db_{\min}}{b} \right)^c} \quad (2)$$

3.9.4.1. Método da máxima verossimilhança

Com base nas frequências observadas dos dados utilizou-se a Eq. (3) para determinar-se o valor do estimador c , através de um processo iterativo.

$$\frac{1}{c} - \frac{\sum_{i=1}^n f_i (Db - Db_{\min})^c \ln(Db - Db_{\min})}{\sum_{i=1}^n f_i (Db - Db_{\min})^c} + \frac{\sum_{i=1}^n f_i \ln(Db - Db_{\min})}{n} = 0 \quad (3)$$

Neste trabalho foi adotado um processo iterativo manual através da planilha eletrônica do QUATRO - PRO versão 3.0.

O estimador b foi determinado em seguida através da Eq.(4), abaixo, utilizando-se o valor do parâmetro c já calculado.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n f_i (Db - Db_{\min})^{\frac{1}{c}}}{n} \quad (4)$$

3.9.4.2. Teste de aderência das funções aos dados observados

Para avaliarem-se os graus de ajustes das funções de distribuições foram determinados os parâmetros estatísticos R^2 e F e aplicado o teste dos pares.

Primeiramente a função de densidade probabilística (1) foi linearizada obtendo-se a Eq. (5) e a partir dela, foram executados, conforme mostram as equações (5a) e (5n), todos os detalhamentos para a obtenção dos parâmetros estatísticos R^2 e F .

$$\ln[f(Db)] = \ln\left(\frac{c}{b}\right) + (c-1) \ln\left(\frac{Db - Db_{\min}}{b}\right) - \left(\frac{Db - Db_{\min}}{b}\right)^c \quad (5)$$

donde

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (5a)$$

para

$$Y = \ln[f(Db)] \quad (5b)$$

$$b_0 = \ln\left(\frac{c}{b}\right) \quad (5c)$$

$$b_1 = (c-1) \quad (5d)$$

$$X_1 = \ln\left(\frac{Db - Db_{\min}}{b}\right) \quad (5e)$$

$$b_2 = -1 \quad (5f)$$

$$X_2 = \left(\frac{Db - Db_{\min}}{b}\right)^c \quad (5g)$$

Neste caso:

$$SQ_{total} = \sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (5h)$$

$$SQ_{regr} = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = b_k \sum x_k y = b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y \quad (5i)$$

$$\sum x_1 y = \sum X_1 Y - \frac{\sum X_1 \sum Y}{n} \quad (5j)$$

$$\sum x_2 y = \sum X_2 Y - \frac{\sum X_2 \sum Y}{n} \quad (5k)$$

$$SQ_{resíduo} = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = SQ_{total} - SQ_{regr} \quad (5l)$$

$$R^2 = \frac{SQ_{regr}}{SQ_{total}} \quad (5m)$$

$$F = \frac{Qm_{regr}}{Qm_{resíduo}} \quad (5n)$$

A função de probabilidade acumulada também foi linearizada obtendo-se as Eqs. (6), abaixo.

$$\ln[1 - F(Db)] = - \left(\frac{Db - Db_{\min}}{b} \right)^c \quad (6)$$

donde:

$$Y=0+bX \quad (6a)$$

para:

$$Y=\ln[1-F(Db)] \quad (6b)$$

$$b=-1 \quad (6c)$$

$$X=\left(\frac{Db-Db_{mim}}{b}\right)^c \quad (6d)$$

Utilizando-se novamente as equações (5b) a (5n), com as devidas adaptações, foram obtidos os novos parâmetros R^2 e F , indicativos dos graus de ajustes das f.d.a. Para a aplicação do teste dos pares, determinou-se o intervalo de confiança da média das diferenças existentes entre as probabilidades observadas e as probabilidades estimadas pelas funções ajustadas. Os desvios padrão e os erros padrão das médias das diferenças foram calculados pela equações (7), no caso, já adaptadas para o caso da distribuição da densidade básica estimada pelo método da máxima verossimilhança.

$$s=\sqrt{\frac{\sum [f(Db)_{o}-f(Db)_{max}]^2 - \frac{[\sum (f(Db)_{o}-f(Db)_{max})]^2}{n}}{n-1}} \quad (7a)$$

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (7b)$$

onde n = número de classes

Os limites inferior e superior do intervalo de confiança da média das diferenças foram obtidos pelas equações (7c) e (7d) respectivamente.

$$LI = \bar{X} - s_x t \quad (7c)$$

$$LS = \bar{X} + s_x t \quad (7d)$$

3.9.4.3. Método dos percentis

Admitindo-se que b e c são desconhecidos, foram utilizadas para as suas determinações, as equações (8), utilizando-se dados observados, organizados como na Tabela 20.

$$c = \frac{K}{\ln(x_1 - x_2)} \quad (8a)$$

$$b = \frac{x_1}{[-\ln(1 - p_1)]^{\frac{1}{c}}} \quad (8b)$$

$$K = \ln[-\ln(-p_1)] - \ln[-\ln(1 - p_2)] \quad (8c)$$

onde:

p_1 e p_2 são as probabilidades acumuladas, aleatoriamente adotadas sobre a distribuição dos dados da variável em estudo.

x_1 e x_2 são os valores da variável correspondentes a p_1 e p_2

$\ln$ indica logaritmo neperiano.

Substituindo-se os valores de K , x_1 , x_2 e p_1 nas Equações (8a) e (8b) obtêm-se os parâmetros **b** e **c**.

O grau de ajuste das funções obtidas por este método foi verificado da mesma forma descrita anteriormente para o método da máxima verossimilhança.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises estatísticas referente aos valores da densidade básica e das propriedades mecânicas das espécies estudadas nas regiões do Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós.

4.1. Variabilidade da densidade básica e das propriedades mecânicas das madeiras das regiões de Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós

Observaram-se nas análises estatísticas dos resultados experimentais obtidos nos ensaios de densidade básica e de propriedades mecânicas das espécies de madeiras oriundas das quatro regiões estudadas, valores médios de coeficientes de variação (Tabela 8). Esta variabilidade é, na maior parte, atribuída às diferenças entre espécies, às vezes dependentes das condições edáficas e climáticas das regiões estudadas.

Analisando-se os dados da Tabela 8, observa-se que o coeficiente de variação, no caso da densidade básica, foi em todas as regiões mais baixo do que aqueles

apresentados pelas outras propriedades da madeira. Os ensaios de f_f em Balbina, f_{cn} e f_s em Balbina e Tapajós foram os que apresentaram maiores coeficientes de variação. Esta diferenciação entre propriedades pode ser explicada por erros experimentais que penalizam mais umas propriedades do que outras, podendo-se citar que o mal preparo dos corpos de prova é uma forte e considerável causa de variação. As diferentes quantidades de extrativos e as diferentes disposições das células parenquimáticas longitudinais e dos raios entre espécies, também podem contribuir para essas diferenças de valores de coeficiente de variação.

O ensaio de cisalhamento por exemplo é difícil de ser executado por estar, quase sempre, influenciado por trincamentos do corpo de prova e também pelas concentrações de tensões impostas pelas condições de ensaio, caracterizando-se até mesmo como um dos ensaios impuros estabelecidos por normas.

Outro parâmetro a ser considerado é a inclinação da grã, que certamente exerce influência sobre os resultados dos ensaios.

Geralmente, os corpos de prova de madeiras de densidades mais elevadas trincam mais facilmente durante o processo de secagem, chegando-se às vezes, a racharem completamente em determinados ensaios. Tais problemas podem ser decorrentes das dimensões dos corpos de provas, não apropriadas à realidade das espécies amazônicas, pois alguns

destes ensaios realizados de acordo com a norma AFNOR não apresentaram problemas em seus resultados.

Tabela 8 - Análise de variância para a Densidade básica e propriedades mecânicas das regiões de Amapá, Balbina, Curuá-Una e Tapajós

Carac- terís- tica	REGIÕES								Todas as áreas
	AMAPA		BALBINA		CURUÁ-UNA		TAPAJÓS		
	CV	F	CV	F	CV	F	CV	F	CV
Db	6,28	38,90**	12,39	38,50**	7,78	7,55**	10,61	33,65**	24,86
E _f	12,99	10,05**	13,15	15,87**	10,49	20,61**	14,59	12,79**	23,24
f _f	13,67	20,34**	20,90	16,99**	5,14	25,11**	16,90	19,65**	31,59
f _c	10,38	30,02**	16,33	30,50**	3,15	28,97**	12,97	24,28**	28,69
f _{cn}	16,21	25,66**	36,40	13,47**	5,15	61,47**	24,48	10,69**	46,41
f _s	16,63	8,53**	21,86	10,38**	4,66	25,91**	21,97	11,66**	33,52

** Significância ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Db = densidade básica

E_f = módulo de elasticidade à flexão estática

f_f = módulo de ruptura à flexão estática

f_c = tensão no limite de resistência à compressão paralela às fibras

f_{cn} = módulo de resistência no limite de proporcionalidade à compressão normal às fibras

f_s = tensão no limite de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

Nos ensaios realizados de acordo com esta norma, verificou-se que os corpos de provas menores apresentaram resistências superiores em relação aos maiores.

Todavia, até à concepção de ensaios de mais alta fidelidade, é necessário conviver-se com estas variações todas, mesmo porque, as estruturas de madeiras estão sendo cotidianamente construídas.

Será visto mais adiante que todas as variações, independentemente das suas causas, serão confundidas e analisadas como sendo casualidades naturais.

Continuando, verifica-se na Tabela 8 que a variabilidade é maior nas características de resistência do que na densidade básica. Este fato, muito importante, leva à consideração de que a densidade básica é, de todas, a propriedade mais pura.

Comparando-se as quatro regiões observa-se que as espécies estudadas em Balbina apresentaram maior variabilidade em relação às demais, para todas as propriedades com exceção do módulo de elasticidade à flexão estática e da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, ambas de Tapajós. Isto corrobora as afirmações de NOACK (1970); BENDDTEN & RATTNER (1960 e 1970), quanto a variabilidade das propriedades de espécies das florestas tropicais.

BODIG & JAYME (1982) comentam a existência de variação entre árvores, entre espécies de diferentes regiões ou de uma mesma região, entre peças de madeiras de um mesmo tronco e até entre as posições e orientações dentro de uma mesma peça.

Observa-se também na Tabela 8, como já era esperado, diferenças altamente significativas entre espécies, para todas as propriedades. Verifica-se também nesta mesma tabela que os valores dos CV dentro de cada área, não são em

geral exageradamente altos se comparados com os CV das espécies individuais (Anexo 1).

Isto mostra que a variabilidade dentro de determinadas espécies é quase tão grande quanto a variabilidade de determinadas áreas que contêm várias espécies.

Outro fato a ser observado e conforme já discutido anteriormente também já era esperado, é que algumas propriedades como a f_{cn} e f_s apresenta, em geral, maiores CV quando comparados com aqueles das outras propriedades.

SLOOTEN (1976) desenvolveu estudos de propriedades físicas e mecânicas em várias espécies de madeiras coletadas em diferentes serrarias da região Amazônica e também encontrou grandes variações.

Das espécies estudadas, a que apresentou coeficiente de variação mais baixo em todas as propriedades foi abiurana (*Pouteria caimito*) coletada em Curuá-Una e em Belém do Pará (Anexo 1). Resultado similar foi encontrado por SLOOTEN (1976) para o louro inhamui (*Ocotea cymbarum*) o cedro (*Cedrella odorata*) e a maçaranduba (*Manilkara huberi*).

4.2. Variabilidade da densidade básica e das propriedades mecânicas das madeiras das regiões de Balbina/Tapajós e Balbina/Curuá-Una

Numa primeira análise, foram consideradas somente as espécies que foram coletadas tanto em Balbina quanto em

Tapajós e uma segunda análise foram consideradas somente as espécies que foram coletadas tanto em Balbina quanto em Curuá-Una. As duas análises estão resumidas na Tabela 9.

Tabela 9 - Análise conjunta das espécies comuns às regiões de Balbina/Tapajós(1) e Balbina /Curuá-Una(2)

PROPRIEDADES							
		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
		Gl	F	F	F	F	F
Área 1	1		58,6**	35,8**	18,7**	58,9**	29,2**
Espécie	6		126,1**	42,0**	45,1**	72,8**	36,1**
Área x Esp	6		4,6*	3,1**	1,6ns	0,7ns	1,7ns
Área 2	1		1,7ns	41,5**	6,4*	2,86ns	1,9ns
Espécie	3		161,9**	57,5**	45,1**	64,3**	105,5**
Área x Esp	3		4,4**	0,1ns	0,8ns	1,3ns	2,6ns

Obs: * significância a nível de 5%

** significância ao nível de 1%

ns = não significativo

Observa-se neste Tabela, que existem diferenças significativas entre áreas e entre espécies para quase totalidade das propriedades. Esta significância pode ser atribuída aos fatores que controlam as condições de crescimento e desenvolvimento das espécies influenciando, consequentemente, em suas propriedades.

