

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**O EMPREGO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS NA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA
FITOSSOCIOLÓGICA DE UMA FLORESTA TROPICAL: O CASO DA ESTAÇÃO
EXPERIMENTAL DE CURUÁ-UNA - PARÁ-BRASIL**

PAULO CERQUEIRA DOS SANTOS

Dissertação apresentada junto à Coordenadoria de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Silvicultura e Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR
PROF. PAULO LUIZ CONTENTE DE BARROS, Dr - UFRA

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da
Biblioteca da UFRA**

Santos, Paulo Cerqueira dos. O emprego de técnicas multivariadas na avaliação da estrutura fitossociológica de uma floresta tropical: o caso da Estação Experimental de Curuá-Una - Pará-Brasil/ Paulo Cerqueira dos Santos. – Belém: UFRA, 2006. 76p.: il.

Orientador: Paulo Luiz Contente de Barros

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia

1. Amazônia. 2. Análise de Componentes Principais. 3. Análise de Agrupamento. 4. Análise de Fator. 5. Análise Discriminante. 6. Índice de Valor de Importância.
I. Universidade Federal Rural da Amazônia. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

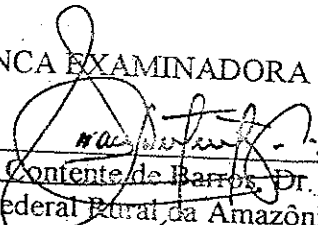
O EMPREGO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS NA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA
FITOSSOCIOLÓGICA DE UMA FLORESTA TROPICAL: O CASO DA ESTAÇÃO
EXPERIMENTAL DE CURUÁ-UNA - PARÁ-BRASIL

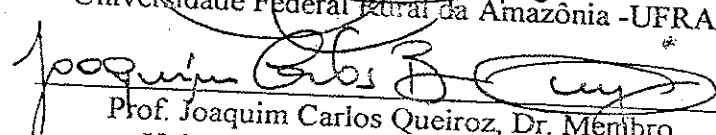
PAULO CERQUEIRA DOS SANTOS

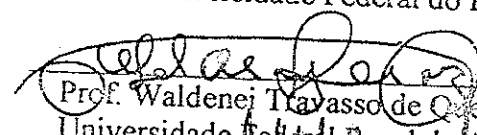
Dissertação apresentada junto à Coordenadoria de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Silvicultura e Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

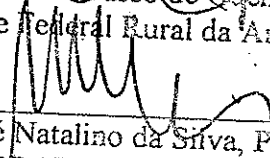
Aprovado em março de 2006

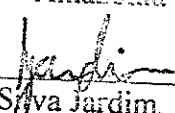
BANCA EXAMINADORA


Prof. Paulo Luiz Contente de Barros, Dr. Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA


Prof. Joaquim Carlos Queiroz, Dr. Membro
Universidade Federal do Pará - UFPA


Prof. Waldenei Travasso de Queiroz, Dr. Membro
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA


Prof. José Natalino da Silva, PhD. Membro
EMBRAPA - Amazônia Oriental


Prof. Fernando da Silva Jardim, Dr. - Suplente
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

À Deus, pela oportunidade da vida.

À meus pais Brulino Sabino (in memorian) e Eugênia Cerqueira (in memorian).

Ofereço

À minha família, em especial a meus filhos Paulinha, Larissa, Juninho e Rafael.

A meus irmãos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por nos conceder esta oportunidade de avanço intelectual.

A meu orientador, Prof. Paulo Luiz Contente de Barros, Dr. , por ter acreditado e orientado este trabalho.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, através da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, por ter proporcionado a oportunidade de realização deste trabalho.

À Universidade Feral do Pará – UFPA, através do Departamento de Estatística, por ter concedido a liberação de minhas atividades docentes.

Aos Prof. Eurico da Cruz Moraes, Leonilde Rosa e demais professores do Curso de Ciências Florestais, pela amizade e contribuições dispensadas a este trabalho.

A meus colegas do Departamento de Estatística da UFPA, pela amizade e incentivo ao trabalho.

A meus colegas e funcionários da Coordenadoria de Pós-Graduação de Ciências Florestais da UFRA, pelo convívio e que de uma forma ou outra, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar, usando técnicas multivariadas, a estrutura fitossociológica de indivíduos oriundos de florestas tropicais com $DAP \geq 45\text{cm}$, tomou-se uma área de 100 hectares na Estação Experimental de Curuá-Una, localizada à margem direita do Rio Curuá-Una, afluente do Rio Amazonas, entre os Rio Tapajós e Xingu, com coordenadas geográficas $2^{\circ}23'$ de latitude sul e $54^{\circ}24'$ de longitude oeste. Tal avaliação foi feita comparando-se os resultados oriundos da área em estudo com os resultados obtidos anteriormente em uma área similar, localizada na mesma Estação Experimental, quando na oportunidade foi avaliada a estrutura fitossociológica para indivíduos com $DAP \geq 5\text{cm}$. Avaliou-se, inicialmente, a relação Espécie/Abundância, Distribuição Diamétrica, Graus de Associação, Distribuição Espacial, Diversidade e Uniformidade de seus indivíduos. A ordenação das espécies foi feita através de um Índice de Valor de Importância Ponderado – IVIp e comparada com a ordenação feita através de um Índice de Valor de Importância Ecológico – IVIe, proveniente da combinação das técnicas multivariadas: Análise de Componentes Principais e Análise de Fator. Finalmente, na determinação de grupos de espécies homogêneas, foram utilizadas as técnicas Análise de Agrupamento e Análise Discriminante. Os resultados mostraram que os dois estratos se assemelham apenas no que diz respeito à Uniformidade e Diversidade. Mostraram ainda que a ordenação feita através do IVIp é o inverso da ordenação feita através da combinação das técnicas multivariadas e que os grupos homogêneos obtidos pela Análise de Agrupamento são confirmados pela Análise Discriminante.

Palavras - chave: Amazônia, Análise de Componentes Principais, Análise de Agrupamento, Análise de Fator, Análise Discriminante, Índice de Valor de Importância.

ABSTRACT

With the objective to evaluate, using multivariate techniques, the fitossociológica structure of deriving individuals of tropical forests with $DAP \geq 45\text{cm}$, an area of 100 hectares in the Experimental Station of Curuá-Una, located to the right edge of the River Curuá-Una was overcome, tributary of the River Amazon, between the River Tapajós and Xingu, with geographic coordinates $2^{\circ}23'$ south latitude and $54^{\circ}24'$ longitude west. Such evaluation was made comparing the deriving results of the area in study with the results gotten previously in a similar area, located in the same Experimental Station, when in the chance the fitossociológica structure for individuals with $DAP \geq 5\text{cm}$. It was evaluated, initially, Specie/Abundance relation, Diametric Distribution, degrees of Association, Space Distribution, Diversity and Uniformity of its individuals. The ordinance of the species was made through an Index of Weighed Importance Value - IWIVp and it was compared with the ordinance made through the combination of the multivaried techniques Principal Components Analysis and Factor Analysis. Finally, in the determination of homogeneous species cluster, the techniques had been used Cluster Analysis and Discriminant Analysis. The results had shown that the two stratum were similar only by Uniformity and Diversity. These results had still shown that the ordinance made through the IWVIp is the ordinance inverse obtained through of the multivariate techniques combination. The Discriminant Analysis confirmed the homogeneous groups gotten by the Cluster Analysis.

Keywords: Amazônia, Principal Components Analysis; Cluster Analysis; Factor Analysis, Discriminant Analysis. Index of Value of Importance.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 HIPÓTESES.....	3
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 DIVERSIDADE DAS ESPÉCIES.....	4
2.2 ABUNDÂNCIA, DOMINÂNCIA E RELAÇÃO ESPÉCIES/ABUNDÂNCIA.....	5
2.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES.....	6
2.4 ESTRUTURA DA FLORESTA.....	7
2.5 DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES.....	13
2.5.1 A função exponencial.....	13
2.5.2 A função polinomial.....	13
2.5.3 Função de Weibull.....	14
2.6 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO.....	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	19
3.2 LEVANTAMENTO E OBTENÇÃO DOS DADOS.....	21
3.3 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS NO ESTUDO.....	23
3.3.1 Estimativa dos parâmetros fitossociológicos.....	23
3.3.2 Análise de Componentes Principais.....	24

3.3.3	Análise de Fator.....	26
3.3.3	Combinação das técnicas Análise de Fator e Componentes Principais.....	27
3.3.5	Análise Discriminante.....	30
3.3.6	Análise de Agrupamento.....	33
3.3.7	Medidas de distâncias.....	33
3.3.8	Ajuste dos dados observados à distribuição de Weibull.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA.....	36
4.2	ESPÉCIE/ABUNDÂNCIA.....	41
4.3	DIVERSIDADE, UNIFORMIDADE E DOMINÂNCIA DAS ESPÉCIES.....	45
4.4	ESCOLHA DAS ESPÉCIES.....	48
4.5	PADRÃO ESPACIAL.....	60
4.6	ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES.....	65
4.7	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER).....	66
4.8	ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	68
5	CONCLUSÕES	70
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7	APÊNDICE	75

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página.
1. Relação das espécies com $DAP \geq 35\text{cm}$, identificadas no Talhão 3 da Área I da Estação Experimental de Curuá-Una, segundo a ordem alfabética dos nomes das famílias.....	36
2. Relação das famílias a que pertencem as espécies encontradas no Talhão 03 – Curuá-Una.	38
3. Ordenamento das famílias, segundo o número de indivíduos.....	40
3. Frequência Esperada do número de espécies por número de indivíduos, estimada pela distribuição logarítmica.....	42
5. Frequências observadas e esperadas (estimadas pela curva lognormal), segundo o octave.....	43
6. Valores do IVI, segundo os métodos convencional e ponderado.....	50
7. Espécies escolhidas pelo Índice de Valor de Importância Convencional – IVIc.....	52
8. Espécies selecionadas pelo Índice de Valor de Importância Ponderado-IVIp.....	54
9. Ordenamento para as 74 espécies identificadas no Talhão 03, segundo as técnicas multivariadas – Índice de Valor de Importância Ecológico – IVIe.....	58
10. Ordenamento das 19 espécies através do IVIp e os métodos multivariados.....	60
11. Padrões de Distribuição Espacial das 19 espécies selecionadas pelo critério do Índice de Valor de Importância Ponderado – IVIp.....	62
12. Distribuição de Frequência para o total (74) de espécies e para as 19 espécies selecionadas.....	63
13. Associação interespecífica das espécies que apresentaram os maiores graus, segundo o Índice Modificado de Cole e corrigido por Ratliff.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página.
1. Índice de Diversidade, Uniformidade e Concentração de Dominância.....	46
2. Comparação dos valores dos índices de Simpson e Shannon-Weaver para os Talhões 03 e 19 - Curuá-Una.....	48
3. Distribuição em classes dos Índices de valor de Importância Convencional – IVIc, segundo critérios univariados.....	52
3. Segmentação em classes do Índice de valor de Importância Ponderado – IVIp.....	54
5. Pesos das Variáveis Vr, Dr, Ar e Fr – Talhão 03.....	56
6. Autovalores para as 74 componentes principais	57
7. Grupos formados através do Método de Ward e Distância Euclidiana com valores normalizados.....	66
8. Matriz de classificação a posteriori.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página.
1. Os três tipos de distribuição diamétrica decrescente.....	12
2. Modelo Hipotetizado por GOFF & WES.....	13
3. Localização geográfica da Estação Experimental de Curuá-Una	20
4. Croqui do Talhão 03, dividido em T ₃ A e T ₃ B.....	22
5. Estrutura do Talhão 03, segundo a quantidade de indivíduos e número de espécies identificadas – Relação Espécie/Abundância.....	41
6. Frequências esperadas do número de espécies por número de indivíduos, estimada pela distribuição logarítmica.....	43
7. Comportamento das distribuições dos valores observados e esperados, segundo uma distribuição lognormal.....	44
8. Curva de Abundância Relativa – Talhão 03 – Curuá-Una.....	46
9. Dendrograma das variáveis Dr, Ar e Fr, baseado na Distância Euclidiana e Linkagem pelo método Ward.....	53
10. Ogiva de Galton para os valores do IVIc e IVIp.....	55
11. Distribuição diamétrica das 73 espécies identificadas no Talhão 03.....	64
12. Distribuição diamétrica das 19 espécies selecionadas pelo IVIp.....	64
13. Ajuste da distribuição diamétrica das 73 espécies à Distrib. Weibull	64
14. Dendrograma para as 73 espécies florestais do Talhão 03 – Estação de Curuá –Una.....	67

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia pode ser entendida como um gigantesco ecossistema onde as interações dos seus elementos componentes são tão imbricadas que é quase impossível que a ocorrência de um fenômeno não interfira na ocorrência de outro. A própria escolha dos parâmetros que possam caracterizar o espaço amazônico, de modo a permitir que se possa definir onde começa e finda a Amazônia, é uma das tarefas mais árduas e mais complexas para muitos “amazonólogos” espalhados pelo mundo inteiro (Aragón, 1993). A diversidade na Amazônia é tão surpreendente que em Yanamono (Amazônia Peruana) encontrou-se o maior número de espécie por hectare do mundo (300 espécies com DAP>20cm) e, em Madre de Dios (Peru), foram encontradas 5.000 espécies de insetos numa única árvore (Aragon, 1993). Estes fatos, por si só, mostram as complexas interações existentes na biota amazônica, uma vez que cada um de seus componentes vive e age de maneira distinta.