HOWE (1974), encontrou influência da localidade em apenas uma de quatro espécies estudadas em seis localidades da Costa Rica e concluiu que as outras espécies

estudadas estavam se desenvolvendo em seus próprios habitat. Por outro lado EQUÉLUZ et alii (1986) não encontrou para a densidade básica do *Pinus tecunumani* influência de nenhuma de quatro localidades estudadas.

A significância da interação área x espécie, indica que, para a maioria das propriedades, existe variação entre áreas porém, não necessariamente para todas as espécies estudadas, ou seja, pelo menos uma espécie apresenta comportamentos diferentes em áreas diferentes.

A significância desta interação pode estar sendo influenciada por alguma espécie que foi desenvolvida fora do seu micro habitat. Segundo ANDRAE (1978) este micro habitat influencia a formação da copa e do tronco com consequentes influências na estrutura celular do xilema.

Verifica-se na Tabela 10, por exemplo, que a cupiúba em Balbina apresenta $E_f = 12.200$ MPa e em Curuá-Una $E_f = 14.900$ MPa, diferentes entre si, ao nível de pelo menos, 5 % de probabilidade. A mesma coisa acontece com a guariúba e o cumaru.

A identificação das espécies que poderiam estar influenciando na interação com o local, foi feita através do teste de Tukey, cujo resultado está mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Teste de Tukey para a densidade básica e propriedades mecânicas de 3 espécies comuns às regiões de Balbina/Curuá-Una e de 7 espécies comuns as regiões de Balbina/Tapajós

Espécies	PROPRIEDADES MECÂNICAS (MPa)					
	Db g/cm ³	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Cupiúba (B)		12.200b	114,3a	67,8a	13,3a	14,7a
Cupiúba (C)		14.900a	134,0a	72,7a	14,8a	15,0a
Guariúba (B)	0,56a	9.900b	104,9a	59,3a	11,7a	12,1a
Guariúba (C)	0,59a	12.400a	110,9a	65,8a	9,4b	12,2a
Cumaru (B)	0,97a	15.400b	170,9a	102,5a	24,0a	15,6b
Cumaru (C)	0,92a	17.900a	176,3a	98,7a	21,0a	22,4a
<hr/>						
Tauari4 (B)	0,60a	13.000b	131,4a	64,5a	9,4a	13,4a
Tauari5 (T)	0,64a	14.400a	133,4a	69,1a	13,0a	13,1a
Melancieira (B)	0,52b	10.600b	89,6b	49,7b	10,2a	12,3a
Melancieira (T)	0,61a	13.800a	113,3a	58,7a	8,7b	12,4a
Caroba (B)	0,34a	8.200a	47,6a	28,7a	2,7a	5,2a
Caroba (T)	0,31a	8.900a	56,2a	31,3a	3,1a	6,1a
Marupá (B)	0,35a	7.200a	56,0a	30,4b	4,7a	7,7a
Marupá (T)	0,37a	8.100a	61,5a	35,8a	4,8a	6,8a
Louro Gamela (B)	0,52a	9.800a	74,6a	44,2a	4,7a	8,2a
Louro Gamela (T)	0,54a	10.900a	79,4a	50,9a	4,9a	7,5a
Itaúba (B)	0,70a	14.100a	132,4a	55,1a	11,7a	12,7a
Itaúba (T)	0,69a	12.400a	114,1a	58,3a	11,1a	10,0a
Andiroba (B)	0,44b	10.000b	109,1a	51,0a	6,8b	9,5a
Andiroba (T)	0,58a	11.900a	90,1a	61,0a	9,4a	10,3a

Obs: Espécies seguida da mesma letra não diferem entre si a nível de 5 % de probabilidade

B = Balbina

T = Tapajós

C = Curuá-Una

A andiroba apresenta Db = 0.44g/cm³,

E_f=10.000 MPa e f_{cn} = 6,8 MPa em Balbina e Db = 0.58 g/cm³,

E_f = 11.900 MPa e f_{cn} = 9,4MPa em Tapajós, todas, caso a caso diferentes entre si ao nível de pelo menos 5% de probabilidade.

Esta discussão, bem como outras observações pertinentes, podem ser melhor visualizadas nas figuras 3 a 5.

Figura 3 - Comportamento da densidade básica de espécies diferentes estudadas em regiões diferentes

Figura 4 - Comportamento da resistência à compressão normal de espécies diferentes estudadas em regiões diferentes

Figura 5 - Comportamento da resistência ao cisalhamento de espécies diferentes estudadas em regiões diferentes

4.3. Análise da variação da espécie *Erismia uncinatum* coletada em Balbina, Curuá-Una e Tapajós

Na análise realizada para verificarem-se as variações da espécie quarubarana (*Erismia uncinatum*) nas três regiões (Balbina, Curuá-Una e Tapajós), resumida na Tabela 11, observa-se que para as propriedades Db , E_f , f_f e f_c existe diferença significativa entre áreas. Pode-se atribuir esta variação a fatores não controlados neste trabalho como idade, densidade populacional, efeito da vizinhança e solo.

Observa-se também na Tabela 11 que os coeficientes de variação estão na mesma ordem de grandeza daqueles obtidas em cada área, com todas as espécies, nela, estudadas.

Tabela 11: Variabilidade das propriedades da quarubarana *Erismia uncinatum* coletada em Balbina, Curuá-Una e Tapajós

	Db	PROPRIEDADES MECÂNICAS				
		E_f	f_f	f_c	f_{cn}	f_s
F	13,18*	3,57*	8,99**	6,80*	1,31ns	1,023ns
CV	7,27	15,48	15,27	14,67	15,50	18,68

Obs: * significância ao nível de 5% de probabilidade
 * significância ao nível de 1% de probabilidade

Nota-se também, para o caso de f_{cn} e f_s que a variabilidade dentro da área suplanta a variabilidade entre

áreas. Estes fato pode ser atribuído às muitas causas já discutidas anteriormente, mas seguramente explica a homogeneidade de muitas propriedades, de muitas espécies, em toda a floresta Amazônica.

Pela comparação das médias mostradas na Tabela 12, verifica-se que a densidade básica e as propriedades mecânicas em Curuá-Una e Tapajós não são significativamente diferentes ao nível de 5 % de probabilidade. A causa de variação está na área de Balbina com médias inferiores na quase totalidade das propriedades.

Pode-se admitir, portanto, que a *Erismia uncinatum* possui, estatisticamente, os mesmos valores de propriedades mecânicas e de densidade básica tanto em Tapajós como em Curuá-Una, mesmo considerando que estas localidades não possuam os mesmos sítios. De acordo com as explicações de PIRES (1981) existe a possibilidade de que a *Erismia uncinatum* esteja incluída entre as espécies denominadas, intermediárias, que crescem em quaisquer condições. Esta espécie apresenta árvores de grande porte, chegando a atingir alturas de 15 a 25 m. Seu habitat padrão, segundo LOUREIRO (1979) é a mata de terra firme, de solo argiloso, mas em Roraima também ocorre em solo laterítico na base de elevações montanhosas.

Tabela 12 - Teste de Tukey para a densidade básica e propriedades mecânicas da quarubarana (*Erisma uncinatum*) das regiões de Balbina, Curuá-Una e Tapajós

Área	PROPRIEDADES (MPa)					
	Db (g/cm ³)	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Balbina	0,56a	8,7b	61,5b	38,4b	6,6a	7,6a
Curuá-Una	0,46b	11,0a	89,2a	50,7a	5,7a	8,0a
Tapajós	0,48b	10,6a	87,8a	52,5a	5,9a	8,9a

Obs: Propriedades seguida da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

4.4. Relação entre as propriedades mecânicas e densidade básica das madeiras da região amazônica

Normalmente, as propriedades mecânicas da madeira são maiores para as espécies que possuem maiores densidades. No entanto, observa-se que determinadas espécies não estão incluídas nesta regra.

Nota-se nas figuras 6, 7, 8, 9 e 10 que algumas árvores de algumas espécies, mesmo com densidades mais elevadas, podem ter mais baixas resistências em relação a algumas árvores de outras espécies, que possuem densidades inferiores. Pode-se observar por exemplo na Figura 6 que o pau rainha apresenta uma árvore com densidade 1.14 g/cm³ e E_f

de 12.600 MPa enquanto que a abiurana com densidade 0.86 g/cm³ apresenta E_f de 19.900 MPa. Este fato também ocorre dentro da espécie, podendo-se citar como exemplo na Figura 6, que duas árvores de pau rainha com densidades de 0.86 e 1.14 g/cm³ apresentam E_f de 15.900 e 12.600 MPa respectivamente.

Figura 6 - Relação entre o E_f e a Db das espécies madeireiras da Amazônia

Figura 7 - Relação entre a f_f e a Db das espécies madeiras da Amazônia

Figura 8 - Relação entre a f_c e a Db das espécies madeiras da Amazônia

Figura 9 - Relação entre a f_{cn} e a Db das espécies madeiras da Amazônia

Figura 10 - Relação entre a f_s e a Db das espécies madeiras da Amazônia

Pode-se observar também nesta mesma Figura que duas árvores de uma mesma espécie ou de espécies diferentes podem apresentar resistências iguais para densidades básicas diferentes.

Uma determinada tendência para uma propriedade mecânica não se repete, necessariamente, para as demais, devendo-se isto a possíveis interações entre algumas propriedades químicas e/ou anatômicas e as propriedades mecânicas, isto é, algumas propriedades mecânicas são mais influenciadas do que outras.

Dentro das propriedades químicas pode-se citar, por exemplo, o tipo, o teor e a distribuição dos extrativos na madeira podendo alguns deles estar, em alguns casos, contribuindo com a densidade básica, mas não necessariamente com a resistência. Por outro lado, pequena quantidade de extrativos, convenientemente disposta no sentido de dificultar a flambagem da fibra, pode contribuir mais com a resistência do que com a densidade básica da amostra.

Dentro das propriedades anatômicas, pode-se citar, por exemplo, a quantidade de tilos, o teor de fibras gelatinosas, a disposição das pontuações, as quais podem, sem prejuízo da densidade básica, alterar consideravelmente a resistência da madeira.

Os extrativos podem agir também como uma espécie de lubrificante favorecendo os deslocamentos

relativos entre as fibras o que prejudica conseqüentemente, os valores de resistência.

Além da escassez de informações ser muito grande, encontram-se por vezes, na literatura, conclusões contraditórias. ANDERSON (1965) afirma que a remoção dos extrativos aumenta a resistência em determinados ensaios, enquanto ARGANBRIGHT (1971) conclui exatamente o contrário.

Uma outra causa de variação das resistências em relação à densidade básica são os possíveis defeitos dos corpos de provas. Observa-se, de fato, que muitas das amostras das espécies estudadas apresentavam fissuras, pelo menos no nível superficial.

Caso exista interação entre estas pequenas trincas e a densidade básica, então é possível obter-se uma baixa resistência com uma alta densidade básica.

A Tabela 13 mostra que os R^2 obtidos para cada área separadamente são melhores do que aqueles obtidos para a região amazônica como um todo, mas igualmente variáveis.

Tabela 13 - Valores de R^2 obtidos nas relações entre resistência e densidade básica, em cada uma das quatro regiões estudadas

Regressão	REGIÕES			
	Amapá	Balbina	Curuá-Una	Tapajós
$E_f \times Db$	0.78	0.69	0.74	0.56
$f_f \times Db$	0.88	0.72	0.83	0.68
$f_c \times Db$	0.86	0.78	0.79	0.68
$f_{cn} \times Db$	0.81	0.70	0.88	0.67
$f_s \times Db$	0.69	0.66	0.76	0.56

Este fato indica que pode haver uma interação entre propriedade mecânica e densidade básica diferente para cada uma das regiões estudadas, fato este que poderia explicar o aumento da dispersão dos dados em torno das regressões globais ajustadas.

Observa-se que na região de Tapajós, os coeficientes de determinação são sistematicamente menores do que aqueles das demais áreas, o que demonstra que nesta região a dispersão dos dados é intensamente maior.

Depreende-se que a interação entre espécie x área para a densidade básica é, realmente, muito indicativa.

4.5. Relações entre as propriedades mecânicas das madeiras da região amazônica

A Tabela 14 mostra que as relações entre as diversas propriedades mecânicas são muito boas.

É possível portanto, obter-se uma resistência de mais difícil determinação, como o E_f , a partir de uma resistência de mais fácil obtenção, como por exemplo, a f_c .

Entretanto estes coeficientes não suplantam, em geral, aqueles obtidos para as relações entre as diversas propriedades mecânicas e densidade básica.

Por esse motivo e também pela maior facilidade de obtenção da densidade básica, estas últimas foram consideradas mais interessantes e, portanto, serão estudadas mais detalhadamente em detrimento das primeiras.

Tabela 14 - Valores do R^2 obtidos nas relações entre as resistências mecânicas, em cada uma das quatro regiões estudadas

Regressão	REGIÕES			
	Amapá	Balbina	Curuá-Una	Tapajós
$E_f \times f_f$	0,87	0,86	0,88	0,73
$E_f \times f_c$	0,81	0,69	0,84	0,71
$E_f \times f_{cn}$	0,66	0,61	0,69	0,57
$E_f \times f_s$	0,56	0,64	0,63	0,51
$f_f \times f_c$	0,89	0,79	0,87	0,79
$f_f \times f_{cn}$	0,81	0,71	0,76	0,75
$f_f \times f_s$	0,68	0,71	0,71	0,68
$f_c \times f_{cn}$	0,86	0,81	0,80	0,69
$f_c \times f_s$	0,66	0,73	0,69	0,63
$f_s \times f_{cn}$	0,58	0,61	0,79	0,69

4.6. Relações da densidade básica e das propriedades mecânicas com o DAP

Para a aplicação da análise de variância determinaram-se primeiramente três classes de diâmetros dentro da amplitude total de variação dos dados obtidos:

- a) diâmetros menores que 61 cm;
- b) diâmetros que variam entre 61 e 69 cm;
- c) diâmetros maiores que 69 cm.

Analisando-se os resultados obtidos, tabela 15, observa-se que o diâmetro não influencia nos valores das quatro seguintes propriedades estudadas; Db , E_f e f_f e f_c .

A não significância da interação Esp x Classe indica que esta mesma conclusão se aplica igualmente para todas as espécies.

TABELA 15 - Análise de variância que mostra a influência do DAP da árvore na densidade básica e propriedades mecânicas de sua madeira

	PROPRIEDADES				
	G1	Db	E_f	f_f	f_c
CV		F	F	F	F
Espécie	2	14,99*	8,46*	9,30*	24,69*
Classe	2	0,36ns	0,74	0,19ns	1,35ns
Esp x Classe	4	1,89ns	0,01ns	0,10ns	1,47ns

Apesar de existirem grandes variações de DAP na região amazônica de acordo com levantamentos realizados recentemente por alguns órgãos de pesquisas, não foi possível adquirir espécies com maiores variações em seus diâmetros uma vez que as maiores frequências ocorrem nos diâmetros de 10 a 45 cm como mostra a Fig. 11.

Figura 11 - Distribuição de diâmetros de espécies florestais da região Amazônica
 FONTE: CENA, INPA, NYBG & WHR (1988)

Os resultados apresentados na Tabela 16 obtidos através do teste de Tukey, confirmam aqueles da Tabela 15, onde se observa que existe diferença significativa entre espécies e que não existe diferença entre as classes de diâmetros com relação às propriedades estudadas. Dessa forma rejeita-se a hipótese de que espécie com maiores diâmetro são conseqüentemente, mais resistentes.

Observa-se entretanto que não foi possível isolar o efeito importante da idade, uma vez que as amostras foram obtidas aleatoriamente dentro da floresta amazônica.

TABELA 16 - Teste de Tukey aplicado para comparar espécies e classes de diâmetros com relação às propriedades da madeira

Propriedades	ESPÉCIE			CLASSES DE DIÂMETRO		
	Guariúba	Cardeiro	P.Rainha	≤61	61-69	≥69
Db	0,6b	0,6b	0,9a	0,7a	0,7a	0,64a
f _c	45,7c	62,2b	78,3a	64,9a	58,8a	58,3a
E _f	9,9b	12,5ab	14,3a	12,7a	11,9a	11,3a
f _f	80,4b	99,4b	137,0a	107,6a	100,2a	107,7a

Obs: Propriedade seguida de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

4.7. Agrupamentos de espécies em função de suas densidades básicas e de suas resistências

O objetivo de aplicar-se a técnica de análise de agrupamentos às espécies florestais da Amazônia, utilizando-se a densidade básica e as propriedades mecânicas foi o de caracterizar grupos, de tal forma que dentro de cada um deles obter-se-iam espécies de propriedades equivalentes, de alta homogeneidade. Dessa forma, foi possível detectar novas espécies, desconhecidas comercialmente mas de qualidades similares às aquelas tradicionais.

Na Tabela 17 estão apresentados os coeficientes de correlação estimados para as cinco

características avaliadas na população. Esta análise descritiva preliminar foi feita a fim de mostrar a estrutura multivariada do sistema em estudo e justificar portanto a utilização das técnicas de agrupamentos já descrita na metodologia.

Tabela 17 - Matriz dos coeficientes de correlação simples estimados para as variáveis coletadas

	Db	E_f	f_f	f_c	f_{cn}	f_s
Db		0,688	0,784	0,788	0,641	0,863
E_f			0,861	0,811	0,605	0,614
f_f				0,877	0,673	0,712
f_c					0,650	0,731
f_{cn}						0,680
f_s						

Da análise dos componentes principais da Tabela 17, foram determinados quais as variáveis que seriam importantes na identificação dos grupos.

Como sugere a literatura em geral, inclusive (JOHNSON, 1988), foram considerados os componentes principais necessários para explicar 90% do comportamento geral da população. Nas combinações lineares das variáveis Db, E_f , f_f , f_c , f_{cn} e f_s foi possível identificar quais eram aquelas mais importantes na caracterização das espécies, através dos coeficientes lineares ou "pesos" dos chamados componentes principais.

Os resultados indicam que o f_f e o f_c não contribuem na explicação da estrutura da variação da

população, ou seja, são desprezíveis na identificação dos componentes que caracterizarão os grupos.

As técnicas de análise de agrupamentos, como os métodos; centróide, average e ward, coincidem em afirmar a formação de quatro grupos distintos, ou seja, aqueles que formaram-se a baixos níveis de parença (Fig.12).

Entretanto, após uma análise mais aprofundada dentro de cada grupo foi possível determinar-se por subdivisão do grupo 3, mais um grupo de espécies madeireiras da amazônia. Estes cinco grupos também estão mostrados na Figura 12, chamado dendrograma.

Verifica-se neste dendrograma a existência de grandes diferenças na formação dos grupos, ou seja, eles se formaram mediante grandes saltos nos níveis de parença. Verifica-se também que a divisão efetuada manualmente no grupo 3 é em parte confirmada pelas técnicas de agrupamentos utilizadas.

O dendrograma é considerado como a representação gráfica da matriz de parença, que segundo BUSSAB et alii (1990), não é considerada exata devido a distorções internas às técnicas de agrupamentos e à natureza normalmente dos dados, como é o caso das espécies em estudo.

A correta interpretação do dendrograma pode contribuir para formulações de hipóteses sobre as causas biológicas e metodológicas que explicam a formação dos grupos.

Figura 12 - Dendrograma resultante do processo de agrupamento.

Os resultados dos agrupamentos induzem à conclusão de que existem várias espécies comercialmente desconhecidas com densidade básica e propriedades mecânicas equivalentes a muitas das espécies comercialmente conhecidas. Isto representa uma grande contribuição para a exploração racional da floresta Amazônica, sugerindo-se por exemplo, o rodizio de espécies para evitar-se a extinção de qualquer uma delas ou, no mínimo, diminuir a área desmatada para a extração da mesma quantidade de madeira e sem prejuízo da qualidade.

Verifica-se no dendrograma que o tauari² da região do Amapá não ficou no mesmo grupo do tauari⁶ coletado na região de Tapajós, embora ambos sejam da mesma espécie (*Couratari guianensis*). O mesmo ocorreu com a andiroba coletada no Tapajós e a andiroba coletada em Balbina. Por outro lado, o tauari da região de Curuá-Una e o tauari do Tapajós, ambos da espécie *Couratari oblongifolia* e os tauaris das regiões de Balbina e Tapajós, ambas da espécie *Couratari stellata* ficaram no mesmo grupo.

As espécies pau rainha, abiurana e angelim pedra de densidades básicas respectivamente iguais a 0,91; 0,83 e 0,88g/cm³ não ficaram no mesmo grupo do cumaru e da preciosa de densidades respectivamente iguais a 0,92 e 0,93g/cm³. As três primeiras ficaram no grupo imediatamente inferior em termos, pelo menos uma de suas propriedades mecânicas.

Este fato reforça suposições anteriores uma vez que estas espécies possuem grande porcentagem de tilos e grande quantidade de óleo resina.

4.8. Relação entre a umidade natural da árvore e a densidade básica de sua madeira

É sabido que as madeiras oriundas de árvores recém abatidas contêm, embora não exatamente conhecidos, altos teores de umidade. É intuitivo também que o teor de umidade de saturação total da madeira é inversamente proporcional à sua densidade básica e que a relação entre estas duas variáveis é linear e bem ajustada.

Isto permite utilizar a umidade de saturação total como um bom indicador de seleção para a densidade básica, podendo-se portanto estimar-se a densidade básica seguramente de uma de maneira mais prática e talvez até com maior precisão.

Procurou-se então, dentro desta mesma idéia, obter-se uma relação entre a umidade natural da árvore e a densidade básica de sua madeira, com o objetivo de verificar-se a possibilidade de transformar esta umidade natural num outro indicador, ainda mais prático, da densidade básica das madeiras amazônicas.

Um segundo objetivo é o de verificarem-se os reais valores da umidade natural de, pelo menos, algumas das espécies madeireiras da região amazônica.

Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 18, abaixo.

Tabela 18 - Valores de umidade natural e de densidade básica de nove espécies madeireiras da Amazônia

ESPÉCIES	UMIDADE %	DENSIDADE básica g/cm ³
Caroba	69,68	0,35
Itauba	38,98	0,70
Guariuba	96,95	0,59
Andiroba	55,97	0,43
Cupiuba	47,83	0,69
Marupá	67,70	0,35
Cardeiro	72,05	0,59
Pau rainha	52,28	0,91
Cumarú	63,53	0,97

Com base nos resultados desta tabela pode-se concluir que as espécies mais densa não possuem, necessariamente, menores conteúdos de água em suas cavidades capilares quando se trata de amostras de árvores vivas.

Um exemplo desta constatação pode ser observado na Figura 13, onde o marupá e o cumaru com densidades básicas de 0.35 e 0.97 g/cm³ respectivamente, possuem praticamente o mesmo conteúdo de umidade natural, ou seja, cerca de 65 %.

Por outro lado pode-se observar também, que o cardeiro e a guariúba, ambas com a mesma densidade básica, 0.55 g/cm³, apresentam teores de umidade natural da ordem de 72 % e 97 % respectivamente.

Figura 13 - Relação da umidade natural com a densidade básica de espécies da Amazônia

Estas diferenças podem ser atribuídas às necessidades que cada espécie possui de absorver água do solo ou manter o seu nível de água interno, através dos estômatos, de acordo com a sua eficiência e necessidades fisiológicas.

Conclui-se finalmente, que a flutuação de água na madeira dessas espécies estudadas, não depende da densidade básica e que, portanto, a umidade natural não é um bom indicador de seleção para a densidade básica.

4.9. Distribuições da densidade básica e das propriedades mecânicas através da função Weibull

As variabilidades apresentadas nos capítulos anteriores aumentam a insegurança da utilização das

propriedades mecânicas nos cálculos de estruturas. Por este motivo a segurança das estruturas deve ser avaliada, levando-se em consideração estas variabilidades.

Como exemplo do conceito atual de segurança das estruturas apresenta-se um exemplo prático de um pilar curto (≤ 40) de seção transversal (S) de (10 X 10) cm, sujeito a uma carga de compressão paralela (P) de 200.000 N conforme Figura 14.

Figura 14 - Pilar curto, sujeito a uma compressão paralela

A tensão de compressão atuante neste pilar será:

$$\sigma_c = \frac{P}{S} = 200.000 \frac{N}{(100 \times 100) \text{ mm}^2} = 20 \text{ MPa}$$

Para este tipo de estrutura a propriedade mecânica mais correlacionada é o f_c e pela norma ABNT deverá ser utilizada uma espécie com resistência à compressão paralela média, no mínimo de:

$$\frac{f_c}{5} = \sigma C$$

$$f_c = 100\text{MPa}$$

Onde:

$j_{i_m} = 5$ = coeficiente de segurança para o caso de peças comprimidas.

Observa-se entretanto, apesar da grande quantidade de espécies relacionadas nas tabelas do anexo 1, que é difícil encontrar-se uma espécie que atenda a esta especificação.

A espécie cumaru é a que possui média mais próxima 101.5 MPa e neste caso a segurança prevista pela norma é a de que a estrutura com a espécie cumaru, poderá resistir até mais do que 5.1 vezes a carga para a qual foi projetada.

Observa-se também nas tabelas citadas que esta mesma espécie possui uma amostra com f_c de 86.6 MPa, e no caso de ser utilizada, a segurança será de apenas 4.3 vezes.

Além dessa variabilidade dentro da espécie, muitas vezes um comprador poderá levar enganado por

desconhecer as madeiras, uma espécie parecida visualmente, mas diferente em termos de sua resistência.

No caso de levar uma espécie de f_c 67.6 MPa, a segurança será ainda menor, cerca de 3.38 vezes.

Entretanto é possível que o comprador não aceite esta espécie por considerá-la um pouco mais leve do que a desejada ou rejeitar, intuitivamente pelo peso, da peça um próprio cumaru de resistência muito abaixo da média. Então pode-se concluir que:

- O conceito de segurança da norma é ilusório e que o coeficiente de segurança interno adotado é de fato, no caso do cumaru, suficiente para vencer a sua variabilidade natural. Mesmo com um CV de ordem de 36% ainda seria possível ter-se, a 95% de probabilidade, resistência equivalente a 1.0 vez de tensão aplicada.
- A densidade básica pode ser considerada como um bom indicador da resistência da madeira.