Conhecer e entender a dinâmica dessas interações, não se constitui em tarefa fácil. Muitas iniciativas nesse sentido procuram, de certa forma, responder os muitos questionamentos que surgem por parte daqueles que se aventuram a estudar a Amazônia sob seus múltiplos aspectos. Geralmente seus esforços esbarram nas dificuldades naturais, inerentes à criação de banco de dados, que vão desde o financiamento, acessibilidade, até o ferramental técnico/teórico utilizado nas análises.

No Brasil ao que parece, investir em pesquisa não é contabilizado como um investimento futuro. Dessa maneira, o que se conhece da Amazônia provém, quase que exclusivamente, de iniciativas particulares fomentadas por organismos internacionais e quase nunca em função de políticas públicas que ensejem ações no sentido de permitir a otimização dos recursos naturais da Amazônia de forma sustentável.

Sob essa ótica, é necessário que se invista não só na logística mas, também, no material humano nacional e fundamentalmente local, com vistas a formar técnicos com vasto conhecimento teórico/prático dos fenômenos amazônicos. Dentre os conhecimentos que devem ser absorvidos, estão aqueles que utilizam técnicas que propiciem a análise de grandes grupos de dados gregários ou não, como é o caso dos métodos multivariados, dentre os quais a Análise de Agrupamento (cluster), Análise de Componentes Principais, Análise Discriminante, Análise Fatorial e Análise de Regressão Múltipla, são largamente utilizados em estudos vegetacionais. A impossibilidade de utilização dessas técnicas, seja pelo desconhecimento das mesmas ou simplesmente pela falta de variáveis (dados)

adequadas quando da sua implementação, implica na produção de resultados incongruentes com a realidade amazônica e, de certa forma, permite que pessoas sem nenhum compromisso com a Amazônia, tomem decisões que comprometam o seu desenvolvimento.

Assim, este trabalho pretende estimular o emprego de tais técnicas no meio acadêmico (graduação e pós-graduação), principalmente local, e tentar garantir que os resultados obtidos através de pesquisas e trabalhos científicos ligados à Amazônia possuam um alto grau de confiabilidade.

Dessa forma, objetiva-se por meio de técnicas multivariadas, analisar dados vegetacionais coletados na Estação Experimental de Curuá-Una e obter resultados que venham corroborar na interpretação e entendimento dos fenômenos vegetacionais da Amazônia e, assim, contribuir para um melhor aproveitamento do seu potencial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar, através de técnicas multivariadas e de alguns parâmetros univariados, a estrutura fitossociológica dos indivíduos arbóreos oriundos de florestas tropicais nativas com Diâmetro a Altura do Peito-DAP maiores ou iguais a 45cm, de uma área de 100 hectares localizada na Área I da Estação Experimental de Curuá-Una-Pará.

1.1.2 Específicos

- 1) Determinar o Índice de Valor de Importância Ponderado-IVIp, usando a combinação das técnicas multivariadas: Análise de Fator e Componentes Principais;
- 2) Obter uma ordenação das espécies florestais ocorrentes na área de estudo, usando um Índice de Valor de Importância Ecológico - IVIe e a combinação das técnicas: Análise de Fator e Componentes Principais;
- 3) Comparar as características observadas nos indivíduos pertencentes aos estratos arbóreos de $DAP \geq 45$ cm e $DAP \geq 5$ cm;
- 4) Obter uma classificação, em grupos, das espécies florestais selecionadas usando a técnica multivariada, Análise de Agrupamento (Cluster Analysis);
- 5) Verificar a pertinência (validação), através da Análise Discriminante, dos grupos formados pela Análise de Agrupamento.

1.2 HIPÓTESES

- 1) Os resultados obtidos através de técnicas multivariadas são mais consistentes e mais fidedignos do que aqueles provenientes de técnicas univariadas;
- 2) A estrutura fitossociológica do povoamento da Estação Experimental de Curuá-Una, para indivíduos com DAP maiores ou iguais a 5 cm, é similar à estrutura de indivíduos com DAP maiores ou iguais a 45 cm;
- 3) Os níveis de associação e ordenação para um povoamento florestal considerando-se indivíduos com DAP maiores ou iguais a 5cm, são os mesmos quando se consideram indivíduos com DAP maiores ou iguais a 45cm.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

A Amazônia é uma típica floresta tropical, com grande diversidade de espécies vegetais e animais. Moraes (2004), afirma que das 100 mil espécies vegetais que ocorrem na América Latina, 30 mil ocorrem na Amazônia. É fácil perceber que a quantidade de espécies vegetais existentes na Amazônia, é um fator limitante no que diz respeito ao mapeamento e conhecimento das mesmas. A diversidade é tão considerável que autores como Renata Ramalho (2001), chega a afirmar que “existem na floresta, ilhas de cerrado com uma diversidade completamente diferente”.

Dessa forma, um índice para medir a diversidade de espécies, seja para florestas tropicais ou não, deve levar em consideração as especificidades inerentes a cada uma das áreas em estudo. É claro que isto representa uma tarefa extremamente difícil de ser realizada, dada a complexidade de parâmetros a serem considerados quando da elaboração do mesmo. Convém lembrar, que ainda existem muitas controvérsias acerca do conceito de diversidade de espécie e, por esse motivo, um índice de diversidade que contemple a maioria das características de cada área, é quase impossível de ser obtido. BARROS (1986) mostra que apesar das muitas críticas, um índice de diversidade aceitável por muitos autores, é o índice de SIMPSON, por considerar na sua fundamentação uma medida de probabilidade. Segundo O'BRIEN & O'BRIEN (1995), a riqueza de espécies tem sido erroneamente utilizada como sinônimo de diversidade ou biodiversidade. Os autores mostram que enquanto a riqueza consiste no número de espécies que ocorrem em dada área, a biodiversidade inclui, além da riqueza de espécies, sua abundância e a maneira pela qual os indivíduos se distribuem pelas espécies. A mesma fonte classifica a biodiversidade em dois tipos: alfa e beta. A biodiversidade alfa refere-se ao número de espécies dentro de áreas de amostragem enquanto que a beta, refere-se às diferenças na composição de espécies entre áreas de amostragem. Para o autor, vários índices de diversidade foram elaborados levando-se em conta os dois componentes de **alfa** e **beta** diversidade e citam os índices de SHANNON – WEAVER (1949) e SIMPSON como os mais conhecidos. Tais índices foram também utilizados por BARROS (1986) em estudos realizados no Talhão 19 da Estação Experimental de Curuá – Una.

2.2 ABUNDÂNCIA, DOMINÂNCIA E RELAÇÃO ESPÉCIE - ABUNDÂNCIA

Segundo O'BRIEN & O'BRIEN (1995), a densidade é definida como sendo o número de indivíduos de uma população de determinada área, por unidade de área. Essa densidade pode ser expressa em termos de Abundância Absoluta e Relativa.

A Dominância Absoluta (D_a) é definida pelos autores em função da área basal de troncos que uma determinada espécie ocupa numa comunidade. Por outro lado, a Dominância Relativa (D_r), é a proporção de área basal que determinada espécie ocupa numa unidade de área, em relação à área basal total na mesma.

Como se pode observar, nenhum rigor matemático foi exigido quando da definição dos parâmetros acima. No entanto, quando se trata da relação Espécie-Abundância, é premente a utilização de ferramentas mais adequadas para se analisar o problema. Muitos autores vem trabalhando nesse sentido, mas pelo que se percebe, tal relação ainda não possui um modelo matemático que possa expressá-la fielmente. POOLE (1974), afirma que as relações Espécie-Abundância são tratadas como "Questões cujas respostas não tem ainda tido fundamentos". Mesmo assim, o autor acredita que a distribuição logarítmica (Proposta por

FISHEER, R.A.) $\alpha X, \frac{\alpha X^2}{2}, \frac{\alpha X^3}{3}, \dots, \frac{\alpha X^n}{n}$, onde αX é o número de espécies com 1 (um)

indivíduo; $\frac{\alpha X^2}{2}$ é o número de espécies com 2 (dois) indivíduos e, assim por diante, é a que melhor ajusta a distribuição de frequência do número de espécies com um dado número de indivíduos.

MacARTHUR (1957) foi um dos primeiros pesquisadores a inserir em seus modelos, as hipóteses que consideravam a premissa de utilização, por parte das espécies, dos recursos existentes no povoamento. Em decorrência de tais hipóteses e sob a suposição de que S espécies dividem o ambiente em S nichos de tamanhos distintos e distribuídos aleatoriamente, o autor mostra que a Abundância da J -ésima espécie (N_j), pode ser expressa

pela fórmula $E\left(\frac{N_j}{N}\right) = \left(\frac{1}{S}\right) \sum_{i=1}^{N_j} \frac{1}{S-i+1}$, sendo S e N o número de espécies e o número total de indivíduos, respectivamente, presentes na comunidade.

Dessa forma, enquanto que para alguns autores a percentagem do número total de indivíduos de todas as espécies de uma comunidade pode ser representada pela distribuição geométrica, por levar em consideração o sucesso ou fracasso das mesmas em utilizar os recursos disponíveis na comunidade, para outros, a distribuição lognormal é a mais indicada

para relacionar o número de espécies para uma determinada abundância baseada na premissa de que em uma floresta extensa e altamente diversificada, existirão muitas espécies razoavelmente abundantes e poucas espécies raras e cuja distribuição é determinada por muitos fatores independentes (BARROS, 1986). Segundo o autor, a relação Espécie-Abundância, pode também ser estudada sem a necessidade de se ajustar um modelo matemático previamente estabelecido e, para tanto, mostrou que existem na literatura autores que construíram a curva de Abundância Relativa baseada na Densidade, Cobertura, Biomassa, Freqüência, Produtividade e Valor de Importância. Para o plot dessa curva, as S espécies são numeradas de 1 a S, onde S é o número total de espécies consideradas da mais abundante para a menos abundante.

2.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES

O'BRIEN & O'BRIEN (1995), citam que a distribuição espacial dos indivíduos de uma população é medida pela sua dispersão, ou seja, a forma como esses indivíduos estão dispostos no povoamento indica os padrões espaciais dos mesmos. Segundo os autores esses padrões podem ser classificados em três categorias, a saber:

i) Regular.

Quando os elementos estão dispostos de forma equidistantes uns dos outros;

ii) Aleatório.

Quando a posição de um indivíduo não interfere na posição dos outros indivíduos vizinhos, isto é, a disposição dos elementos no povoamento não possui nenhuma formação sistemática;

iii) Gregário.

Neste caso os elementos apresentam-se em manchas, grupos ou conglomerados. Segundo a mesma fonte, essas manchas (no caso dos agrupamentos), são muitas vezes causadas por suas próprias interações ambientais e se constituem no padrão de dispersão mais comum em florestas tropicais.

BARROS (1996) cita que espécies com padrão aleatório seguem uma distribuição de Poisson de parâmetro $\lambda = 1$ (Média = Variância = 1) e que cada ponto no espaço possui a mesma chance (probabilidade) de conter um indivíduo da espécie. Mostra ainda, que se os indivíduos estão agrupados, a razão Variância/Média será sempre maior que 1 indicando que a variância do número de indivíduos por unidade de amostra (variação de indivíduos por amostra) será maior que a sua média, em função desses indivíduos estarem concentrados em

poucas unidades de amostra. No caso do padrão regular, a razão variância/média é menor que a unidade, em função da uniformidade da distribuição das espécies (os elementos estão equidistantes) e do valor da média que, neste caso, é maior que o da variância. O autor, no entanto, chama a atenção para o fato de que ao se analisar o padrão espacial de uma espécie numa comunidade, deve-se utilizar na análise, outras ferramentas estatísticas, em face da análise feita somente através da variância, ter-se mostrado inadequada. Sugere em seu trabalho que a distribuição dos elementos observados seja comparada (testada) com a distribuição de Poisson ou outra que melhor se ajuste aos dados, como forma de garantir a fidedignidade da análise. Outro ponto que merece destaque refere-se aos fatores diversos que influenciam na formação dos padrões espaciais das espécies. Cita que as condições de habitat, umidade do solo, relevo, etc., são fatores que atuam diretamente na formação desses padrões espaciais.

Para O'BRIEN & O'BRIEN (1995), o estudo que controla o tamanho e a dispersão das populações é um dos temas centrais da ecologia. Segundo os autores, os ecólogos trabalham em duas direções, ora buscando subsídios que suportem a hipótese de competição e outras formas de expansão das populações, ora construindo modelos matemáticos derivados da equação logística, com o intuito de que tais modelos possam, posteriormente, vir a serem testados experimentalmente. Os autores asseguram que qualquer evidência direta de que o crescimento das populações de animais e plantas seja densidade-dependente, suporta a tese de que a equação logística (considerando suas limitações), é um modelo realista dos fenômenos naturais. E vai mais além, pois afirma que qualquer iniciativa bem sucedida da equação logística, para se fazer previsões sobre eventos naturais, é evidência de que as populações naturais, com segurança, são reguladas por fatores densidade-dependente (tem como premissa a existência de espécies gregárias e a suposição de que as populações crescem até que a competição previna essa situação de dispersão), especialmente a competição por alimento.

2.4 ESTRUTURA DE FLORESTAS

É fato notório que a biodiversidade das florestas tropicais, especialmente a da Amazônia, é tão gigantesca que muitos chegam a afirmar que talvez seja o ecossistema mais complexo que existe no planeta, pois nele atuam infinitos processos ao mesmo tempo, cada um com seus infinitos componentes. A dinâmica de funcionamento desses sistemas requer que uma gama de funções, a "n" parâmetros, interligados entre si, funcionem simultaneamente, de modo que a ocorrência de um desses sistemas pressupõe a ocorrência

dos demais, no sentido de que se um dado fenômeno A_1 ocorre, outros A_i , $i=1, \dots, n$, ocorrerão ou já terão ocorrido, fazendo com que as imbricações entre eles seja um fato concreto. Dessa forma, não é possível estudar qualquer um desses fenômenos, sem levar em consideração os demais.

É sob essa ótica que BARROS (1986), ensina que “as florestas são o resultado da ação de diferentes fatores ambientais sobre o conjunto de espécies que coabitam num espaço contínuo”.

Dessa forma, parece claro para os pesquisadores da área florestal, que para se caracterizar estruturalmente uma floresta são necessários não apenas critérios fisionômicos e florestais, mas também métodos que propiciem o levantamento e interpretação de medidas concretas, possibilitando a comparação entre os diferentes tipos de floresta.

BARROS (1980) considera quatro aspectos relevantes para o estudo da estrutura das populações, quais são: a performance, a distribuição espacial, idade e a estrutura genética.

KALLMAN (1975) afirma que a vegetação é formada por um conjunto de plantas ocupando determinada área e, por esse motivo, uma simples descrição fisionômica com uma lista das espécies encontradas, fornece apenas uma indicação da aparência total da vegetação, sendo necessário fazer-se uma descrição considerando-se as medidas de Abundância, Frequência e Dominância. CAINE & CASTRO (1956), foram os primeiros a propor uma análise estrutural baseada no cálculo da Abundância, Frequência e Dominância e, em face da boa aceitação no meio científico, são largamente utilizadas nas pesquisas florestais.

São muitos os métodos utilizados na análise da estrutura fitossociológica de um povoamento florestal e, em função disso, LAMPRECHT (1964) estabelece alguns critérios para que o sistema de análise seja deveras consistente. Esses critérios são sistematizados da seguinte forma:

- 1) O sistema deverá representar a estrutura da floresta com fidedignidade;
- 2) Sua aplicabilidade deverá ser extensiva a todo tipo de floresta;
- 3) Os objetivos devem ser objetivos e livres de qualquer subjetiva do investigador;
- 4) Os resultados obtidos através de diferentes análises do mesmo ou de tipos distintos de floresta possam ser comparados;
- 5) Que seja aplicado os métodos modernos de estatística como forma de validação dos resultados.

O mesmo autor sugere alguns procedimentos básicos indispensáveis para uma boa análise estrutural, como segue:

1) Elencar as espécies em função do seu nome vulgar, científico, família e número de árvores por espécies.

2) Calcular o Coeficiente de Mescla (CM) ou Coeficiente de Mistura.

Este Coeficiente é definido como sendo a razão entre o número de espécies amostradas e o número de árvores que representam essa espécie (SOUZA, et al). Matematicamente tem-se:

$$CM = S/N \quad (2.1)$$

Onde:

S = número de espécies amostradas

N = número de indivíduos amostrados

3) Determinar a Abundância Relativa

A Abundância Relativa representa a participação de cada espécie em percentagem do número total de árvores levantadas na respectiva parcela.

4) Determinar a Dominância Relativa

A Dominância Relativa é definida como sendo a percentagem da área basal que cada espécie representa na floresta em relação à área basal total.

5) Cálculo a Frequência Absoluta e Relativa.

A Frequência Absoluta caracteriza a distribuição dos indivíduos das espécies por unidade de amostra e, a Frequência Relativa que é dada pela porção da frequência absoluta sobre o total das frequências absolutas.

6) Calcular o Índice de Valor de Importância.

Esse índice surgiu da necessidade que existia entre os pesquisadores de se construir um índice que combinasse os aspectos relativos à Abundância, Dominância e Frequência em uma única expressão. Proposto inicialmente por Curtis & McIntosh, é definido como a soma algébrica dos valores relativos da Abundância, Dominância e Frequência. Assim, tem-se:

$$IVI = A_r + D_r + F_r \quad (2.2)$$

Onde:

A_r = Abundância Relativa

D_r = Dominância Relativa

F_r = Frequência Relativa

Outro índice que deve ser levando em consideração, segundo BARROS (1996), é o Índice de Cobertura que é definido como soma algébrica entre o número de árvore (abundância) e a área basal (dominância) que representam características importantes para o manejo florestal.

7) Distribuição diamétrica das espécies.

BARROS (1996) mostra que uma análise das distribuições diamétricas por espécies pode apresentar descontinuidade na sua curva representativa. No entanto, quando a análise é feita sobre a população, o fato não ocorre, principalmente em se tratando de florestas tropicais. Segundo a autora, quando se trata da população como um todo, a descontinuidade desaparece e a distribuição diamétrica resultante converge para uma distribuição exponencial negativa (em forma de J invertido), tendo forma geral descrita por MOOD et al (1974), como segue:

$f_X(x) = \lambda e^{-\lambda x} I_{(0,\infty)}(x)$ para $x > 0$ e a função não se define para valores negativos. E mais, a distribuição apresenta média e Variância iguais a $\frac{1}{\lambda}$ e $\frac{1}{\lambda^2}$, respectivamente.

Para MEYER (1952), a distribuição também pode ser posta, para efeito de interpretação, da seguinte forma:

$$Ydx = ke^{-ax}$$

onde:

Ydx = número de árvores em um limitado intervalo (infinitésimo = um intervalo tão pequeno quanto se queira com limites à direita e à esquerda) de diâmetro dx .

x = diâmetro a altura do peito (DAP)

e = base do logaritmo natural

k, a = constantes relativas a uma certa estrutura

Segundo o autor, além de existir uma estreita relação entre as duas constantes, a constante a está relacionada com a inclinação da curva enquanto k indica o quão denso é o povoamento. Enfatiza que pode ser mostrado que o número de árvores em sucessivas classes de uma distribuição exponencial negativa representa uma série geométrica e cuja razão q é dada por:

$$q = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{N_3}{N_4} = \dots = \frac{N_{k-1}}{N_k}, \text{ onde } N_i \text{ (} i=1, \dots, k \text{) representa o número de árvore em classes}$$

sucessivas de diâmetro. Essa razão foi chamada de “Coeficiente de Lioucourt”.

Afirma o autor, que os valores de q devem variar no intervalo que vai de 1,13 a 1,56 e para valores maiores ou iguais a dois podem ser associados com uma distribuição diamétrica balanceada de áreas com pouco estoque de árvores.

O relatório do Centro de Pesquisa Florestais – UFPR contém informações sobre o fato de que a distribuição de uma floresta dá uma idéia precisa de como as diferentes espécies

estão representadas, segundo as classes diamétricas. Na mesma fonte, foi possível vislumbrar que uma distribuição diamétrica regular (maior número de indivíduos nas classes inferiores) é a maior garantia para a sobrevivência das espécies e, ao contrário, quando ocorre uma estrutura diamétrica irregular, as espécies tendem a desaparecer. Além do mais, a distribuição regular propicia o aproveitamento sustentado das florestas e trás em seu bojo, informações imprescindíveis sobre a regeneração da mesma, afirma o relatório.

Consta no relatório que os intervalos de classes diamétricas mais utilizados foram os 10 cm e 20 cm, mas ressaltam que não existe uma regra pré-estabelecida.

BARROS (1980) testou vários tamanhos (5 cm, 7 cm e 10 cm) de intervalos de classes de diâmetro, concluindo que para os grupos de todas as espécies e para as espécies freqüentes, as distribuições foram melhores ajustadas para o intervalo de classe de 10cm (fato semelhante ocorreu com os estudos realizados por MELLO et al, 1996; OLIVEIRA et al, 2004). O autor mostra que as distribuições são classificadas em:

1) Unimodal

São características de povoamentos jovens equianos que podem ser ajustados pela função beta;

2) Decrescentes

São características encontradas principalmente em florestas naturais que apresentam árvores de todas as idades, povoamentos florestais bem manejados com indivíduos de uma determinada espécie em todas as idades e florestas artificiais quando considerada em seu conjunto em relação a um Estado, Região ou País. Essas distribuições, em função da redução do número de árvores em classes sucessivas, podem apresentar três tipos:

a) Tipo I

O número de árvores por unidade de área decresce nas classes sucessivas de diâmetro em uma progressão geométrica uniforme, $N_1 = qN_2 = \dots = q^{n-1}N_n$.

b) Tipo II

Quando o número de árvore, por unidade de área, decresce nas classes sucessivas de diâmetro em progressão geométrica crescente, $N_1 > qN_2 > \dots > q^{n-1}N_n$.

c) Tipo III

Quando o número de árvore, por unidade de área, decresce nas classes sucessivas de diâmetro em progressão geométrica decrescente, $N_1 < qN_2 < \dots < q^{n-1}N_n$. Onde

$$q = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{N_3}{N_4} = \dots = \frac{N_{k-1}}{N_k}.$$

Os três tipos de curva são mostrados na Figura 1.

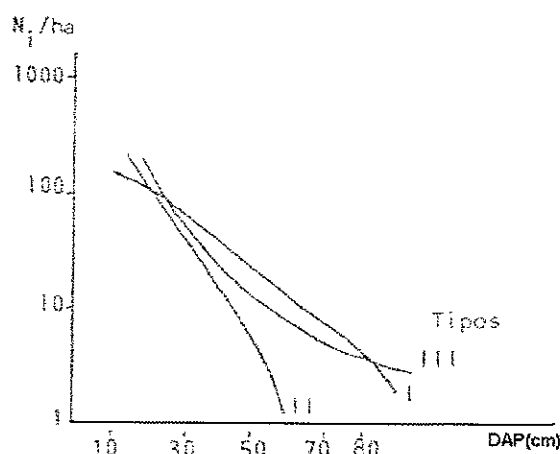


Figura 1: Os três tipos de distribuição diamétrica decrescente
Fonte: BARROS, 1986

3) Multimodais

Este tipo de distribuição, segundo o autor, representa pouca importância nos estudos florestais.

O mesmo autor assegura que em função do equilíbrio entre crescimento e mortalidade, as florestas virgens e as bem manejadas, apresentam uma distribuição de diâmetro quase indefinidamente constante, evidenciando assim, a importância de se fazer um manejo bem planejado de modo a causar o menor dano possível nas florestas a serem exploradas.