4.9.1. A densidade básica como indicador da qualidade da madeira

Entre dez trabalhos de pesquisas que citam as correlações de propriedades mecânicas com a densidade básica, pode-se lembrar o de CHOONG (1985) que cita valores de R^2 da

ordem de 0.90, mas somente ao nível de médias. Isto não significa muita coisa, uma vez que existe sempre uma variação desconhecida em torno da média e principalmente porque o critério de segurança das estruturas deve estar baseado no conceito de probabilidade e não em médias.

Neste trabalho foram feitas estas correlações, mas com todos os dados individuais de cada espécie obtendo-se valores de R^2 inferiores aos encontrados na literatura, como mostram as figuras 6, a 10. Estas figuras são bastante expressivas e permitem confirmar-se que as variações em torno da média é realmente, muito grande.

Sabe-se entretanto que para a verificação da segurança de uma determinada estruturas ou parte dela, tanto pelos métodos probabilísticos como pelo método semi-probabilísticos é necessário conhecerem-se as distribuições de todos os valores aleatórios de ensaios da propriedades mecânicas relacionadas como as solicitações dos atuantes nessas estrutura.

No caso da madeira seriam então necessárias, um grande número de distribuições, uma para cada uma de suas propriedades mecânicas.

Optou-se então, a favor da simplificação, por obter-se cada uma das propriedades mecânicas da madeira através de suas respectivas relações com a densidade básica, confundindo-se as variações em torno das regressões com as variabilidades naturais das propriedades mecânicas na

floresta Amazônica.

Admitiu-se ainda, e isto será verificado mais adiante, que as das propriedades mecânicas das madeiras da Amazônia terão, conseqüentemente, a mesma distribuição da densidade básica.

Dessa forma procurou-se transformar a densidade básica, num único e suficiente parâmetro necessário aos projetos de estrutura de madeira.

4.9.2. Funções de probabilidades para a densidade básica das madeiras amazônicas

Os dados de densidade básicas obtidas de todas as árvores de todas as espécies estudadas na região Amazônica, apesar de numerosos e aleatoriamente obtidos, não puderam ser considerados distribuídos normalmente. Esta verificação foi efetuada através do método de SHAPIRO-WILKI dentro do programa SAS.

Também não foi possível encontrar, para esta propriedade, uma equação de transformação capaz de normalizar a sua distribuição.

Optou-se, em concordância com BODIG & JAYME (1982), pela função WEIBULL, já que estes autores consideram-na como a mais apropriada para representar as distribuições das propriedades físicas e mecânicas da madeira.

A distribuição Weibull foi proposta primeiramente por FISHER e TIPPET em 1928, sendo a mesma desenvolvida independentemente por WEIBULL que aplicou-a a dados de resistência dos materiais em 1939. Segundo (BAILEY 1973) esta distribuição teve maior ênfase após a segunda guerra mundial quando em 1951, WEIBULL defendia a sua ampla aplicabilidade, demonstrando que a mesma podia ser adaptada a dados de fadiga de um aço, força das fibras do algodão, etc.

O uso corrente da distribuição Weibull se deve à íntima relação entre os seus parâmetros e ao seu comportamento bastante versátil.

O parâmetro **a** é chamado de parâmetro de posição, pois controla a posição da curva sobre o eixo das abcissas e parâmetro **b** controla as dimensões que a curva assume, dada uma forma constante. À medida que o valor de **b** aumenta a curva torna se mais dispersa.

Entretanto, a grande variabilidade de forma que a distribuição WEIBULL pode assumir é controlada pelo parâmetro **c**, chamado de parâmetro de forma.

Os intervalos de confiança e as frequências determinadas nas densidades básicas, para determinação dos parâmetros **b** e **c** pelos métodos da máxima verossimilhança e dos percentis estão na Tabela 19.

Os valores da densidade básica, obtidos para este trabalho, foram organizados na Tabela 19 onde se

observam os intervalos de classes adotados e as respectivas frequências dos valores desta propriedade, observados dentro de cada um.

Atribuiu-se ao parâmetro **a**, o valor **0.24** que corresponde ao intervalo de classe imediatamente inferior àquele que contém a menor densidade básica observada nas madeiras amazônicas.

Tabela 19 - Frequências das densidades básicas, obtidas das espécies madeireiras da região Amazônica

I.C.	fo	$f(Db)o = fo/n$	$F(Db)o$
0,25	9	0,01206	0,0121
0,35	38	0,05094	0,0600
0,45	102	0,13673	0,1997
0,55	196	0,26270	0,4625
0,65	199	0,26676	0,7292
0,75	9	0,12198	0,8512
0,85	70	0,09380	0,9450
0,95	35	0,04690	0,9919
1,05	4	0,00540	0,9973
1,15	2	0,00268	1,0000

I.C. = intervalo de classe adotado para a Db
fo = frequências de Db observadas, dentro de cada classe
 $f(Db)o$ = distribuição probabilística observada, da Db
 $F(Db)o$ = distribuição acumulada, observada, da Db
n = 746

Os estimadores **b** e **c**, de determinações mais complexas e que também foram calculados sobre os dados da Tabela 19, serão discutidos dentro de cada um dos métodos a seguir.

4.9.2.1. Método da máxima verossimilhança

O valor de **c** determinado por este método, foi de 2.562438 após cerca de seis tentativas para satisfazer a Eq.(3) e o parâmetro **b**, determinado através da Eq. (4) foi de 0.43113.

Estes valores foram então utilizados nas equações (1) e (2), das quais geraram-se os dados que estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Frequências de densidades básicas estimadas com os parâmetros **c** e **b** obtidos pelo do método da máxima verossimilhança.

I.C.	$f(Db)_m$	$F(Db)_m$	$f(Db)_o - f(Db)_m$	$F(Db)_o - F(Db)_m$	$f(Db)_i - F(Db)_{i-1}$
0,25	0,002	6,48E-05	0,0104	0,012	6,48E-05
0,35	0,068	0,0297	0,0173	0,033	0,0297
0,45	0,165	0,1464	0,0281	0,053	0,1166
0,55	0,232	0,3492	0,0317	0,113	0,2027
0,65	0,228	0,5848	0,0387	0,144	0,2357
0,75	0,166	0,7851	0,0440	0,066	0,2003
0,85	0,089	0,9122	0,0041	0,033	0,1271
0,95	0,036	0,9724	0,0112	0,019	0,060
1,05	0,010	0,9935	0,0050	0,004	0,0211
1,15	0,002	0,9986	0,0005	0,001	0,0054
Média			0,0002	0,0479	
Desv.padrão			0,0254	0,0479	
Erro padrão			0,0080	0,0151	

$f(Db)_m$ = probabilidades estimadas pela f.d.p

$F(Db)_m$ = probabilidades acumuladas estimadas pela F.d.a

$F(Db)_i - F(Db)_{i-1}$ = f.d.p obtidas através da F.d.a

Estes resultados podem ser melhor observados nas Figuras 15 e 16, plotadas conjuntamente com os valores observados da Tabela 19. Nestas figuras pode-se observar que as distribuições das densidades básicas das madeiras amazônicas através das funções probabilística e acumulada estão, pelo menos visualmente, bem ajustadas.

Uma análise mais aprofundada, do ponto de vista estatístico, pode ser efetuada sobre os dados da Tabela 21, onde se observa os valores de R^2 , de F e dos limites inferior e superior do intervalo de confiança das médias das diferenças medidas entre os valores estimados e os observados.

O R^2 é indicado por LEE (1980), a qual admite que para valores superiores a 0.80 o ajuste da função Weibull pode ser considerado muito bom.

O teste dos pares, amplamente utilizado por ROCCO LAHR (1991), preconiza a hipótese de que a curva estará bem ajustada se o valor **zero** estiver contido neste intervalo.

Figura 15 - f.d.p ajustada aos valores de densidades básica das madeiras da região Amazônica

Figura 16 - F.d.a ajustada aos valores de densidades básica das madeiras da região Amazônica

Depreende-se portanto, da análise dos parâmetros da Tabela 21, que tanto a f.d.p como a F.d.a necessitam, a vigor, de um pequeno acerto nos parâmetros **b** e **c**.

Tabela 21 - Parâmetros estatístico calculados para a avaliação dos ajustes das funções WEIBULL, determinadas pelo método da máxima verossimilhança.

	R2	F	LI	LS
(p)	1.07	-10117	-0.01957	0.022728
(a)	0.52	8.9**	0.13768	0.51392
(p) f.d.p. da Fig.15				
(a) f.d.a. da Fig 16				

Ressalta-se que os valores de R^2 e F desta tabela, aparentemente inconsistentes são facilmente corrigidos por ligeiras alterações dos estimadores **b** e **c** obtidos pelo método da máxima verossimilhança.

4.9.2.2. Método dos percentis

DUBEY (1967) citado por BATISTA (1989) demonstram que para a estimação conjunta de **c** e **b**, os melhores percentis são $p_1 = 0.24$ e $p_2 = 0.93$.

Entretanto, devido às particularidades da distribuição dos dados da Tabela 19, foram tomados para x_1 e

x_2 das equações (8), as densidades básicas correspondentes aos percentis aleatórios $p_1 = 0.1997$ e $p_2 = 0.8512$, respectivamente.

De acordo com a Tabela 19 estes valores são:

$$x_1 = 0.45 - 0.24 = 0.21$$

$$x_2 = 0.75 - 0.24 = 0.51$$

Substituindo-se os valores de p_1 e p_2 na Eq. (8c) obteve-se o valor de K , o qual juntamente com x_1 , x_2 e p_1 , forneceram respectivamente pelas equações (8a) e (8b) os valores de $b = 0.348031$ e $c = 2.559533$.

Estes valores foram novamente substituídos nas equações (1) e (2), e obtiveram-se os resultados da Tabela 22.

Tabela 22 - Frequências de densidades básica estimadas com os parâmetros c e b obtidos pelo métodos dos percentis

I.C.	$f(Db)_p$	$F(Db)_p$	$f(Db)_o - f(Db)_p$	$F(Db)_o - F(Db)_p$	$F(Db)_i - F(Db)_{i-1}$
0.25	0.0029	0.0001	0.009	- 0.012	0.0001
0.35	0.1158	0.0511	-0.064	-0.051	0.0509
0.45	0.2542	0.2400	-0.118	-0.137	0.1889
0.55	0.2919	0.5246	-0.029	0.263	0.2846
0.65	0.2075	0.7815	0.059	-0.027	0.2569
0.75	0.0934	0.9300	0.029	0.121	0.1485
0.85	0.0263	0.9851	0.068	0.038	0.0551
0.95	0.0045	0.9979	0.042	0.046	0.0129
1.05	0.0005	0.9998	0.005	0.005	0.0019
1.15	2.71E-05	0.9999	0.003	0.003	0.0016
Média			0.0003	-0.0258	
Desvio padrão			0.0574	0.0574	
Erro padrão			0.0182	0.0182	

Estes resultados podem ser melhor visualizados nas Figs. 17 e 18 onde as predições estimadas podem ser comparadas com as observações efetuadas.

Figura 17 - f.d.p ajustada aos valores de densidade básica das madeiras da região Amazônica

Figura 18 - F.d.a ajustada aos valores de densidade básica das madeiras da região Amazônica.

As qualidades destes ajustes podem ser verificadas pelos parâmetros estatísticos da Tabela 23, onde observa-se que também há a necessidade de pequenas alterações nos valores dos estimadores **b** e **c** determinados pelo método dos percentis.

Tabela 23 - Parâmetros estatísticos calculados para a avaliação dos ajustes das funções WEIBULL determinados pelos método dos percentis

	R^2	F	LI	LS
(p)	1,84	-1625,4	-0,041	0,044
(a)	0,91	81,6**	-0,049	-0,235
(p) f.d.p. da Fig.17				
(a) f.d.a. da Fig.18				

De um modo geral, entretanto pode-se admitir que os dois métodos de ajustes utilizados nos ajustes das funções WEIBULL para predizerem-se as distribuições da densidade básica na floresta Amazônica praticamente não diferem entre si e produzem estimativas bastante satisfatórias, mesmo sem alterações nos parâmetros **a**, **b** e **c** determinados.

4.9.3. Funções de probabilidades para as propriedades mecânicas

Todo o item 4.9.2. poderia ser repetido, e agora com bastante facilidade, para cada uma das propriedades mecânicas estudadas.

Entretanto procurou-se, a partir das relações entre as propriedades mecânicas e a densidade básica e das funções já obtidas para a própria densidade básica, reproduzir as distribuições probabilísticas e acumuladas de cada uma das propriedades mecânicas.

Isto significa admitirem-se as seguintes identidades:

$$f(E_f) = f(4.303 + 13.722 Db) = f(Db) \quad (10a)$$

$$f(f_f) = f(-2,485 + 188,654 Db) = f(Db) \quad (10b)$$

$$f(f_c) = f(5,052 + 90,121 Db) = f(Db) \quad (10c)$$

$$f(f_{cn}) = f(-5,509 + 24,773 Db) = f(Db) \quad (10d)$$

$$f(f_s) = f(0,049 + 19,983 Db) = f(Db) \quad (10e)$$

Os resultados obtidos podem ser verificados nas Figs. 19 a 28 nas quais foram utilizados os mesmos parâmetros **a**, **b** e **c** das distribuições da densidade básica, ou seja, **a** = 0.24 **b** = 0.434115 e **c** = 2.562438.