BARROS (1980) mostra que foram propostos um grande número de modelos matemáticos para descrever a distribuição de diâmetros em florestas multianas e equianas, dentre eles, o modelo proposto por De Lioucourt. No entanto, outros sistemas de modelagem foram desenvolvidos ampliando-se as considerações de modo a incluir outras formas que não a forma de “j” invertido. Um desses modelos era baseado na distribuição gama, proposto por GLUTTER & BENNETT (1965), que posteriormente foi aplicado por outros pesquisadores.

GOFF & WEST (1975)¹, propuseram um modelo polinomial para descrever a curva da estrutura dos povoamentos uniformes através de uma curva sigmoidal e o físico W. WEIBULL² (1939) que apresentou uma função de distribuição de probabilidade para estudar a qualidade de materiais.

¹ GOFF, F.G. & WEST, D. Conopy – Understory Interaction Effects on Forest Population Structure. Forest Science, nº 21, p. 98 – 108, 1975.

² WEIBULL, W. A estatistical theory of the strength of material : Ing. Vetensk Akad. Handl., 153, 1939. 17 p.

2.5 DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES

2.5.1 A função exponencial

Neste caso consideram-se dois tipos de densidade:

a) Função densidade do tipo I, definida por:

$$\ln Y = \ln b_0 - b_1 X \quad (2.3)$$

Onde:

Y = número de árvores por classe de diâmetro

X = centro da classe de diâmetro

b_0, b_1 = constante a serem estimadas.

b) Função densidade do tipo II, definida por:

$$\ln Y = \ln b_0 - b_1 X^2 \quad (2.4)$$

2.5.2 Função polinomial

Esse modelo (sugerido por Goff & West, 1975) foi proposto baseado na premissa de que em povoamentos naturais de estrutura uniforme, a distribuição diamétrica apresenta uma tendência sigmoideal, pois as razões de crescimento e mortalidade nesses povoamentos não são uniformemente distribuídas para as frequências das classes de diâmetro. O modelo sugerido pelos autores toma a seguinte forma:

$$\ln Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3 + \dots + b_n X^n \quad (2.5)$$

O critério de escolha do grau do polinômio, segundo os autores, foi o coeficiente de correlação (r). A mesma fonte denominou de “INTERAÇÃO DOSSEL – PAVIMENTO SUPERIOR” ao fator que afeta a distribuição e, a distribuição resultante foi denominada pelos autores de “SIGMOIDAL” (Figura 2).

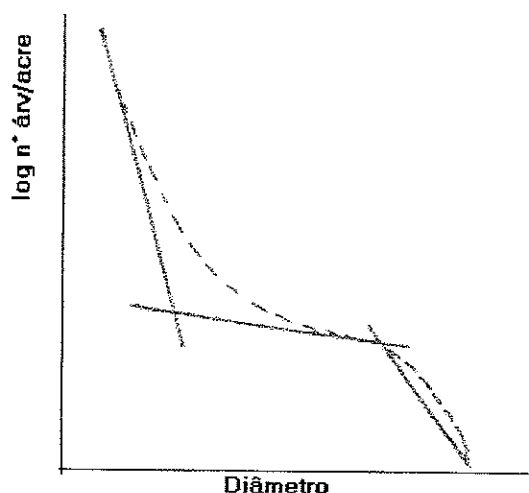


Figura 2: Modelo Hipotetizado por GOFF & WEST
Fonte: BARROS, 1986

2.5.3 Função Weibull

2.5.3.1 A função densidade de Weibull

A função densidade de Weibull foi apresentada por BAILEY & DELL (1973), como um modelo para descrever distribuições diamétricas a 2-parâmetros. Essa densidade tem a seguinte expressão matemática:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}, \quad \text{para } x \geq 0, b > 0, c > 0 \quad (2.5)$$

Segundo BICKEL & DOKSUM (1977), MOOD et al (1974), pode-se incluir um terceiro parâmetro “a” de modo a obter-se uma forma mais geral para a função acima. Assim, a função resultante tem o seguinte aspecto:

$$f(y) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{y-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{y-a}{b}\right)^c}, \quad \text{para } y \geq 0; a, b > 0 \text{ e } c > 0. \quad (2.6)$$

Na função acima, o parâmetro “b” está relacionado com a escala, “c” dá a forma da distribuição, enquanto a > 0 pode ser interpretado como o menor diâmetro possível. E mais, se c = 1, tem-se uma distribuição exponencial de parâmetro $\frac{1}{b}$ e quando c < 1, a curva obtida será a do “j” invertido. No intervalo de 1 < c < 3,6 a função tem a forma de um “monte” sendo assimétrica positiva. Se c = 2, a distribuição resultante é um caso especial da distribuição Q-quadro (χ^2) e se c = 3,6 a distribuição de Weibull converge para uma distribuição normal.

2.5.3.2 A função Acumulada de Weibull

A função acumulada ou Função de distribuição (Fd) é obtida pela integração da função de densidade vista anteriormente. Dessa forma, a função de distribuição é obtida da seguinte forma:

$$F_X(x) = \int_0^x f(x) dx = \int_0^x \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} dx = 1 - e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}, \quad \text{para } x \geq 0. \quad (2.7)$$

Onde:

$F_X(x)$ = percentagem do povoamento menor ou igual do que um diâmetro x especificado
b, c = parâmetros a serem estimados.

2.6 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Segundo O'BRIEN & O'BRIEN (1995), tanto a fisionomia quanto a estrutura de um povoamento florestal, são importantes para estudos de vegetação que podem ser divididos em duas fases: a descrição e a classificação.

A descrição da vegetação é realizada a partir da situação real, enquanto que a classificação preocupa-se em formar tipos gerais que na verdade são simplificação do real. O autor enfatiza, no entanto, que tanto a descrição quanto a classificação carecem de métodos, que sejam capazes de propiciar uma análise e interpretação de forma consistente, uma vez que tal procedimento depende do grau de compatibilidade entre os dados, e os métodos de processamento.

É fato que nem todo método pode ser utilizado para expressar esse ou aquele fenômeno. Como já foi citado anteriormente, o que interessa aos pesquisadores não é estudar individualmente uma característica inerente a determinado povoamento, mas sim, verificar a dinâmica do povoamento sob o efeito de todas as características simultaneamente. Neste sentido, SANTOS et al (2004) mostra que o entendimento dos fenômenos relativos a uma floresta formada por diversas espécies com os mais variados modos e formas de vida, requer um maior número de variáveis e, portanto, preconiza que o uso de técnicas multivariadas é de fundamental importância. Assim, o pesquisador deve se apropriar de métodos que sejam compatíveis com a análise multidimensional o que, segundo os autores, baseiam-se em matrizes de associações, cada uma produzindo resultados distintos. Os autores sugerem dois caminhos alternativos para o estudo de vegetação.

- i) estudos aglomerativos;
- ii) estudos de ordenação.

A mesma fonte ensina que aglomerar significa reconhecer objetos suficientemente similares, agrupando-os num mesmo conjunto e, ao mesmo tempo, perceber diferenças entre eles. E, mais, afirma que a análise aglomerativa, é um conjunto de técnicas estatísticas para determinar, com base em medições de uma ou mais características de determinados itens categorizados, com vistas a demonstrar se esses itens formam aglomerados.

CAIRNS & SCHWAGER (1987), definem associação como “a frequência pela a qual dois indivíduos estão presentes no mesmo grupo social e ao mesmo tempo”. Afirmam ainda que para qualquer espécie, quando membros de um grupo trocam de intervalo de frequência, o nível de associação pode variar enormemente.

BARROS (1986) cita que a análise agrupamento (Cluster Analysis) e a ordenação, estão cada vez mais sendo utilizadas pelos silvicultores para melhorar os agrupamentos entre espécies. O autor faz a distinção entre correlação e associação onde mostra que correlação diz respeito à variáveis relacionadas quantitativamente, enquanto associação refere-se a dois atributos, isto é, a dados qualitativos. Afirma ainda, que a associação é utilizada em ecologia no sentido abstrato, para referir características semelhantes de espécies comparáveis para a comunidade, ou no sentido concreto, como uma medida de similaridade de ocorrências de duas espécies. Essas medidas de similaridade, segundo o autor, podem ser avaliadas usando estatísticas como a qui-quadrado (χ^2 , qui-quadrado com 1 grau de liberdade) e outros índices.

O cálculo dessa estatística pressupõe a independência das informações e, geralmente, são dispostos numa tabela de dupla entrada, dois por dois (2×2), como a seguir.

		Espécie A		
		+	-	Marginais
Espécie B	+	a	c	a + c
	-	b	d	b + d
	Marginais	a + b	c + d	N

Onde:

- a = número células (hectares) contendo as duas espécies;
- b, c = número de células (hectares) com apenas uma das espécies;
- d = número de células (hectares) com ausência de ambas.

O valor da estatística χ^2 (qui-quadrado com um grau de liberdade) é comparado com um valor tabelado considerando-se um nível de significância previamente estabelecido e, a expressão matemática pode tomar a seguinte forma:

$$\chi_{obs}^2 = \frac{(ad - bc)^2 \cdot n}{(a + b)(b + d)(c + d)(a + c)} \quad (2.8)$$

A associação é dita ser positiva se ($ad > bc$) e negativa se ($ad < bc$), ou seja, a associação é positiva se o produto das frequências das duas células contendo, respectivamente, a presença e a ausência das duas espécies for maior do que o produto das células onde só uma das espécies aparecem. O autor cita ainda que o teste qui-quadrado só indica a presença ou ausência de alguma forma de associação, não sendo, portanto, uma medida do grau de associação.

Quanto a ordenação, O'BRIEN & O'BRIEN (1995), indica que tal procedimento em dados vegetacionais, é feito para testar determinada hipótese sobre as relações entre aspectos da vegetação e dados abióticos ambientais, ou sobre a evolução temporal de uma comunidade. Argumentam os autores que a ordenação consiste em arrumar os segmentos da vegetação ao longo de eixos correspondentes em relação ordenada, de forma a evidenciar seus arranjos espaciais. Afirma ainda que a ordenação é própria para situações onde a variação da vegetação é contínua. Uma das desvantagens da ordenação, segundo os autores, reside no fato de ser às vezes necessário atribuir valores quando essa ordenação criar “notas” conforme um índice de importância, o que em muitos casos pode não ser fidedignos.

ORLÓCI (1978) faz referência ao termo “Valor de Importância” para expressar a quantidade de soma de quadrados, calculadas especificamente para cada espécie, o que não deixa de ser uma forma de atribuir “notas” às espécies em questão.

Para ORLÓCI (1978), O'BRIEN & O'BRIEN (1995), existem vários métodos que se prestam ao estudo vegetacional, dentre eles citam:

a) Análise de Componentes Principais

O objetivo do método é transformar um grupo de variáveis correlacionadas $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ (p -dimensional), em um novo grupo de variáveis não correlacionadas digamos, $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$, para melhor entender suas características (ORLÓCI (1978); REIS (2001)). Essas novas variáveis são combinações lineares das variáveis originais e são derivadas em ordem decrescente de importância, tal que, o primeiro componente principal explica a maior variação possível dos dados originais.

REIS (2001), SEBER (1984) dentre outros, afirmam que uma das vantagens do método é não fazer referência quanto à distribuição dos dados envolvida e, nem depender de um modelo matemático pré-estabelecido. Pressupõe apenas que a mensuração das variáveis seja feita na mesma escala. Para ORLÓCI (1978) era imprescindível que o grupo de variáveis possuissem distribuição conjunto normal multivariada.

b) Análise Fatorial

Para ORLÓCI (1978) o objetivo da análise fatorial é reduzir a dimensionalidade das variáveis em função da estrutura de covariância hipotizada e se o objetivo é a estimação de uma estrutura básica de covariância, tal método é o mais apropriado para ordenação. Já para

RESIS (2004), o objetivo do método é descrever a estrutura de dependência de um conjunto de variáveis através da criação de fatores. Os modelos buscam explicar o comportamento das variáveis observadas em função de conjunto de variáveis não observáveis (variáveis latentes ou fatores).

c) Análise de Agrupamento (Cluster Analysis)

Como já citado anteriormente, a análise aglomerativa é um conjunto de técnicas estatísticas que visam demonstrar se determinados itens formam ou não aglomerações. Apesar do nome, a análise aglomerativa pode ser tanto aglomerativa quanto divisiva. No caso dos métodos divisivos, o grupo é subdividido em sub-aglomerações. Tais métodos podem ser de dois tipos: monotéticos e politéticos. Nos monotéticos os modelos consideram apenas um descritor, enquanto que nos politéticos os modelos são baseados numa matriz de associação.

Às vezes os métodos de análise aglomerativa (aglomerativo e divisivo) são divididos em hierárquicos e não-hierárquicos (ORLÓCI, 1978). Nos métodos hierárquicos os membros inferiores de aglomerações estão ligados a aglomerações superiores. Segundo a mesma fonte, ambos os métodos são úteis no estudo da vegetação e, as associações de espécies têm por objetivo final elaborar um sistema de classificação vegetal. Essas associações são estudadas pelo métodos não-hierárquicos, onde as aglomerações são segmentadas em níveis pré-estabelecidas de similaridade ou probabilidade. O dendrograma resultante é a representação da comunidade vegetal.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo fica localizada na Estação Experimental de Curuá-Una, área vinculada ao Centro de Tecnologia Madeireiro – CTM e que fica localizado à margem direita do rio Curuá-Una, afluente do Rio Amazonas, entre os rios Tapajós e Xingu, a 50km de sua embocadura e sua posição geográfica com 2°23' de latitude sul e 54°24' de longitude Oeste (LOPES, 1980). A Figura 3 mostra com mais detalhe a localização da Estação.

A estação de Curuá-Una tem área aproximadamente de 71.250 ha e a acessibilidade é prioritariamente feita por via fluvial. A cidade de Santarém, situada a 110 km da Estação é a principal referência.

Segundo BARROS (1996), a Estação é coberta por vegetação de várzea, flanco e planalto.

O clima que predomina na Estação Experimental, como em toda a Amazônia, é quente e úmido. A temperatura média anual é de 26°, oscilando entre 25,4° e 27°. Os valores máximos da temperatura oscilam entre 30° e 33,1° nos meses mais secos e, mínimos, variando em torno de 21,9° a 23°.

Para LOPES (1980), os solos da Estação Experimental apresentam as seguintes características:

PLANALTO: Latossolo amarelo, liso argiloso, de camada profunda, com textura pesada e fortemente ácida.

FLANCO: Os solos flancos estão subdivididos em:

a) Flancos Baixos.

Nesta área os solos são profundos, bem drenados, possuindo textura muito leve e fortemente ácida.

b) Flanco baixo de transição.

Os solos dessa área são semelhantes aos dos flancos baixos, apresentando uma textura mais pesada.

c) Flanco Alto.

Apresentam baixa fertilidade, fortemente concentrados numa profundidade de 100 a 150 cm, fortemente ácidos e bem drenados.

VÁRZEA: Várzea Baixa e Alta (Planície aluvial)

Gley solo com textura muito argilosa.

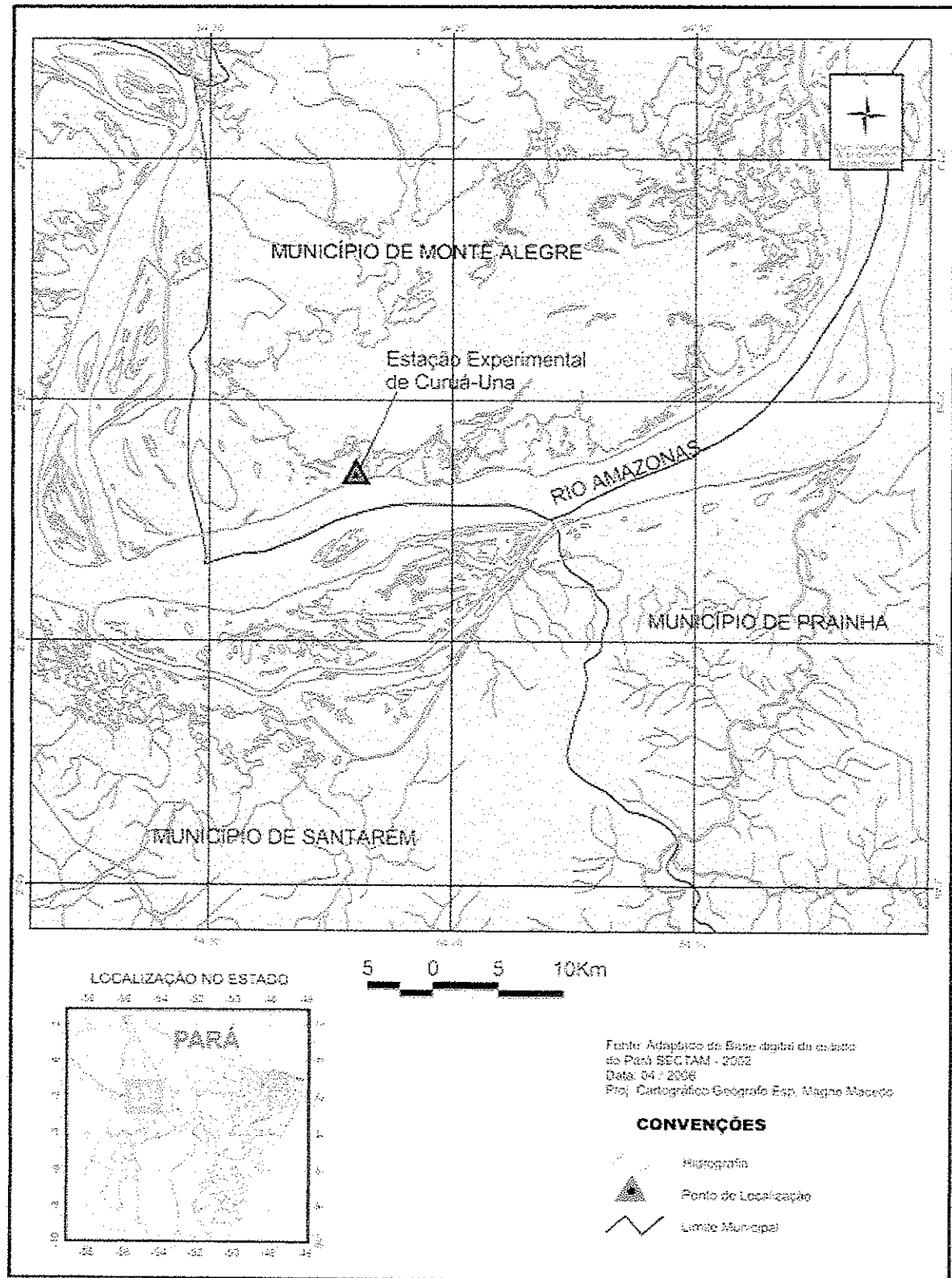


Figura 3: Localização geográfica da Estação Experimental de Curuá-Una
Fonte: Departamento de Geografia da UFPa.

3.2 LEVANTAMENTO E OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados, objeto desse estudo, provém de um convênio firmado entre a extinta Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM e a Faculdade de Ciências Agrária do Pará – FCAP (hoje Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA), que tinha como um de seus principais objetivos obter um plano de manejo sustentado que viesse servir como um piloto para futuras explorações florestais na Região Amazônica. A região escolhida foi a floresta de Curuá-Una localizada no Município de Santarém – Pará.

Inicialmente, segundo o relatório da SUDAM, selecionou-se uma área de 3.000 ha, que foi subdividida em outras três áreas (I, II e III) de 1.000ha. cada, em forma de retângulo com lados 2km e 5km.

Por fim, cada uma dessas novas áreas foram divididas em 10 talhões de 100ha cada de forma quadrangular e tendo 1km de lado.

Neste trabalho, optou-se trabalhar com indivíduos com DAP maiores ou iguais a 45 cm ($DAP \geq 45\text{cm}$) da área I e o Talhão 03 em função da acessibilidade e disponibilidade das informações existentes no momento. Vale ressaltar que para efeito operacional de campo (confeção do mapa logístico), cada talhão foi dividido em duas outras áreas, A e B. Dessa forma, tomou-se a área A do Talão 03 pelo mesmo motivo já citado anteriormente. Também se considerou oportuno realizar um levantamento a 100% das árvores pertencentes ao talhão em questão, como forma de reduzir os possíveis erros quando da estimação dos parâmetros.

Dessa forma, a amostra em estudo, provém da Área I e é formada por 100 ha (cem hectares) correspondendo a 10% do total de hectares pertencentes a área em questão. Num levantamento preliminar, por ocasião da formação do banco de dados em meio digital, apurou-se um total de 3884 árvores com $DAP \geq 45\text{cm}$ nas quatro áreas. No entanto, numa análise mais cuidadosa verificou-se que apenas 2.823 desses indivíduos possuíam tal dimensão. A figura 4 mostra o croqui do Talhão 03 com as divisões A e B e o sentido de caminhamento em campo e, é tomado como modelo para os demais talhões.

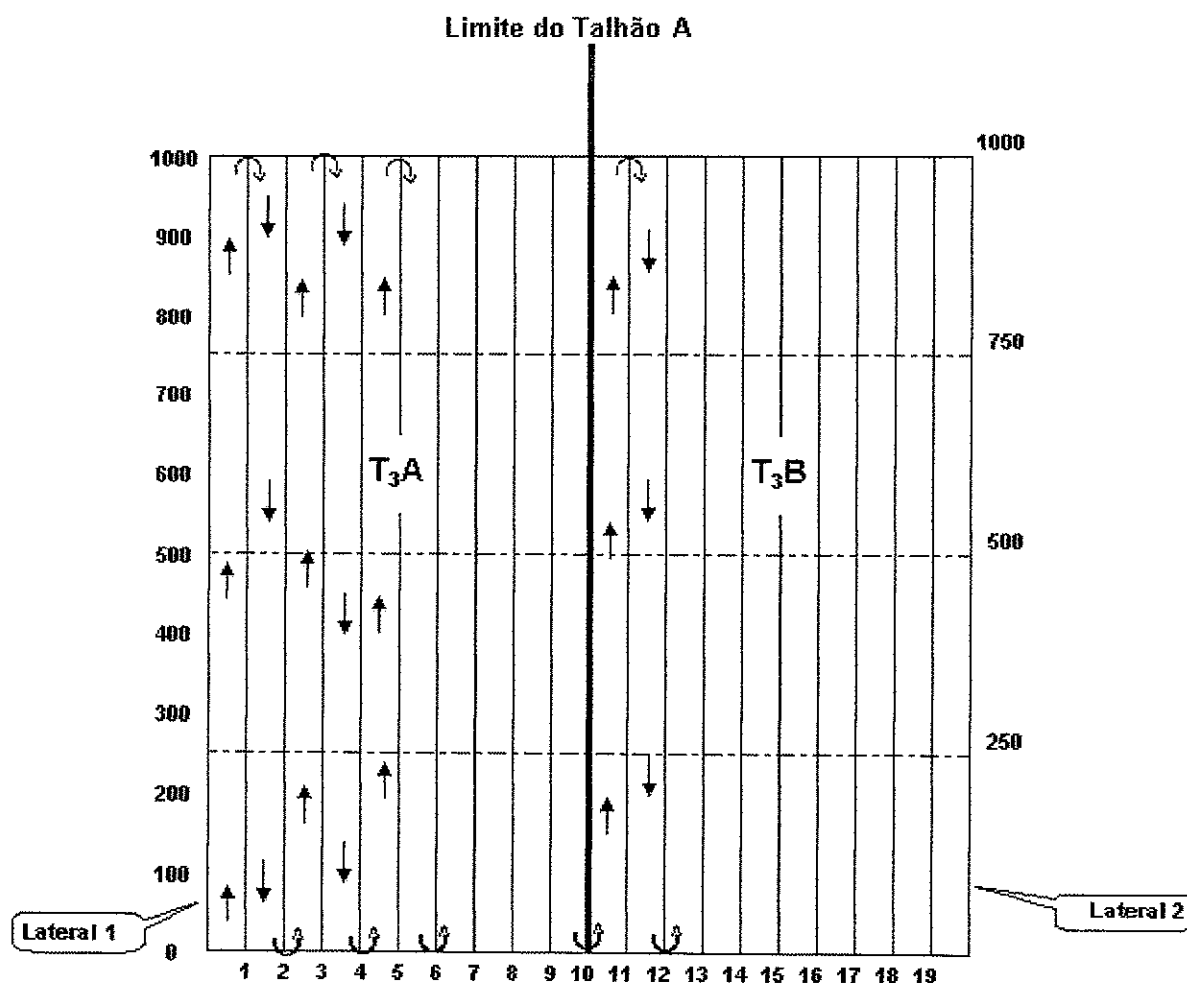


Figura 4: Croqui do Talhão 03, dividido em T₃A e T₃B.
Fonte: BARROS, 1986.