Figura 19 - f.d.p ajustada aos valores do módulo de elasticidade à flexão estática das madeiras da região Amazônica

Figura 20 - F.d.a ajustada aos valores do módulo de elasticidade à flexão estática das madeiras da região Amazônica

Figura 21 - f.d.p ajustada aos valores do módulo de ruptura à flexão estática das madeiras da região Amazônica

Figura 22 - F.d.a ajustada aos valores do módulo de ruptura à flexão estática das madeiras da região Amazônica

Figura 23 - f.d.p ajustada aos valores de resistência à compressão paralela das madeiras da região Amazônica

Figura 24 - F.d.a ajustada aos valores de resistência à compressão paralela das madeiras da região Amazônica

Figura 25 - f.d.p ajustada aos valores de resistência à compressão normal das madeiras da região Amazônica

Figura 26 - F.d.a ajustada aos valores de resistência à compressão normal das madeiras da região Amazônica

Figura 27 - f.d.p ajustada aos valores de resistência ao cisalhamento da região Amazônica

Figura 28 - F.d.a ajustada aos valores de resistência ao cisalhamento das madeiras da região Amazônica

Observa-se que é possível, de uma maneira geral obterem-se as distribuições das propriedades mecânicas das madeiras da Amazônia a partir de uma única propriedade.

As Tabs. 24 e 25 mostram os parâmetros determinados para verificarem-se as qualidades dos ajustes efetuados, alguns dos quais, inconsistentes do ponto de vista estatístico.

Entretanto, estas distorções poderão ser eliminadas por ajustes caso a caso, com pequenas modificações nos valores dos parâmetros **b** e **c** adotados.

Tabela 24 - Valores de R², F, LI e LS que medem os ajustes das distribuições das propriedades mecânicas onde foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança sobre dados da Db

Variáveis		E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
R ²	p	1,588	1,638	1	2,147	1,795
	a	0,848	0,799	0,921	1,172	0,895
F	p	-24,305	-17,965	1,98E+16	-18,720	-20,32
	a	55,735	31,917	70,498	-75,147	84,84
LS	p	0,018	0,015	0,066	0,009	0,02
	a	0,066	0,019	0,1789	0,009	0,08
LI	p	-0,017	-0,015	-0,065	-0,008	-0,02
	a	-0,004	-0,011	-0,1148	-0,008	-0,00

a = acumulada

p = probabilística

Tabela 25 - Valores de R^2 , F, LI e LS que medem os ajustes das distribuições das propriedades mecânicas onde foram utilizado os estimadores obtidos pelo método dos percentis sobre os dados da Db

Variáveis		E_f	f_f	f_c	f_{cn}	f_s	
R^2	p	3.02	2.84	1.00	3.80	3.41	
	a	1.46	1.59	1.59	2.02	1.54	
F	p	-13.47	-10.81	00	-13.57	-12.73	
	a	-31.61	-29.67	81.59	-21.78	-28.41	
LS	p	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	
	a	0.02	0.02	0.14	-0.01	0.02	
LI	p	-0.03	-0.04	-0.12	-0.03	-0.03	
	a	-0.06	-0.06		0.19	0.06	-0.06

a = acumulada p = probabilística

Pode ser citado, por exemplo que o R^2 e o F, de valores respectivamente iguais a 1.588 e -24.305, obtidos para a Eq.(10a) e mostrado na Figura 19 transformaram-se em 0.99 com a adição de $b = 0.35$ e $c = 2.67061$.

Preferiu-se entretanto, no momento, perder-se algo em precisão mas ganhar-se em generalidades.

4.9.4. Valores característicos para as propriedades das madeiras da Amazônia

O valor característico da resistência dos materiais é definido como aquele em que, abaixo do qual, estão os 5% menores valores de um determinado conjunto de dados.

Existem portanto, no caso da madeira, vários valores característicos de resistência, ou seja, um para cada uma de suas propriedades mecânicas.

Entretanto, visando simplificações futuras, determinou-se também o valor característico da densidade básica.

4.9.4.1. Densidade básica características (Db_k)

A Db_k pode ser obtida facilmente pela equação (11b), deduzida a partir da eq. (11a) onde a F.d.a ajustada, foi igualada ao quantil comercial de 5%.

$$F(Db) = 1 - e^{-\left(\frac{Db - Db_{min}}{b}\right)^c} = 0,05$$

$$\left(\frac{Db - Db_{min}}{b}\right)^c = -\ln(-0,05 + 1)$$

$$\frac{Db - Db_{min}}{b} = \sqrt[c]{-\ln(-0,05 + 1)}$$

$$Db_k = b \sqrt[c]{-\ln(-0,05 + 1)} + Db_{min} = 0,37$$

Para a região Amazônica como um todo, onde $Db_{min} = 0.24 \text{ g/cm}^3$, $b = 0.43$ e $c = 2.56$, a Db_k , encontrada por substituição destes parâmetros na eq. (11b), foi de:

$$Db_k = 0.37 \text{ g/cm}^3$$

Dessa forma, é possível encontrar-se um valor característico para qualquer conjunto de dados, como por exemplo

os valores de Db de cada um dos grupos já definidos anteriormente, bastando-se determinar a F.d.a ajustada a esses dados.

4.9.4.2. Propriedades mecânicas características

O valor característico de qualquer propriedade mecânica pode ser obtido segundo o mesmo procedimento descrito no item anterior.

Entretanto, tendo-se em vista simplificar, ao máximo, a obtenção das propriedades das madeiras da Amazônia, determinou-se o valor característico de cada uma de suas propriedades mecânicas a partir de suas respectivas relações, com a densidade básica, utilizando-se nestas relações a própria Db_k já estimado, ou seja:

$$E_{fk} = 4.303 + 13.722 Db_k$$

$$f_{fk} = -2,485 + 188,654 Db_k$$

$$f_{ck} = 5,052 + 90,121 Db_k$$

$$f_{cnk} = -5,509 + 24,773 Db_k$$

$$f_{sk} = 0,049 + 19.983 Db_k$$

Na tabela 26 estão mostrados os valores calculados de acordo com este procedimento e também os valores característicos obtidos diretamente de cada um dos conjuntos de valores das propriedades mecânicas estudadas.

Tabela 26 - Valores característicos das propriedades da madeira da Amazônia

Propriedades	Valores		
	Observado	Estimado	Obser./Estimado
Db_k (g/cm ³)	0,37	0,37	1,0
E_{fk} (MPa)	8.300	9.380	0,88
f_{fk} (MPa)	52,00	67,3	0,77
f_{ck} (MPa)	32,7	38,4	0,85
f_{cnk} (MPa)	4,3	3,7	1,16
f_{sk} (MPa)	6,2	7,4	0,84

Depreende-se desta tabela, através das relações entre os valores observados e os estimados que o procedimento adotado é plenamente satisfatório para produzirem-se os valores característicos das propriedades mecânicas das madeiras amazônica.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta dissertação permitem obter as seguintes conclusões:

- Os coeficientes de variação da densidade básica e propriedades mecânicas das madeiras amazônicas variam de um local para outro.
- Os ensaios de cisalhamento e compressão perpendicular apresentaram altos coeficientes de variação quando comparados com os coeficientes obtidos de outros ensaios, ainda que na mesma região. É comum observarem-se, por exemplo, trincas nos corpos de provas de alta densidade quando submetidos à sua aclimatação para alcançar a umidade de 12%.
- As espécies de madeiras originárias da região de Balbina foram aquelas que apresentaram maiores coeficientes de variação quando comparados com aqueles obtidos nas demais regiões.
- A abiurana (*Pouteria caimito*) coletada em Curuá-Una, foi a espécie que apresentou o menor coeficiente de variação dentre as espécies estudadas.

- Algumas espécies como a caroba e o cumaru apresentam na região de Balbina propriedades diferentes daquelas apresentadas na região de Tapajós. Outras espécies como a melancieira, a itaúba, o louro gamela e a guariúba mostram densidades básicas e propriedades mecânicas que independem da região de origem.
- As características de resistências da espécie *Erismia unciatum* (Quarubarana) coletada nas regiões de Balbina, Curuá-Una e Tapajós não mostraram diferenças significativas entre as regiões de origem. Esta espécie pode ser portanto, considerada do tipo intermediária ou plástica, isto é facilmente adaptável em qualquer sítio.
- Os coeficientes de determinação obtidos nas relações das diversas propriedades mecânicas com a densidade básica praticamente não variam, de uma região para outra. Entretanto diminuem, às vezes sensivelmente, quando se aglutinam todas as regiões.
- Os coeficientes de determinação obtidos para nas diversas relações entre as propriedades mecânicas, independente da região de origem da madeira, indicam que o módulo de ruptura à flexão é a propriedade mecânica que melhor se correlaciona com as demais e que a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras é que menos se correlaciona.

- De um modo geral, pode-se admitir que espécies coletadas em diferentes regiões, possuirão características de resistências iguais se forem desenvolvidas em seus próprios sítios.
- Os resultados obtidos mostram que existem espécies diferentes entre si, porém o diâmetro, dentro da variação mais frequente, não influencia as propriedades das espécies guariúba, cardeiro e pau rainha.
- A densidade básica não é o fator mais importante para determinar o teor de umidade natural na madeira de árvores vivas. Pode-se admitir flutuações sazonais desse teor, determinados por variáveis fisiológicas da árvore.
- Os resultados experimentais obtidos através da análise multivariada evidenciaram a existência de espécies, comercialmente desconhecidas, com propriedades físicas e mecânicas equivalentes às de espécies comercial e tradicionalmente conhecidas. É possível portanto, determinarem-se grupos de espécies equivalentes.
- Devido à sua grande flexibilidade, a distribuição Weibull se ajusta bem às distribuições da densidade básica e das características de resistência das espécies madeireiras da região amazônica.

- Os dois métodos de ajuste testados produzem bons resultados com em relação aos valores observados.
- O método dos percentis apresenta, em geral melhor resultado nos ajustes das F.d.a e o método da máxima verossimilhança apresenta em geral, melhor resultado aos ajustes das f.d.p.
- A distribuição das propriedades mecânicas é a mesma da densidade básica.
- As propriedades mecânicas podem ser obtidas a partir da densidade básica e suas distribuições podem ser obtidas também pela distribuição da densidade básica.
- A metodologia descrita, permite ajustar uma função Weibull a qualquer conjunto de dados e para qualquer propriedade que se queira. A partir das distribuições obtidas, pode-se determinar os valores característicos das propriedades.

PROPOSTAS

- Com base nos resultados apresentados pode-se sugerir o desenvolvimento futuro dos seguintes trabalhos:
- Estudos das dimensões dos corpos de provas adequados às espécies da Amazônia.

- Estudos sobre o crescimento das espécies madeireiras da região Amazônica. Sugere-se como passo inicial estudarem-se as espécies consideradas neste trabalho e que apresentam propriedades físicas e mecânicas aproximadamente iguais, mesmo em regiões diferentes. Por exemplo, a *Erisma uncinatum* (quarubarana) estudada em três regiões apresentou propriedades mecânicas estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey.

- Estudo da influência dos extrativos nas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, A.B. & ZAVARIN, E.T. Influence of extractives on tree properties. III incense cedar (*Librocedrus decurrens*). Journal of the Institute of Wood Science. (15):3-24, Out/1965.

ANDRAE, F.H. Ecologia Florestal, Santa Maria. Universidade de Santa Maria, 230p, 1978.

ALVIM, P. T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: Zimmermann, M.H. the formation of wood in forest trees. New York, Academic Press, 559 p, 1964.

ALVIM, P. T. Estudos sobre o crescimento do tronco do cacaueiro. Anais VI Conf. Interam. Cacau, Salvador, Bahia, 20-27, 133-36 p, 1956.

ARGANBRIGHT, D. G. Influence of extractives on bending strength of redwood (*Sequoia sempervirens*) Wood and fiber, 2(4): 367-372, 1971.

BAILEY, R.L. & T. R. DELL. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. Forest Sciences, 19(2): 97 - 104, 1973.

BATISTA, J.L. A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais. Dissertação de Mestrado, 125p, 1989.

BENDTSEN, B. A.; FREESE, F. & ETHINGTON, R.L.A. Forest sampling method for wood strenght. Forest product Journal, 20(11): 38-47, 1970.

BENSON, H.P. The influence of growth condition upon the properties of wood. J. Forestry, 22:707-23, 1924.

BODIG, J. & JAYME, B.A. Mechanics of wood and wood composites. New York, Van Nostrand Reinhold Co, 712p, 1982.

BONILLA, J.A. La influencia del suelo y el clima in el crecimiento de las arboles en las regiones templadas. IPEF, Piracicaba (2/3):79-22, 1971.

BROTERO, F.A. Estudos das características físicas e mecânicas das madeiras - São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo, Laboratório de Ensaios de Materiais, março, 59p. (Boletim nº 8), 1932.