Segundo o relatório da SUDAM, as árvores com DAP ≥ 45 cm, foram numeradas com seus respectivos números fixados em placa de alumínio a uma altura aproximadamente de 1,5m do solo. Além do mais, foram determinadas suas coordenadas de localização no talhão, identificação da espécie pelo nome vulgar, medido sua CAP (Circunferência à Altura do Peito, 1,30m), estimada sua altura comercial e atribuição de uma classificação da qualidade do seu fuste. Tal classificação é resumida a seguir:

Qualidade do Fuste I - Fuste reto com forma bem configurada e sem defeito aparente;

Qualidade do Fuste II - Fustes com ligeira tortuosidade, presença de pequenos nós ou secção transversal elíptica, porém sem defeito aparente;

Qualidade do Fuste III - Fuste com fortes tortuosidades, deformações visíveis, oco, árvores mortas em pé.

3.3 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS NESTE ESTUDO

3.3.1 Estimativa dos parâmetros Fitossociológicos

Na estimação dos parâmetros fitossociológicos foram utilizados basicamente as medidas mais comuns incluídas na estimativa da estrutura horizontal definidas por:

a) Abundância

A Abundância Absoluta (Aa), é definida como o número de árvores por espécie que ocorrem no talhão e, Abundância Relativa (Ar), como a percentagem equivalente à Abundância Absoluta.

i) $Aa_i = n_i/ha$

ii) $Ar_i = \frac{Aa_i}{\sum_{i=1}^s Aa_i} * 100$ (3.1)

iii) Onde:

Aa_i = Abundância Absoluta da Espécie i ;

Ar_i = Abundância Relativa da espécie i ;

n_i = número de indivíduos amostrados da espécie i ;

b) Dominância

A dominância Absoluta (Da), é definida pelo autor em função da área basal de troncos que uma determinada espécie ocupa numa comunidade. Por outro lado, a Dominância Relativa (Dr), é a proporção de área basal que determinada espécie ocupa numa unidade de área, em relação à área basal total na mesma. Tem-se, portanto:

i) Dominância Absoluta: $Da_i = g_i$

ii) Dominância Relativa: $Dr_i = 100(g_i/G)$

Onde:

g_i = Área basal da espécie i , sendo obtida por $g_i = \sum_{i=1}^n (0,7854 * DAP_i^2)$, expresso m^2/ha ;

G = Área basal total, sendo calculada por $G = \sum_{i=1}^s g_i$.

b) Frequência

As frequências absolutas e relativas serão calculadas através das fórmulas:

$$FA_i = (UA_i/UA_t) * 100$$

$$FR_i = \left(\frac{FA_i}{\sum_{i=1}^n FA_i} \right) * 100 \quad (3.2)$$

Onde:

FA_i = Frequência Absoluta da i-ésima espécie (%)

FR_i = Frequência relativa da i-ésima espécie (%)

UA_i = Número de Unidades Amostras em que a i-ésima espécie está presente

UA_t = Número total de Unidades Amostras

d) Índice de Valor de Importância - IVI

Como visto anteriormente, este índice é definido como a soma algébrica dos valores relativos da Abundância, Dominância e Frequência. Assim, tem-se:

$$IVI = A_r + D_r + F_r \quad (3.3)$$

Onde:

A_r = Abundância relativa

D_r = Dominância relativa

F_r = Frequência relativa

3.3.2 Análise de Componentes Principais

O objetivo principal do método é transformar um grupo de variáveis $X_1, X_2, \dots, X_p$ (p-dimensional) correlacionadas em um novo grupo de variáveis não correlacionadas, digamos, $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$, para melhor entender suas características. Essas novas variáveis são combinações lineares das variáveis originais e são derivadas em ordem decrescente de importância, tal que, o primeiro Componente Principal explica a maior variação possível dos dados originais. Pode-se dizer também que a transformação acima constitui uma rotação ortogonal, isto é, as distâncias no espaço p-dimensional são preservadas (FLURY, 1951; ANDERSON, 1984).

Geometricamente, o primeiro componente principal é a curva ajustante no espaço p-dimensional. Tal curva minimiza a soma dos quadrados das distâncias das n observações com

relação à curva ajustante (primeiro componente). Os dois primeiros componentes definem o plano de ajuste para a “**nuvem**” de pontos no espaço de variáveis p-dimensional.

Os componentes, na realidade, produzem uma rotação de 45° com os eixos coordenados das variáveis originais. Se as variáveis são altamente correlacionadas, a “**nuvem**” de pontos no gráfico (toma a forma de uma elipse) se ajusta quase que perfeitamente ao primeiro componente. No entanto, quando essa nuvem se apresenta disposta homogeneamente em torno da origem (em forma de círculo), é indicativo concreto da inexistência de correlação entre as variáveis originais.

Algebricamente, o primeiro componente é uma combinação linear das $X_1, X_2, \dots, X_p$, isto é:

$$Y_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p. \quad (3.4)$$

Da mesma forma que o primeiro, os demais componentes $Y_2, Y_3, \dots, Y_p$, podem ser representados através de combinações lineares das variáveis originais.

A derivação dos componentes não requer qualquer suposição sobre as variáveis, exceto, que sejam expressas numa mesma unidade. A única exigência que o método faz é quanto a existência do vetor médio (μ) e da matriz de covariância (Σ).

Suponhamos que $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_p]$, é um variável aleatória de dimensão p com média μ e matriz de covariância Σ . Como já foi citado, o propósito do método é encontrar variáveis, digamos, $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$, cujas variâncias decrescem da primeira à última. Cada Y_j , passa a ser uma combinação linear dos X's, tal que

$$Y_j = a_{1j}X_1 + a_{2j}X_2 + \dots + a_{pj}X_p = a_j^T X \quad (3.5)$$

Onde $a_j^T = [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj}]$ é um vetor de constantes denominado de vetor latente ou simplesmente autovetor. A equação acima contém um fator de ponderação arbitrário e, por essa razão, deve-se impor a condição de que $a_j^T a_j = \Sigma a_{kj}^2 = 1$. Esse processo de normalização assegura que as transformações sejam ortogonais, ou seja, que as distâncias no p-espaço sejam preservadas (CHATFIELD, 1997; DUNTEMAN, 1986).

Equivalentemente pode-se dizer que a soma total do quadrado das distâncias dos pontos originais perpendiculares à curva ajustaste, são minimizadas.

Dessa forma, o primeiro componente principal é determinado quando escolhemos a_1 que maximize a variância de $Y_1 = a_1^T X$, sujeito a restrição de que $a_1^T a_1 = 1$.

O segundo componente é determinado quando se escolhe a_2 tal que $Y_2 = \alpha_2^T X$ tenha a maior variância possível dentre todas as combinações definidas na equação (3.5), que não são correlacionadas com Y_1 . Os demais componentes são derivados da mesma forma.

Agora, para derivar esses componentes, devemos valores das constantes que maximizem as variâncias correspondentes. Assim, para determinar o primeiro principal, devemos encontrar a_1 que maximize a variância de sujeito a restrição de que $a_1^T a_1 = 1$. Seja, portanto, $Y_1 = a_1^T X$, a função que devemos maximizar.

O procedimento padrão de maximização de uma função com várias variáveis sujeitas a uma ou mais restrições, é o método dos multiplicadores de Lagrange. Para uma restrição o método usa o fato de que para pontos estacionários de uma função diferenciável de p variáveis, digamos, $f(x_1, x_2, \dots, x_p)$, sujeito à restrição $g(x_1, x_2, \dots, x_p) = c$, são tais que existe um λ , chamado Multiplicadores de Lagrange, tal que $\frac{\partial f}{\partial x_i} - \lambda \frac{\partial g}{\partial x_i} = 0$, $i = 1, \dots, p$.

Esta equação pode ser escrita sob a forma $L(X) = f(x) - \lambda[g(x) - c]$, onde o termo entre colchetes deve ser zero. De posse desses argumentos, através de derivação, chega-se à equação $(\Sigma - \lambda I) = 0$, que uma equação polinomial em λ de grau p .

A equação acima admite solução diferente da trivial (nula), se e somente se, λ for um autovalor (raiz latente do polinômio minimal) de Σ . Portanto, para maximizar a variância de $Y_1 = \alpha_1^T X$, devemos tomar a maior raiz, a saber, λ_1 . O procedimento é continuado até que todos os componentes tenham sido calculados. É possível mostrar, através desse processo de maximização, que a soma das variâncias das variáveis originais é igual à soma das variâncias dos componentes principais. Tal fato constitui um dos mais importantes resultados na análise de componentes principais.

3.3.3 Análise de Fator

Como já citado anteriormente, os modelos fatoriais procuram explicar o comportamento das variáveis observadas em função do comportamento de um conjunto de variáveis não observadas (MARDIA, 1979; REIS, 2001; SEBER, 1984; BARROSO & ARTES, 2003). Assim, o modelo pode ser expresso como a seguir. Considere-se $X = (X_1, \dots, X_p)^T$, o vetor de variáveis observadas e $E(x) = \mu = (\mu_1, \dots, \mu_p)^T$, o vetor das médias de X .

Então um modelo para a análise fatorial pode ser expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 X_1 - \mu_1 &= \phi_{11}F_1 + \dots + \phi_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\
 X_2 - \mu_2 &= \phi_{21}F_1 + \dots + \phi_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\
 &\vdots \\
 X_p - \mu_p &= \phi_{p1}F_1 + \dots + \phi_{pm}F_m + \varepsilon_p
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Onde:

$F_1, \dots, F_p$ são os fatores comuns.

$\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_p$ são os fatores específicos.

ϕ_{ij} , $i = 1, \dots, p$ e $j = 1, \dots, m$ são as cargas fatoriais.

Segundo BARROSO & ARTES (2003) uma interpretação possível para os componentes desse modelo é que se pretende explicar o padrão de respostas que uma pessoa, por exemplo, através do valor que ela tem nos constructos (aspectos comuns que se deseja mensurar em conceitos abstratos) que atuam nos dados, que são os fatores comuns. As cargas fatoriais indicam a importância de cada constructo e, os fatores específicos dizem respeito à parte de cada variável não explicada pelos fatores comuns. Em termos matriciais tem-se:

$$x - \mu = \Phi f + \varepsilon$$

$$\text{Com } f = (F_1, \dots, F_m)^T, \varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_p)^T \text{ e } \Phi = \begin{pmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1m} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{p1} & \phi_{p2} & \dots & \phi_{pm} \end{pmatrix}$$

No modelo usual de análise fatorial ortogonal, são feitas as seguintes suposições sobre f : $E(F_i) = 0$ e $\text{Var}(F_i) = 1$, $i = 1, \dots, m$. Além do mais, num modelo ortogonal admite-se que:

- $\text{Cov}(f) = I_m$, onde I_m é a matriz identidade de ordem m ,
- $E(\varepsilon) = 0$,
- $\text{Cov}(\varepsilon) = \Psi = \text{diag}\{\psi_1, \dots, \psi_p\}$,
- $\text{Cov}(f, \varepsilon) = 0$.

A interpretação das cargas fatoriais advém de $\text{Cov}(X_i, F_i)$. Tem-se, portanto, que $\text{Cov}(X_i, F_i) = \text{Cov}(\phi_{i1}F_1 + \dots + \phi_{ij}F_j + \dots + \phi_{im}F_m + \varepsilon_i, F_j)$. Sob as suposições (a) e (d), vem que $\text{Cov}(X_i, F_j) = \phi_{ij}$, de onde se conclui que as cargas fatoriais são As covariâncias medidas entre

as variáveis observadas e os fatores comuns. Uma maneira alternativa de expressar o modelo de análise de fator é a seguinte:

$$\Sigma = \Phi\Phi^T + \Psi \quad (3.7)$$

O estudo da variância das variáveis observadas permite avaliar o quanto dessas variáveis pode ser explicado pelos fatores comuns. Assim, para X_i tem-se:

$$\sigma^2 = \text{Var}(X_i) = \text{Var}(X_i - \mu_i) = \text{Var}(\phi_{i1}F_1 + \dots + \phi_{im}F_m + \varepsilon_i), \text{ das suposições (a), (c) e (d) vem que } \text{Var}(X_i) = \phi_{i1}^2 + \dots + \phi_{im}^2 + \psi_i.$$

Neste caso tem-se que a parcela da variância de X_i que é explicada pelos fatores comuns é dada $c_i^2 = \phi_{i1}^2 + \dots + \phi_{im}^2$ e ψ_i é a parcela não explicada. c_i^2 é denominada de comunalidade da variável X_i , ψ_i a sua especificidade. Num bom modelo de análise fatorial, espera-se valores altos para c_i^2 .