BURGOS, J.J. El clima de la región noroeste de la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo. Boletim de la Sociedad Argentina de Botánica, 11:73-102, 1970.

BUSSAB, W. O.; ANDRADE, D. F.; WYAZAKY, E. S. Introdução à análise de agrupamentos, s.1. Associação Brasileira de estatística, 1990, 105p.

INPA, CENA, NYBG & WHR. Implantação de parcelas para monitoramento de diâmetro de dinâmica florestal na área de proteção ambiental, UHE Samuel, Rondônia. Relatório preliminar-outubro, 100p, 1988.

CHOONG. E. T. & ACHMADI, S. S. Effect of extratives on moisture sorption and shrinkage in tropical woods. Wood and Fiber Science, madison, 23(2); 185-196, 1991.

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS-COPANT. Maderas: Método de determinación del cizalhamento paralelo al grano. nº 463. 1971.

-----, Maderas:
Selección y colección de muestras. 458, Abril 1972.

-----, Maderas: Método
de determinación de flexion estático, 30: 1-006, Junio, 1972.

----- . Maderas: Método de determinación de la compresion perpendicular al grano, n.466, Abril, 1972.

----- . Maderas: Método de determinación de la compresión axial, o paralelo al grano, n .30: 1-008, Junio, 1972

COSTRA, T. C. A. & VIANA, L. M. Ensaio de espécies florestais sob duas diferentes condições ecológicas-Trabalho apresentado 6º Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Campos do Jordão-SP-Brasil de 22 a 27 de Setembro de 1982.

DUBÉ, Y. Em busca de uma política florestal para a Amazônia Brasileira, SUDAM, Belém, 187 p, 1980.

DUCKE, A. Notas sobre o clima da Amazônia, Anuário Brasileiro de Economia Florestal, Rio de Janeiro, 15(15): 153-68, 1963.

ELLIOT, G. K. Wood density in conifers. Com For. Bur., Oxford, Tech. Com. n.8, 1970.

EQUELUZ-PIEDRA, T. & ZOBEL, B.J. Wood and fiber science, Madion, 1986, Jan., 18(2): 68-75, 1986.

FALESI, I.C. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira VI:168-91, 1986.

FALESI, I. C. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileiro, 1º . Simpósio do Trópico Úmido. Belém-pará, 1986, V.1:169-91.

FAO. Forestry inventory in the Amazon Valley - 100 percent survey in the Rio Curuá-Una región, 1958.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood Hand Book: Wood as an engeneering material. Madison, vol.1, 1974.

GIBSON, M.D. ; McMILLIN, C.W. & SHOULDERS, T. Moisture content and specific gravity of the four mayor Southern pines under the same age and site conditions. Wood and Fib. Sci. 18(3): 428-35, 1986.

GOLFARI, L. El balance hidrico de thornthwaite com o guia para estabelecer analogia climaticas: alguns exemplos em *Pinus radiata*. D. Don. In:World symposium on man - make forest and their industrial importance, Roma, FAO, 981-92 p, 1967.

GOGGANS, Y.F. The interplay of invironment and heredity as factors controllling wood properties. Tech. Rep. 11, Sch. For. N. Carolina State Call., Raleigh, N. Carolina, 1961.

GUTIERREZ, A.M.R. Efecto del raleo sobre el crecimiento en area basal de un bosque secundário in el tropico humido, Turrialba, 79 p, 1970. (Tese - Mestrado - IICA).

HARTIGAN, J.A. Clustering algorithms. New York, John Wiley & Sons, Inc, 351p, 1975.

HEINSDIJK, D. & BASTOS, M.A. A distribuição dos diâmetros nas florestas brasileiras. B. Setor de Inv. Flor. 11, 56p, 1965.

HERMAN, F.V. Estudios silvicultural de algunas espécies comerciales en el bosque universitário Elcaimital, estado Barinas, Revista Forestal Venezolana, ano 7 nº 10-11, p22-23, 1964.

HINZ , P.N. A method of cluster analisys and some applications. In: EK, A.P.; BALSINGER, J.W. & PRAMNITZ, L.C.; ed. Forest Modeling and Inventory. University of Wisconsin, Madison, Society of American Foresters, p.111-122, 1975.

HOWE, J.P. Relationship of climate to the specific gravity of four Costa Rican Hardwoods, an exploratory study. Wood and fiber, 5(4): 347-52, 1974.

HUSCH, B. Forest mensuration and statistics. New York, Ronald Press, 474 p, 1963.

HUMPHRIES, E.C. Dormancy of cacao buds the relationships between bud-bursting and growth of the whole tree. Imperial Cool. trap. Agric. Trinidad. Cacao. Res. Rep. 23-27 p, 1941.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Estação Experimental de Curuá-Una, In: Madeiras da Amazônia: Característica e utilização. Brasília, vol. 2, 236p, 1988.

-----, Estação Florestal Nacional do Tapajós. In: Madeiras da Amazônia: Características e utilização. Brasília. CNPq., vol.1, 113 p, 1981.

JAAKKO POYRY ENGENHARIA. Balbina: Bacia de inundação da UHE-Balbina; definição do Potencial Madeireiro. São Paulo, 1983.

JOHNSON, R. A. & WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 2a ed. Englewood cliffs, Prentice Hall, 607p, 1988.

KING, J.N.; YEH, F.C.C.; HEAMAN, J.C. & DANCİK, B.P. Selection of wood density and diameter in controlled crosses of coastal Douglas-fir, Silvae Genetica, 37(3-4): 152-57, 1988.

KLAUDITZ, W. & STOLLEY, I. Investigations on the properties of Douglas-fir from various sites in lower Saxony. Aus dem Walde, Hannover, 51-73 p. in For Abstr. 19: 974-1958, 1957.

KOLLMANN. F. & CÔTÉ W. A. Principles of wood science and technology Germany, Springer-Verlag, p.293, 1968.

LANTICANY, C.B. Variation in some structural features and wood properties of *Pinus caribaea*. Morelet, from British Honduras, Ph.D. thesis Oxford Univ.m 1972.

LARSON, P.R. Effect of environment on the percentage of summer wood and specific gravity of slash pine. Bull. nº 63. Yale University. School of Forestry, 1957.

LEE, E.T. Statistical Methods for Survival Data Analysis. Lifetime Learning Publication, Belmont, California, 1980.

LEDIG, F. THOMAS. Geoclimatic patterns in specific gravity and tracheid length in wood of pitch pine. Canadian Journal of forest research, 5(2)318-29, 1975.

LOUREIRO, A.A. ; SILVA, M.F. DA & ALENCAR, J.C. Essências madeireiras da Amazônia - Inpa - SUFRAMA, 2v., 1979.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. da . Catálogo das madeiras da Amazônia. Belém, SUDAM, 1968.V.1 433 p.

LOUZADA, Y.L.P.C. & FONSECA, F.M.A. Variação da densidade, amostragem e relações de qualidade e crescimento, ao nível do DAP, na madeira de *Pseudotsuga menzeiessie*. Mirb.(Franco). Univ. de Tras-os-Montes e alto, Douro, Vila Real, Portugal, 1990.

MENDES, A.P. Resistência da madeira ao cisalhamento. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, p.50-122 (Dissertação de Mestrado - Engenharia de Estruturas), 1984.

MENDES, C.J.; SUITER FILHO, W.; RESENDE, G. C. DE & MORAES, T.S. DE A. Variação da densidade da madeira emdiversas procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Silvicultura, São Paulo, 8(32): 832-37, set/out, 1979.

MOLION, L.C.B. & BITANCURT, J.J.V. O clima e o uso da terranos trópicos úmidos, 1980.

MORAES, V.H.F. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da floresta Amazônica. Boletim técnico do IPEAN, Belém, 52(5): 312-20, 1970.

MOTA, F.S. da. Meteorologia Agrícola. 3ª ed. São Paulo, Nobel, 376p, 1977.

MÜELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetaci3n ecology. New York, John Wiley & Sons, 547p, 1974.

NOACK, D. Evaluation of properties of tropical timber IUFRO, 1970.

NICHOLSON, D.L. Lenght requiriment of seedlings of five species of depterocarpaceae. Malayan Florester, 23(4): 344-56, 1960.

NOBRE, L. Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia. Brasil floresta, Brasilia, 16 (68): 43-9, Jul/Dez. 1989.

NYLINDER, P. Variations in density of planted spruce statens. 41: 1-44. In the influence of environmental and genetics and pulpwood quality. Annotated Bibliography. Tappi Monograph Series, 24:545, 1962.

ODUM, H.T.; HUGO, A.; CINTRON, G. & JORDAM, C.F. Metabolism and evapotranspirations of same rain forest plants and soils. A tropical rain forest, a study of irradiation and ecology at el verde, Puerto Rico, H.T. Odum (ed.), U.S. Atomic Energy Comm., Oak ridge, 1970.

ORMAN, H. Variation of all diameter and all wall thickness in conifers. Melbourne, CSIRO, v.2 p. 301-08, 1965.

PROYECTOS ANDINOS DE TECNOLÓGICO EM ÁREA DE LOS RECURSOS FORESTALES TROPICALES. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú, Lima, junta de acuerdo de Cartagena, 60 p, 1981.

------. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies de Ecuador, Lima, junta de acuerdo de Cartagena. 60 p, 1981.

------. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies de Bolivia, Lima, junta de acuerdo de Cartagena, 60 p, 1981.

------. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies de Venezuela, Lima junta de acuerdo de Cartagena, 60 p, 1981.

PANDOLFO, C. Uma política florestal para a Amazônia Brasileira. Belém, SUDAM, 48 p, 1985.

PANSHIN A.J. & ZEEUW, C de. Textbook of technology. 3a ed. New York. Mac Graw-Hill , 705p, vol 1, 1970.

PAPADAKIS, J. Climates of the world and their potentialities. Buenos Aires, 200p, 1975

- PATERSON, S.S. The forest area of the world and its potential productivity. Department of geography, Sweden, 214p, 1956.
- PAULA, E.V.C. et alii. Propriedades mecânicas de trinta e nove espécies de madeiras do Amazonas. II Encontro Brasileiro em Madeiras em Estruturas de Madeira, 1986.
- PFEI, W. Estruturas de madeira, dimensionamento segundo as normas brasileiras NB11 e os modernos critérios das normas alemãs e americana. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e científicos, 1977.
- PILLOW, M.Y. Effects for tension wood in hardwood umber and veneer-USDA, For. Serv. FPL, Madison, 1943: 1-14, Abr. 1958.
- PIRES, J.M. Estudo dos principais tipos de vegetação do estuário do Amazonas, Piracicaba, 183 p. (Tese-Doutoramento. ESALQ), 1972.
- PIRES, J. M. Tipos de vegetação da Amazônia, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 170-202 p. (publicações Avulsas, 20), 1973.
- PIRES, J. M. Aspectos ecológicos da floresta amazônica. In: Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais, 3. Mossoró, 1976. Anais ESAM, 235-87 p, 1976.

- PIRES, J.M. O conceito de floresta tropical. Revista CVRD, Rio de Janeiro, 2(5): 17-20, 1981.
- PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W.A. & SILVA, M.F. da. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme Km 30 da Estrada Manaus-Itacoatiara. Acta Amazônica, 6(1): 9-35, 1976.
- RADAM BRASIL, FOLHA SA-22, Belém, V.5, 1974.
- RADAM BRASIL, FOLHA NA/NB-22, Macapá, V.6, 1974.
- RADAM BRASIL, FOLHA SB-21, Tapajós, V.7, 1975.
- RADAM BRASIL, FOLHA SA-20, Manaus, V.8, 1978.
- RANKIM, Judy McKean. Forestry in the Brazilian. Amazon. 1989.
- RIBOLDI, J. Análise de agrupamento Cluster analyse suas aplicações. Piracicaba, ESALQ. 33p, 1986.
- RICHARDS, P.W. The tropical rain forest. Cambridge, University Press, 450 p. 1957.
- ROCCO LAHR, F.A. Considerações a respeito da variabilidade de propriedades de resistência e de elasticidade da madeira. Tese de livre docência. São Carlos, EESC\USP, 161p, 1990.

ROMESBURG, H.C. Cluster analysis for researches. Belmont, lifetime learning, 341p. Piracicaba, ESALQ\USP, 1984.

SALES, A. Características de resistência mecânica de espécies de Eucalipto do Estado de São Paulo - São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 204p, 1991. (Mestre Engenharia de Estrutura).

SARDINHA, R.M.A. Variation in density and some structural features of wood of Eucalyptus saligna Sm. from Angola. Ph.D. thesis. Oxford University. 155p, 1974.

SLOOTEN. H.J. van der et alii. Characteristics, properties and engineering data of sixteen comercial amazon species - Brasilia, 73p, 1976.

SOUZA, L. DE. Análise multivariada para manejo de produção sustentada de madeira para serraria. Curitiba, UFRR, 255p, 1989. (Tese D.s.)

SPURR, S. & BARNES, B,V. Forest ecology. 3ed. New York, John Wiley & Sons, 687p, 1980.

SUDAM. Pesquisas e informações sobre espécies florestais da Amazônia, 1979.

SUDAM. Características gerais da reserva florestal de Curuá-Una.
1979.

SUDAM. Pesquisa instrumental básico para o planejamento regional. Belém. Departamento de Recursos Naturais, s.d. 51p,
1988.

SUNLEY, Y.G. & LAVERS, G.M. Variation in the strength and
specifi gravity of stuka spruce grown in great Britain. J.
Inst. Wood Sc. 7 , April: 15-27 p., 1961.

SUSMEL, L. Density of Eucalyptus rostrata wood from the Agro
Pontina Monte e Boschi, 3: 75-78 in For. Abstr. 13:3322, 1952.

THORNTHWAITE, C.W. & HARE, F.K. The less of water to the air.
Meteorological monographs, 6(28):163-180, 1965.

U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood hardbook. Wood as un
engineering material. Madison, vol.1, 1974.

-----,-----, Department of
Agriculture, 1974. (Agriculture hardbook, nº 72)

VEILLON, J.P. Primeiro resultados de la medicion del crecimiento
de bosques na terrra venezalanas. Boletim del IFLA, (2): 73-90,
1976.

WEIBULL.W. A statistical distribution function of wide applicability. Journal of Applied Mechanics, 18:293-297, 1951.

WHITMORE, J.L. Wood density variation in Costa Rican balsa. Wood Sci., 5(3): 23-229, 1973.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. Journal of applied Mechanics, 18:293-297, 1951.

A N E X O 1

Valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação, encontradas em cada uma de seis propriedades da madeira de 87 espécies madeireiras da Amazônia.

Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das espécies estudada na região do Amapá.

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Melancieira fals	Média	0.55	10.34	85.98	48.04	8.74	11.92
	CV	7.06	9.27	9.73	5.02	8.47	19.34
	D.padrão	0.04	0.96	8.365	2.412	0.074	2.306
	N	5	5	5	5	5	5
Araracanga	Média	0.76	15.90	13.92	79.80	13.00	16.30
	CV	4.68	8.00	1.32	8.33	5.44	20.82
	D.padrão	0.04	1.273	1.838	6.647	0.707	3.394
	N	2	2	2	2	2	2
Tauari2	Média	0.51	9.85	85.85	47.95	8.20	12.15
	CV	6.84	11.56	10.05	9.35	9.34	17.53
	D.padrão	0.04	1.139	8.628	4.481	24.46	2.130
	N	4	4	4	4	4	4
Tauari	Média	0.47	5.90	25.60	26.60	.	3.80
	CV	.	.	.	.	.	.
	D.padrão	.	.	.	.	.	.
	N	1	1	1	1	1	1
Apá	Média	0.78	14.17	49.97	72.10	15.20	4.93
	CV	0.78	6.56	13.94	12.41	21.18	5.11
	D.padrão	0.05	0.929	20.899	8.950	3.219	0.764
	N	3	3	3	3	3	3
Matá matá branco	Média	0.79	14.13	144.50	79.27	19.00	.
	CV	5.52	5.72	2.16	9.80	16.01	.
	D.padrão	0.04	0.808	3.122	7.768	3.041	.
	N	3	3	3	3	3	.
Jaranal	Média	0.79	14.30	140.45	87.10	14.00	.
	CV	13.34	0.99	17.37	.	14.14	.
	D.padrão	0.11	0.141	24.395	.	1.980	.
	N	2	2	2	1	2	.
Sapucaia	Média	0.81	15.40	185.7	.	19.40	20.70
	CV	.	.	.	.	.	.
	D.padrão	.	.	.	.	.	.
	N	1	1	1	.	1	1
Jarana2	Média	0.81	15.03	175.8	75.60	11.87	17.70
	CV	4.45	4.90	7.66	9.51	37.97	12.95
	D.padrão	0.04	0.737	13.466	7.190	4.506	2.291
	N	3	3	3	3	3	3
Macaranduba	Média	0.87	11.70	138.23	62.37	14.67	15.23
	CV	6.08	8.24	13.86	4.35	7.10	7.23
	D.padrão	0.05	0.964	19.154	2.715	1.041	1.102
	N	3	3	3	3	3	3
Uchirana	Média	0.71	12.10	111.73	57.45	11.50	15.17
	CV	3.98	28.16	33.82	29.17	1.23	8.30
	D.padrão	0.03	3.407	37.791	16.758	0.141	1.258
	N	3	3	3	3	3	3

Continuação

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Fava bengui	Média	0.40	5.93	37.33	29.00	3.23	4.67
	CV	3.79	12.42	55.42	12.62	22.80	14.27
	D.padrão	0.02	0.737	20.690	3.659	0.737	0.666
	N	3	3	3	3	3	3
Esponja	Média	0.40	7.67	63.17	29.20	3.30	9.43
	CV	2.50	4.58	20.54	10.73	34.42	21.34
	D.padrão	0.01	0.351	12.975	3.132	1.136	2.113
	N	3	3	3	3	3	3
Coata guicava	Média	0.91	16.30	183.10	104.65	26.83	15.68
	CV	7.69	8.86	7.90	5.24	3.88	13.83
	D.padrão	0.07	1.445	14.463	5.483	1.441	2.17
	N	4	4	4	4	4	4
Breu	Média	0.67	12.27	113.10	62.60	12.00	16.53
	CV	5.97	7.03	5.02	16.10	17.64	9.08
	D.padrão	0.04	0.862	5.682	10.078	2.117	1.50
	N	3	3	3	3	3	3
Achuá	Média	0.77	12.98	134.0	66.80	11.13	16.43
	CV	6.71	7.77	8.22	11.10	5.66	5.36
	D.padrão	0.05	1.008	11.011	7.411	0.63	0.881
	N	4	4	4	4	4	3
Tachi branco	Média	0.42	8.17	69.46	41.50	6.87	9.57
	CV	2.77	11.77	10.72	17.14	9.36	16.54
	D.padrão	0.01	0.961	7.446	7.114	0.64	1.582
	N	3	3	3	3	3	3
Breu branco	Média	0.74	13.05	13.41	68.15	13.25	17.80
	CV	3.55	6.98	7.63	6.97	9.98	18.74
	D.padrão	0.03	0.911	10.238	4.747	1.323	3.336
	N	4	4	4	4	4	4
Amapá	Média	0.63	11.03	93.92	54.88	8.43	15.32
	CV	1.59	15.96	9.02	5.23	16.88	27.35
	D.padrão	0.01	1.759	8.472	2.870	1.422	4.19
	N	3	4	4	5	4	5
Fava	Média	0.70	10.75	83.65	48.80	8.90	13.90
	CV	.	15.13	34.57	.	.	.
	D.padrão	.	1.626	28.921	.	.	.
	N	1	2	2	1	1	1
Quaruba branca	Média	0.65	15.53	106.93	48.27	7.73	9.87
	CV	4.46	27.25	16.71	10.36	3.25	3.56
	D.padrão	0.03	4.234	17.870	5.001	0.252	0.351
	N	3	3	3	3	3	3
	Média	0.67	12.03	114.64	59.91	11.44	13.70
	CV	23.73	26.24	36.77	33.65	48.8	30.55
	D.padrão	0.15	3.15	42.15	20.16	5.59	4.18
	LI	0.39	5.10	21.10	25.20	2.40	3.80
	LS	0.99	20.40	191.90	109.70	28.80	22.60
	N	63	61	63	60	62	58

Valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação das espécies estudada na região de Balbina.

ESPÉCIE		Db	E_f	f_f	f_c	f_{cn}	f_s
Andiroba	Média	0.44	10.07	90.07	50.98	6.78	9.45
	CV	8.90	6.39	7.18	5.34	18.84	10.24
	D.padrão	0.04	0.643	6.467	2.721	1.276	0.968
	N	4	3	3	4	4	4
Pau rainha	Média	0.92	13.77	13.31	78.96	13.17	14.58
	CV	18.75	12.10	18.23	16.77	70.18	27.43
	D.padrão	0.17	1.665	24.262	13.242	9.244	3.998
	N	9	9	9	9	7	9
Tauari4	Média	0.60	12.98	131.38	64.47	9.43	13.38
	CV	7.34	6.96	9.95	4.11	8.42	9.60
	D.padrão	0.04	0.903	13.078	2.650	0.793	1.284
	N	4	4	4	3	4	4
Caroba	Média	0.34	81.83	47.55	28.78	2.67	5.23
	CV	4.92	15.96	14.76	5.38	22.21	9.26
	D.padrão	0.02	1.306	7.020	1.547	0.592	0.484
	N	6	6	6	6	6	6
Cumaru	Média	0.97	15.36	170.86	102.46	24.00	15.64
	CV	6.19	16.36	17.58	9.58	17.52	14.65
	D.padrão	0.06	2.514	30.042	9.812	4.205	2.292
	N	5	5	5	5	5	5
Cupiuba	Média	0.68	12.18	11.43	67.76	13.28	14.67
	CV	8.09	9.22	20.12	10.53	23.82	20.97
	D.padrão	0.05	1.123	23.005	7.132	3.162	3.075
	N	9	9	9	8	9	9
F.o.de negro	Média	0.68	12.92	130.67	64.73	11.45	14.82
	CV	6.83	8.46	11.21	12.96	10.22	17.29
	D.padrão	0.05	1.093	14.646	8.387	1.17	2.562
	N	6	6	6	6	4	6
Guariuba	Média	0.56	9.85	104.90	59.30	11.68	12.08
	CV	16.30	10.64	21.88	11.12	19.03	12.49
	D.padrão	0.09	1.048	22.950	6.597	2.223	1.509
	N	6	6	6	6	6	6
Ucuuba puña	Média	0.68	13.48	120.12	64.90	10.74	12.82
	CV	10.29	7.22	5.85	13.64	11.95	19.18
	D.padrão	0.07	0.973	7.031	8.854	1.284	2.459
	N	5	5	5	5	5	5
Itauba	Média	0.70	14.08	132.38	55.13	11.70	12.68
	CV	10.69	26.07	31.91	29.92	7.7	24.72
	D.padrão	0.07	3.670	42.247	16.491	0.902	3.133
	N	4	4	4	4	4	4
Louro gamela	Média	0.52	9.77	74.57	44.20	4.70	8.23
	CV	3.33	5.25	12.18	20.74	34.24	7.12
	D.padrão	0.02	0.513	9.085	9.169	1.609	0.586
	N	3	3	3	3	3	3

Continuação

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Marupa	Média	0.35	7.15	56.01	30.41	4.72	7.66
	CV	6.93	12.51	25.22	14.78	29.39	25.35
	D.padrão	0.02	0.894	14.127	4.496	1.387	1.941
	N	10	8	8	8	10	10
Melancieira	Média	0.53	10.57	89.59	49.68	8.66	12.39
	CV	6.91	9.90	22.18	11.66	13.25	15.93
	D.padrão	0.04	1.047	19.868	5.793	1.148	1.974
	N	8	7	7	8	8	7
Mandioqueira	Média	0.63	9.38	71.58	44.95	7.23	10.30
	CV	16.95	17.25	47.71	22.79	12.90	19.21
	D.padrão	0.11	1.617	34.146	10.245	0.932	1.978
	N	4	4	4	4	4	4
Quarubarana	Média	0.56	86.80	61.48	38.42	6.56	7.64
	CV	6.80	11.90	21.72	20.32	10.86	17.03
	D.padrão	0.04	1.033	13.351	7.806	0.713	1.301
	N	5	5	5	5	5	5
Cardeiro	Média	0.59	11.33	77.36	37.98	5.33	8.74
	CV	2.51	10.51	12.42	12.02	14.05	10.32
	D.padrão	0.01	1.191	9.607	4.566	0.749	0.901
	N	14	14	14	14	14	13
	Média	0.66	11.24	98.79	54.09	9.14	11.21
	CV	30.16	23.31	38.10	37.44	60.90	33.34
	D.padrão	0.18	2.62	37.64	20.25	5.56	3.73
	LI	0.30	5.60	20.80	23.00	1.60	4.40
	LS	1.15	18.30	192.60	119.30	33.50	23.20
	N	112	98	98	98	98	113

Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das espécies estudada na região de Curuá-Una.