Existem na literatura vários métodos para a obtenção dos fatores (BARROSO & ARTES, 2003). Neste estudo optou-se pela utilização dos mais populares: Análise de Componentes Principais e método da Máxima Verossimilhança.

a) Análise de Fator via Componentes Principais

Considere-se que a matriz de covariância do vetor x seja dada por $\text{Cov}(x) = \Sigma = \Gamma\Lambda\Gamma^T$, na qual Λ é a matriz diagonal com os autovalores de Σ e $\Gamma = (a_1, \dots, a_p)$ é a matriz com os respectivos autovetores. Desenvolvendo, tem-se que $\Sigma = \lambda_1 a_1 a_1^T + \dots + \lambda_m a_m a_m^T + \dots + \lambda_p a_p a_p^T$. (3.8)

É possível mostrar que o método das componentes principais faz a seguinte aproximação:

$$\Sigma \approx \lambda_1 a_1 a_1^T + \dots + \lambda_m a_m a_m^T = \Phi\Phi^T. \quad (3.9)$$

Além disso, constrói Ψ tomando a diagonal principal de $\Sigma - \Phi$, ou seja,

$$\Psi = \text{diag}\left\{\sigma_1^2 - \sum_{j=1}^m \phi_{1j}^2, \dots, \sigma_p^2 - \sum_{j=1}^m \phi_{pj}^2\right\}. \quad (3.10)$$

Desse modo, chega-se a $\Sigma \approx \Phi\Phi^T + \Psi$. A partir daí mostra-se que $\Phi = (\sqrt{\lambda_1} a_1, \dots, \sqrt{\lambda_m} a_m) = (\phi_1, \dots, \phi_m)$, onde $\phi_j = (\phi_{1j}, \dots, \phi_{pj})^T$. Note-se que uma vez que os autovalores são ortogonais, tem-se que $\sum_{i=1}^p \phi_{ij}^2 = (\sqrt{\lambda_1} a_i)^T \sqrt{\lambda_1} a_i = \lambda_j$, ou seja, o autovalor expressa a parcela da variabilidade total que explicada pelo fator j .

b) Análise de Fator via Máxima Verossimilhança.

Esse método, em sua versão usual, pressupõe que as variáveis envolvidas sigam um distribuição normal e, por essa razão, não sendo indicado para os casos onde a suposição de normalidade das variáveis envolvidas não seja satisfeita.

Seja $x \sim N_p(\mu, \Sigma)$, com $\Sigma = \Phi\Phi^T + \Psi$. O modelo é não identificável, uma vez que existem infinitas matrizes Φ que o satisfazem. Isso exige a introdução de restrições de identificabilidade. Uma restrição conveniente do ponto de vista computacional é, por exemplo, $\Phi^T\Psi^{-1}\Phi$ ser uma matriz diagonal.

Considere-se uma amostra $x_1, \dots, x_n$ de vetores independentes de x . As estimativas de máxima verossimilhança de μ, Φ e Ψ são obtidas a partir da maximização da função de verossimilhança a seguir.

$$L(\mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{np}{2}}} \frac{1}{|\Sigma|^{\frac{n}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^T \Sigma^{-1} (x_i - \mu)\right\}. \quad (3.11)$$

Não existe explicita para os estimadores, o que exige o uso de métodos numéricos para a maximização da função acima (ANDERSON, 1984). Segundo o autor, a vantagem de se trabalhar com estimadores de máxima verossimilhança é que a inferência estatística garante sua consistência e normalidade assintótica, o que permite a construção de intervalos de confiança, para grandes amostras.

Um teste de interesse refere-se a avaliação da escolha do número de fatores. Na verdade é um teste de razão de verossimilhança que considera as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \Sigma = \Phi\Phi^T + \Psi$$

$$H_1 : \Sigma \neq \Phi\Phi^T + \Psi$$

Sejam $S_n = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T}{n}$ e $\hat{\Sigma} = \hat{\Phi}\hat{\Phi}^T + \hat{\Psi}$, onde $\hat{\Phi}$ e $\hat{\Psi}$ são os estimadores de

máxima verossimilhança de Φ e Ψ , respectivamente. A estatística do teste é dada por

$$TRV = -2 \ln \left(\frac{|\hat{\Sigma}|}{|S_n|} \right) \quad (3.12)$$

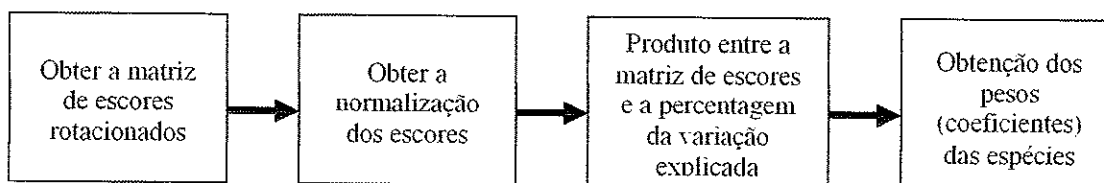
Sob a hipótese nula, TRV segue uma distribuição qui-quadrado com $g = \frac{1}{2} \{(p-m)^2 - p - m\}$ graus de liberdade.

3.3.4 Combinação das Técnicas Análise de Fator e Componentes Principais

A combinação dessas duas técnicas foi usada neste estudo a fim de determinar as cargas fatoriais (pesos) de cada variável no povoamento. Com este procedimento foi possível, através de um processo de normalização, determinar um ordenamento (Ranking) das espécies. Fundamentalmente este procedimento propicia:

- determinar as cargas fatoriais (pesos) através da análise de fator;
- usar as componentes principais como método extrator dessas cargas fatoriais;
- obter uma rotação dos eixos coordenados a fim de obter-se uma maximização dos pesos, no sentido de tornar maiores aqueles que já possuem um valor elevado e, menores, aqueles que já são pequenos.

Os passos básicos para a determinação dos coeficientes das variáveis (espécies), podem ser resumidos da seguinte forma:



3.3.5 Análise Discriminante

A análise da função linear discriminante é um problema de maximização igualmente como o que ocorre com os componentes principais. Como no método dos componentes, a sua determinação envolve uma matriz particular, as raízes latentes e os vetores latentes associados às essas raízes.

3.3.5.1 Objetivos da Análise Discriminante

Segundo REIS (2001), o objetivo da análise discriminante é determinar a separação máxima entre os grupos através da maximização da diferença entre as médias dos grupos relativamente aos desvios padrão no interior de cada grupo.

A análise discriminante é feita através de uma ou mais combinações lineares das variáveis independentes utilizadas (X_i), onde cada combinação linear (Y_i) constitui uma função discriminante sob a forma:

$$Y_i = a_{i0} + a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad (3.13)$$

Onde:

a_{ij} = Coeficientes de ponderação

X_j = Variáveis discriminante não normalizada.

Uma vez determinadas as funções discriminantes pode-se, entre outras coisas, usa-las para analisar e classificar as variáveis. A análise é feita através de testes estatísticos, enquanto a classificação pode ser feita depois de se ter encontrado um conjunto de variáveis que permita a discriminação significativa dos grupos, para os quais se conhece a distribuição dos mesmos. Assim, para que exista uma classificação é necessário definir previamente um critério discriminatório. Dentre os mais utilizados estão os critérios de Máxima Verossimilhança, de Bayes, Função linear de Fisher (MARDIA, 1982) e a Distância Mínima Mahalanobis.

3.3.5.2 Pressupostos Básicos da Análise Discriminante

Segundo REIS (2001), os pressupostos básicos das análise discriminante são os seguintes:

- os grupos devem ser retirados de uma população com distribuição normal multivariada para as p variáveis discriminantes;
- as matrizes de variância/covariância devem ser iguais;
- deve existir um critério pré-definido que permita dividir os indivíduos em dois ou mais grupos ($k \geq 2$);
- o número de grupo deve ser pelo menos 2 ($n_j \geq 2$)
- o número de variáveis discriminantes (p) deverá ser qualquer, desde que verifique a condição de ser menor que o número total de observações (n) menos 2 ($0 < p < n - 2$);
- nenhuma das variáveis discriminantes poderá ser combinação linear das restantes.

Onde:

K = número de grupos;

p = número de variáveis discriminantes;

n_j = número de indivíduos no grupo j ($j = 1, 2, \dots, p$)

n = número total de indivíduos nos k grupos.

3.3.5.3 Estimação dos Parâmetros das Funções Discriminantes

A estimação dos parâmetros das funções discriminantes leva em consideração o número de grupos em questão. Considera-se, portanto, dois casos: população com apenas dois grupos e mais de dois grupos. Para dois grupos o método de Fisher propõe que se a combinação linear de $\tilde{X}$ for $Y = \tilde{a}' \tilde{X}$, então deve-se encontrar $\tilde{a}$, tal que o critério Δ seja

maximizado, onde $\Delta = \frac{\left(\tilde{a}' \tilde{\mu}_1 - \tilde{a}' \tilde{\mu}_2 \right)^2}{\tilde{a}' \tilde{\Sigma} \tilde{a}}$ e, neste caso, o critério Δ é a distância de

Mahalanobis entre os centróides dos dois grupos, isto é,

$$\Delta = \left(\tilde{\mu}_1 - \tilde{\mu}_2 \right)' \tilde{\Sigma}^{-1} \left(\tilde{\mu}_1 - \tilde{\mu}_2 \right). \quad (3.14)$$

3.3.5.4 A análise discriminante para mais de 2 grupos

A análise discriminante múltipla tem o mesmo objetivo da análise discriminante para dois grupos, ou seja, procura encontrar um ou mais eixos sobre os quais são projetados os grupos de tal modo que seja maximizado a soma de quadrados entre os grupos relativamente à soma de quadrados dentro dos grupos.

Para n indivíduos classificados em k grupos e caracterizados por p variáveis a matriz dos quadrados total é a seguinte:

$$T = \left(X_{\tilde{j}u} - \bar{X}_{\tilde{j}} \right) \tilde{\Sigma}^{-1} \left(X_{\tilde{j}u} - \bar{X}_{\tilde{j}} \right)$$

Para cada grupo a matriz da soma de quadrados e os produtos cruzado são dados, respectivamente, por:

$$W_j = \left(X_{\tilde{j}u} - \bar{X}_{\tilde{j}} \right) \tilde{\Sigma}^{-1} \left(X_{\tilde{j}u} - \bar{X}_{\tilde{j}} \right) \text{ e } W = \sum_{j=1}^k W_j. \quad (3.15)$$

Consequentemente a soma de quadrados entre os grupos (**B**) pode ser obtida pela diferença $B = T - W$. Para a combinação linear $Y = \tilde{a}' \tilde{X}$, a soma de quadrados entre os

grupos é $\tilde{a}' B \tilde{a}$ e dentro dos grupos é dada por $\tilde{a}' W \tilde{a}$. De modo análogo ao critério de

$$\text{Fisher, pode-se ter o quociente } \lambda = \frac{\tilde{a}' B \tilde{a}}{\tilde{a}' W \tilde{a}}. \quad (3.16)$$

3.3.6 Análise de Agrupamento (Análise de Cluster)

As técnicas de agrupamento são aplicadas em uma variedade muito grande de situações problema. JOHNSON & WICHERN(1988) sistematizaram uma lista de vários trabalhos publicados sobre o assunto. Tais trabalhos estavam relacionados, por exemplo, com a área da medicina, com agrupamentos de doenças, curas para doenças, etc. No campo de psiquiatria, o diagnóstico correto de agrupamentos de sintomas como paranóia, esquizofrenia, etc., é essencial para terapia próspera. Em arqueologia, investigadores tentaram estabelecer taxonomias de ferramentas de pedra, objetos funerário, etc. Em geral, sempre que se precisa classificar uma "montanha" de informação em grupos significativamente manejáveis, a análise de agrupamento é de grande utilidade. A análise agromerativa é dividida em hierárquicos e não-hierárquicos e cujo propósito é unir objetos (por exemplo, animais) em sucessivos agrupamentos, usando alguma medida de semelhança ou distância (EVERITT,1980; SEBER,1951). Um resultado típico deste tipo de agrupamento é a árvore hierárquica que pode ser representada através de um dendrograma. Com esse procedimento pode-se descobrir agrupamentos (filiais) e interpretar essas filiais.