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Angelim da mata	Média	0.65	13.53	120.83	61.12	10.71	14.04
	CV	10.41	11.44	14.78	12.07	6.06	17.19
	D.padrão	0.07	1.548	17.861	7.380	0.649	2.415
	N	10	10	10	10	9	9
Acoita cavalo	Média	0.61	14.53	125.62	63.71	9.50	12.77
	CV	4.98	5.80	7.98	4.88	13.60	18.66
	D.padrão	0.03	0.842	10.029	3.106	1.292	2.383
	N	10	10	10	10	10	10
Abiu c. grossa	Média	0.74	17.17	164.82	85.90	11.15	16.23
	CV	5.97	8.16	13.68	7.59	10.99	27.92
	D.padrão	0.04	1.401	22.546	6.520	1.225	4.531
	N	10	10	10	10	10	10
Angelim verd.	Média	0.88	17.85	171.83	89.38	16.55	15.31
	CV	4.68	6.09	6.44	7.58	14.63	24.39
	D.padrão	0.04	1.088	11.070	6.779	2.421	3.735
	N	10	9	9	10	1	10
Abiu pitomba	Média	0.80	17.90	175.24	90.71	14.97	19.37
	CV	12.88	14.59	13.35	17.25	20.11	16.96
	D.padrão	0.10	2.612	2.3397	1.5649	0.3010	0.3284
	N	9	9	9	9	9	9
Abiurana	Média	0.83	17.17	160.00	87.39	15.14	16.04
	CV	7.64	8.49	15.19	12.96	18.70	38.83
	D.padrão	0.06	1.458	24.303	11.327	2.832	6.229
	N	10	10	10	10	10	10
Envira branca	Média	0.56	16.22	119.26	63.68	5.95	8.74
	CV	7.68	10.97	20.90	16.25	19.86	20.21
	D.padrão	0.04	1.780	24.927	10.351	1.182	1.766
	N	10	10	10	10	10	10
Anani	Média	0.57	13.98	111.41	62.53	7.28	10.62
	CV	7.06	7.98	14.49	10.80	15.43	10.53
	D.padrão	0.04	1.116	16.141	6.753	1.123	1.119
	N	10	9	9	10	10	9
Ingá	Média	0.62	13.63	123.08	61.45	8.3	14.59
	CV	13.87	14.66	16.00	12.20	18.69	11.96
	D.padrão	0.09	1.998	19.696	7.495	1.553	1.745
	N	11	11	11	11	11	11
Breu	Média	.	17.67	163.88	82.79	16.03	17.41
	CV	.	4.51	15.74	10.29	12.69	5.03
	D.padrão	.	0.797	25.793	8.516	2.033	0.875
	N	.	9	9	9	9	9
Fava folfa fina	Média	0.76	15.74	149.76	79.88	14.17	16.23
	CV	9.04	6.59	13.09	9.34	17.52	12.68
	D.padrão	0.07	1.037	19.609	7.462	2.482	2.058
	N	10	10	10	10	10	10

Continuação

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Fav.a.tucupi	Média	0.44	1.68	73.63	39.41	47.00	9.79
	CV	11.95	14.04	20.35	17.08	24.05	20.31
	D.padrão	0.05	1.640	14.982	6.730	1.130	1.988
	N	11	10	10	9	9	7
Fav.a.de rosca	Média	0.84	16.46	157.24	73.53	14.72	18.10
	CV	2.58	11.00	14.75	16.72	16.75	12.27
	D.padrão	0.02	1.810	23.186	12.295	2.464	2.221
	N	8	8	8	8	8	8
Glicia	Média	0.66	15.18	128.33	66.33	10.39	13.0
	CV	9.28	7.93	10.88	14.65	16.88	13.43
	D.padrão	0.06	1.203	13.963	9.716	1.754	1.840
	N	10	9	9	10	10	10
Morototo	Média	0.41	11.264	72.45	40.54	4.60	10.63
	CV	13.97	10.55	18.35	18.12	25.94	9.45
	D.padrão	0.06	1.189	13.294	7.344	1.193	10.05
	N	9	11	11	11	11	9
Pau branco	Média	0.71	16.22	143.03	73.88	12.58	16.45
	CV	4.88	12.76	15.05	16.24	13.88	13.95
	D.padrão	0.03	2.069	21.532	11.999	1.747	2.295
	N	8	10	10	11	11	10
P.da t. firme	Média	0.90	16.70	160.84	87.39	18.30	19.13
	CV	4.03	13.98	20.39	17.12	9.97	13.07
	D.padrão	0.04	2.334	32.800	14.959	1.824	2.500
	N	9	8	8	9	9	9
Preciosa	Média	0.93	18.13	187.50	99.68	20.62	18.84
	CV	7.11	7.48	10.09	7.96	11.6	14.93
	D.padrão	0.07	1.356	18.910	7.935	2.399	2.814
	N	8	9	9	8	10	9
Tauaril	Média	0.49	11.06	84.72	45.46	6.36	10.28
	CV	6.45	8.47	21.97	15.84	21.47	16.25
	D.padrão	0.03	0.937	18.614	7.200	1.366	1.670
	N	9	10	10	7	10	9
Tento	Média	0.67	14.88	125.22	72.04	10.78	13.00
	CV	3.74	12.11	15.39	7.79	14.80	13.39
	D.padrão	0.03	1.803	19.276	5.609	1.596	1.741
	N	11	11	11	11	11	11
Tachi branco	Média	0.67	13.72	125.75	65.74	11.52	17.09
	CV	5.92	7.98	13.39	9.61	11.32	11.62
	D.padrão	0.04	1.095	16.841	6.318	1.304	1.986
	N	10	10	10	10	10	10
Uchi lisa	Média	0.78	15.60	156.69	76.34	13.26	19.13
	CV	5.83	8.60	13.12	9.28	15.33	14.50
	D.padrão	0.05	1.342	20.555	7.085	2.033	2.773
	N	9	10	10	10	10	8

Continuação

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Uchirana	Média	0.86	17.94	173.19	88.03	5.48	18.14
	CV	2.62	8.85	13.87	10.31	10.08	15.19
	D.padrão	0.02	15.88	24.016	9.078	1.560	2.755
	N	9	9	8	8	8	8
Cumarú	Média	0.92	17.92	176.33	98.72	20.95	22.43
	CV	4.19	8.67	17.18	12.17	13.82	16.26
	D.padrão	0.04	1.553	30.293	12.018	2.896	3.647
	N	10	9	9	9	10	9
Fav bolota	Média	0.71	15.20	138.09	65.55	11.46	14.15
	CV	8.94	8.74	12.68	14.16	12.07	14.80
	D.padrão	0.06	1.329	17.508	9.284	1.384	2.094
	N	13	13	13	13	13	12
Faveira	Média	0.50	11.77	86.38	49.23	6.84	11.06
	CV	12.33	15.91	21.87	13.21	20.44	15.66
	D.padrão	0.06	1.873	18.887	6.505	1.399	1.733
	N	10	10	10	10	9	9
Guariuba	Média	0.59	12.39	110.97	65.82	9.49	12.25
	CV	11.54	8.98	18.29	15.69	14.97	17.10
	D.padrão	0.07	1.112	20.293	10.327	1.421	2.095
	N	10	10	10	10	10	8
Quarubarana	Média	0.46	11.01	89.19	50.65	5.74	7.99
	CV	9.01	19.01	16.70	12.69	19.30	13.43
	D.padrão	0.04	2.094	14.894	6.426	1.108	1.073
	N	9	9	9	10	10	9
Sapucaia	Média	0.84	15.14	152.85	71.620	15.19	17.48
	CV	7.65	13.60	15.38	20.27	12.21	15.03
	D.padrão	0.06	2.059	23.507	14.520	1.854	2.628
	N	10	10	10	10	10	10
	Média	0.69	14.99	134.10	70.60	11.80	14.99
	CV	22.96	17.79	27.59	25.40	40.44	27.45
	D.padrão	0.16	2.66	37.00	17.93	4.77	4.11
	LI	0.33	8.30	50.40	30.10	3.50	6.50
	LS	1.0	21.30	222.0	123.50	27.50	27.70
	N	273	283	283	283	287	272

Valores médios, desvio padrão e coeficiente variação das espécies estudada na região do Tapajós.

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Amapá doce	Média	0.59	11.52	104.50	58.11	8.23	10.44
	CV	16.83	12.64	17.22	15.51	18.10	18.54
	D.padrão	0.10	1.456	18.000	9.011	1.489	1.935
	N	20	20	20	20	10	20
Muratinga	Média	0.58	12.81	112.91	61.67	8.58	12.17
	CV	8.91	28.66	11.17	8.97	24.78	17.12
	D.padrão	0.05	3.671	12.617	5.534	2.125	2.084
	N	17	17	17	17	7	17
Mururé	Média	0.55	12.00	102.654	57.13	8.28	9.74
	CV	9.42	15.55	9.79	8.64	25.29	14.93
	D.padrão	0.05	1.865	10.047	4.936	2.095	1.454
	N	17	17	17	17	12	7
Tachi Pitomba	Média	0.56	10.90	107.02	57.64	9.36	12.32
	CV	12.66	15.69	21.08	13.94	28.71	26.25
	D.padrão	0.07	1.710	22.565	8.035	2.688	3.233
	N	20	20	20	20	10	20
Tachirana	Média	0.62	12.46	117.99	59.76	11.19	13.67
	CV	10.48	10.17	18.01	13.06	25.27	23.64
	D.padrão	0.07	1.266	21.252	7.803	2.827	3.231
	N	19	20	20	20	9	20
Tauari 6	Média	0.62	14.09	131.96	67.04	9.77	12.47
	CV	8.27	11.27	14.63	10.90	16.25	20.02
	D.padrão	0.05	1.587	19.310	7.310	1.587	2.496
	N	14	14	14	14	6	14
Andiroba	Média	0.59	12.00	109.86	61.63	9.24	11.00
	CV	10.05	11.95	14.87	11.77	9.37	24.34
	D.padrão	0.06	1.434	16.333	7.252	0.866	2.677
	N	18	18	18	18	9	17
Breu preto	Média	0.43	97.33	77.00	44.79	5.25	8.12
	CV	9.56	7.04	17.47	11.77	10.14	25.81
	D.padrão	0.04	0.685	13.450	5.274	0.532	2.095
	N	12	12	12	12	4	12
Breu branco	Média	0.52	10.01	86.76	48.59	7.08	9.96
	CV	10.24	12.08	23.16	11.64	13.15	16.03
	D.padrão	0.05	1.209	20.091	5.658	0.931	1.597
	N	13	13	13	13	5	13
Tauari 3	Média	0.49	10.76	90.45	47.75	6.22	8.72
	CV	4.12	6.46	14.69	20.32	17.55	19.27
	D.padrão	0.02	0.695	13.290	9.704	1.091	1.679
	N	12	13	13	13	6	13
Tauari 5	Média	0.64	14.42	133.46	69.10	13.06	13.05
	CV	10.24	8.20	22.41	14.48	33.46	18.76
	D.padrão	0.07	1.182	29.905	10.005	4.370	2.448
	N	21	21	21	21	9	21

Continuação

ESPÉCIE		Db	E _f	f _f	f _c	f _{cn}	f _s
Tacacazeiro	Média	0.51	11.63	98.11	50.61	4.25	9.43
	CV	12.55	15.35	21.35	17.80	40.15	36.69
	D.padrão	0.06	1.785	20.942	9.011	1.706	3.458
	N	16	16	13	16	8	16
Castanheira	Média	0.63	12.78	118.07	59.50	10.12	11.69
	CV	8.00	9.56	10.35	12.01	22.25	19.59
	D.padrão	0.05	1.221	12.218	7.146	2.251	2.289
	N	20	20	20	20	11	19
Copaiba	Média	0.61	12.37	1179.45	58.38	10.01	12.21
	CV	9.64	14.85	12.81	11.69	17.22	16.81
	D.padrão	0.06	1.836	15.105	6.822	1.724	2.052
	N	20	20	20	20	9	20
Caroba	Média	0.31	8.94	56.21	31.33	3.06	6.11
	CV	16.49	11.71	17.71	11.35	39.26	25.04
	D.padrão	0.05	1.047	9.953	3.554	1.201	1.529
	N	13	13	13	13	5	13
Visgueiro	Média	0.51	10.96	938.75	48.93	7.79	9.91
	CV	9.83	16.63	14.33	10.09	19.51	24.40
	D.padrão	0.05	1.824	13.457	4.937	1.519	2.417
	N	16	16	16	16	7	16
Itauba	Média	0.70	12.38	11.41	58.34	11.05	10.01
	CV	6.87	14.29	10.51	13.70	17.92	26.29
	D.padrão	0.05	1.770	11.987	7.995	1.980	2.632
	N	11	11	11	11	6	11
Louro gamela	Média	0.54	108.50	79.38	50.89	4.88	7.46
	CV	6.73	10.04	23.37	13.17	18.83	26.48
	D.padrão	0.04	10.89	185.53	6.701	0.918	1.976
	N	8	8	8	8	4	8
Marupa	Média	0.37	8.08	61.52	35.18	4.82	6.76
	CV	14.07	16.60	22.43	10.79	7.3	17.17
	D.padrão	0.05	13.42	138.01	3.794	0.356	1.160
	N	12	12	12	12	5	11
Melancieira	Média	0.61	13.82	113.27	58.74	10.20	12.26
	CV	11.06	20.08	19.52	9.88	13.91	16.02
	D.padrão	0.07	27.75	221.09	5.801	1.418	1.964
	N	12	12	12	12	6	12
Quarubarana	Média	0.48	10.57	87.78	52.52	5.93	8.90
	CV	5.67	11.52	10.63	14.47	8.42	22.89
	D.padrão	0.03	1.218	9.332	7.602	0.499	2.038
	N	9	9	9	9	4	8
	Média	0.55	11.75	103.79	55.36	8.51	10.65
	CV	18.40	19.12	24.77	20.19	36.92	28.29
	D.padrão	0.10	2.24	25.71	11.18	3.14	3.01
	LI	0.25	5.90	28.20	25.40	1.70	3.60
	LS	0.98	23.70	186.20	81.80	23.50	21.10
	N	320	322	322	322	162	342