3.3.7 Medidas de distância

O método de ligação ou árvore de agrupamento usa as dessemelhanças ou distâncias entre objetos para formar os agrupamentos. Estas distâncias podem estar baseadas em uma única dimensão ou dimensões múltiplas. Por exemplo, se se quiser agrupar fast food, pode-se levar em conta o número de calorias que eles contêm, o preço deles/delas, avaliações subjetivas de gosto, etc. O modo mais direto de computar distâncias entre objetos em um espaço multi-dimensional é computar as distâncias Euclidianas por ser, provavelmente, o tipo de distância mais utilizado pelos pesquisadores. É definida como:

$$\text{distância } (x,y) = d(x,y) = \left\{ \sum_i (x_i - y_i)^2 \right\}^{1/2} \quad (3.17)$$

As distâncias Euclidianas normalmente são computadas através de dados brutos, e não de dados padronizado. Este método tem certas vantagens (por exemplo, a distância entre qualquer dois objetos não é afetada pela adição de objetos novos para a análise que pode ser outliers). Porém, as distâncias muito grandes podem ser afetadas pelas diferenças de escalas entre as dimensões das quais as distâncias são computadas. No entanto, existem outros tipos de distância, como podem ser visualizados a seguir:

3.3.7.1 Distância bloco-cidade (Manhattan).

Esta distância simplesmente é a diferença média cruzada das dimensões. Na maioria dos casos, estas distâncias provêm resultados semelhantes à distância Euclidiana. Porém, note que nesta medida, o efeito de uma diferença particular muito grande (outliers) é considerável. Essa distância é calculada como:

$$\text{distância}(x,y) = d(x,y) = \sum_i |x_i - y_i| \quad (3.18)$$

3.3.7.2 Distância de Chebychev.

Esta medida de distância pode ser apropriada em casos quando o pesquisador quiser definir dois objetos como "diferente" se eles forem diferentes em qualquer um das dimensões. A distância de Chebychev é computada como:

$$\text{Distância}(x,y) = d(x,y) = \text{Maximum}|x_i - y_i| \quad (3.19)$$

3.3.7.3 Distância Potência.

Às vezes o pesquisador deseja aumentar ou diminuir o peso progressivo que é colocado em dimensões nas quais os objetos respectivos são muito diferentes. Isto pode ser realizado pela distância potência. Essa distância é computada como:

$$\text{Distância}(x,y) = d(x,y) = \left(\sum_i |x_i - y_i|^p \right)^{1/r} \quad (3.20)$$

Onde **r** e **p** são parâmetros definidos pelo usuário. É possível mostrar, através de alguns cálculos como esta medida "se comporta". O Parâmetro **p** controla o peso progressivo que é atribuído às diferentes dimensões individuais e, o parâmetro **r** controla o peso progressivo que

é atribuído para diferenças maiores entre objetos. Se r e p forem iguais a 2, então esta distância é igual à distância de Euclidiana.

3.3.8 Ajuste dos dados observados à Distribuição de Weibull

A distribuição diamétrica dos dados observados foram comparados à distribuição de Weibull através de uma rotina do software do MINITAB 14.0, com o intuito de se avaliar se esses dados observados seguiam tal distribuição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Em estudos realizados anteriormente na Estação Experimental de Curuá-Uma, foram identificadas 244 espécies arbóreas a partir de um diâmetro mínimo de 5cm de DAP. Na área em estudo, o Talhão 03, foram identificadas 74 espécies arbóreas com diâmetros maiores ou iguais a 45cm de DAP, representando assim, 30,33% do total de espécies já identificada na Estação. A Tabela 1, apresenta o nome científico com seus respectivos nomes vulgares utilizados na Estação de Curuá-Uma, bem como a família a que pertencem. Já Tabela 2 mostra a relação das famílias a que pertence as espécies identificadas no Talhão 03.

Tabela 1: Relação das espécies com DAP $\geq$ 45cm, identificadas no Talhão 03 da Área I da Estação Experimental de Curuá – Uma, segundo a ordem alfabética dos nomes das famílias.

Continua			
ORD.	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA/ SUBFAMÍLIA	NOME VULGAR
1		-	Bananinha
2		Anacardiaceae	Aroeira
3	Anacardium giganteum W.Hancock ex Engl.	Anacardiaceae	Caju – açu
4	Astronium lecointei Ducke	Anacardiaceae	Muiracatiara
5	Duguetia marcgraviana Mart	Anonaceae	Envira
6	Aspidosperma verruculosum Mull.Arg.	Apocynaceae	Araracanga
7	Couma macrocarpa Barb.Rodr.	Apocynaceae	Sorva grande
8	Didymopanax morototoni (Aubl.) Maguire, Steyerm.& Frodin	Araliaceae	Morototó
9	Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols	Bignoniaceae	Pau d'arco
10	□mazônica copaia m(Aubl.) D.Don.	Bignoniaceae	Pará – pará
11	Bombax paraense Ducke	Bombacaceae	Mamorana
12	Protium sagotianum Marchand	Burseraceae	Breu
13	Copaifera martii Hayne	Leguminosea-caes	Copaibarana
14	Apuleia moralis Spruce ex Benth	Leguminosea-caes	Muirataúá
15	Cayocar villosum (Aubl.)Pers.	Caryocaraceae	Piquiá
16	Goupia glabra Aubl.	Goupiaceae	Cupiúba
17	Parinari montana Aubl.	Chrysobalanaceae	Pajura da mata
18	Terminalia □mazônica (J.F.Gmel.) Exell	Combretaceae	Cuiarana
19	Diospyros praetermissa Sandwith	Ebenaceae	Caqui
20	Pogonophora schomburgkia Miers ex Benth.	Euphorbiaceae	Amarelinho
21	Glycidendron amazonicum Duche	Euphorbiaceae	Glícia
22	Hevea cuneata	Euphorbiaceae	Seringa itaúba

Tabela 1: Relação das espécies com DAP $\geq$ 45cm, identificadas no Talhão 03 da Área I da Estação Experimental de Curuá – Una, segundo a ordem alfabética dos nomes das famílias.

			Continuação
ORD.	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA/SUBFAMÍLIA	NOME VULGAR
23	<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	Euphorbiaceae	Urucurana
24	<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Flacourtiaceae	Pau jacaré
25	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Glusiaceae	Anani da t. Firme
26	<i>Saccoglottis guianensis</i> Benth.	Humiriaceae	Axuá
27	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Humiriaceae	Uxi liso
28	<i>Sacoglottis amazônica</i> Mart.	Humiriaceae	Uxirana
29	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. Ex Mez	Lauraceae	Itaúba
30	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Lauraceae	Louro
31	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	Lauraceae	Preciosa
32	<i>Bertholletia excelsa</i> Kunth	Lecythidaceae	Castanha do pará
33	<i>Lecythis usitata</i> Miers	Lecythidaceae	Castanha sapucaia
34	<i>Eschweilera odora</i> (Poepp. Ex Berg) Miers	Lecythidaceae	Matá - matá
35	<i>Couratari pulcra</i> Sw.	Lecythidaceae	Tauari
36	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Leguminosae-caes	Jutaí
37	<i>Cassia Scleroxylon</i> Ducke	Leguminosae-caes	Muirapixuna
38	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Leguminosae-caes	Acapu
39	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Leguminosae-caes	Copaíba
40	<i>Swartzia</i> sp	Leguminosae-caes	Gombeira
41	<i>Sclerolobium</i> sp	Leguminosae-caes	Tachi
42	<i>Pithecelobium racemosum</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Leguminosae-mim	Angelim
43	<i>Enterolobium Schomburgkii</i> (Benth.)Benth.	Leguminosae-mim	Fava
44	<i>Inga</i> sp	Mimosaceae	Ingá
45	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth	Leguminosae-pap	Sucupira
46	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Leguminosae-pap	Cumaru
47	<i>Byrsonima verbascifoli</i> Rich. Ex Juss.	Malpighiaceae	Muruci da mata
48	<i>Mouriri brevipes</i> Gandner	Melastomataceae	Muiráuba
49	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	Andiroba
50	<i>Cedrela odorata</i> Ruiz & Pav.	Meliaceae	Cedro vermelho
51	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Monimiaceae	Capitiu
52	<i>Brosium amplicoma</i> Ducke	Moraceae	Amapá
53	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	Guariúba
54	<i>Trymatococcus amazonicus</i> Poepp.&Endl.	Moraceae	Mururé
55	<i>Virola melinonii</i> (Benn.) A.C.Sm.	Myristicaceae	Ucuúba da t. Firme
56	<i>Neea oppositifolia</i> Ruiz & Pav.	Nyctaginaceae	João mole
57	<i>Vatairea speciosa</i> Ducke	Leguminosae-pap	Faveira

Tabela 1: Relação das espécies com DAP ≥ 45 cm, identificadas no Talhão 03 da Área I da Estação Experimental de Curuá – Una, segundo a ordem alfabética dos nomes das famílias.

ORD.	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA/SUBFAMÍLIA	Conclusão
			NOME VULGAR
58	<i>Ormosia microntha</i> Ducke	Papilionaceae	Tento
59	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	Faieira
60	<i>Licania labriflorum</i> Prance	Chrysobalanaceae	Macuco
61	<i>Licania canescens</i> Benoist	Chrysobalanaceae	Caraípe
62	<i>Ferdinandusa paraensis</i> Ducke	Rubiaceae	Bacabinha
63	<i>Pouteria</i> sp	Sapotaceae	Abiurana
64	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Sapotaceae	Maçaranduba
65	<i>Manilkara amazônica</i> (A.DC.) A.Chev.	Sapotaceae	Maparajuba
66	<i>Maytenus guianensis</i> Klotzsch	Celastraceae	Pau c. Grossa
67	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Sapotaceae	Rosadinho
68	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	Marupá
69	<i>Sterculia megalocarpa</i> A.C.Sm.	Sterculiaceae	Axixa
70	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	Tiliaceae	Pente de macaco
71	<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	Violaceae	Pau branco
72	<i>Qualea homosepala</i> Ducke	Vochysiaceae	Mandioqueira
73	<i>Vochysia máxima</i> Ducke	Vochysiaceae	Quaruba
74	<i>Eristna uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae	Quarubarana

Tabela 2: Relação das famílias a que pertencem as espécies encontradas no Talhão 03 – Curuá-Una.

Continua			
FAMÍLIAS/SUBFAMÍLIAS	NOME VULGAR	Nº. DE ELEMENT	%
Desconhecida	Bananinha	5	0.18
Anacardiaceae	Aroeira		
	Caju - açu		
	Muiracatiara	44	1.56
Anonaceae	Envira	5	0.18
Apocynaceae	Araracanga		
	Sorva grande	11	0.39
Araliaceae	Morototó	7	0.25
Bignoniaceae	Pau darco	31	1.1
	Pará - pará		
Myristicaceae	Mamorana da t. firme	4	0.14
Burseraceae	Breu	21	0.74
Legumisosea-caes	Copaibarana	7	0.25
	Muirataua		
Caryocaraceae	Piquiá	46	1.63
Goupiaceae	Cupiúba	139	4.92
Chrysobaneaceae	Pajura da mata	3	0.11
Combretaceae	Cuiarana	53	1.88
Ebenaceae	Caqui	3	0.11
Euphorbiaceae	Amarelinho		
	Glicia	8	0.28
	Seringa itaúba		
	Urucurana		

Tabela 2: Relação das famílias a que pertencem às espécies encontradas no Talhão 03 – Curuá-Una.

			Conclusão
FAMÍLIA/SUBFAMÍLIA	NOME VULGAR	Nº DE INDIVÍDUOS	%
Flacourtiaceae	Pau jacaré	3	0.11
Gluciaceae	Anani da t. Firme	1	0.04
Humiriaceae	Axúá	48	1.7
	Uxi liso		
	Uxirana		
Lauraceae	Itaúba	57	2.02
	Louro		
	Preciosa		
Lecythidaceae	Castanha do Pará	335	11.87
	Castanha sapucaia		
	Matá - matá		
	Tauari		
Leguminosae-caes	Jutai	452	16.01
	Muirapixuna		
	Acapu		
	Copaíba		
	Gombeira		
	Tachi		
Leguminosae-mim	Angelim	162	5.74
	Fava		
	Ingá		
Leguminosae-pap	Sucupira	59	2.09
	Cumaru		
Malpighiaceae	Muruci da mata	1	0.04
Melastomataceae	Muirauá	56	1.98
Meliaceae	Andiroba	14	0.5
	Cedro vermelho		
Monimiaceae	Capitiu	3	0.11
Moraceae	Amapá	28	0.99
	Guariúba		
	Mururé		
Myristicaceae	Ucuúba da t. Firme	11	0.39
Nyctaginaceae	João mole	5	0.18
Leguminosae-pap.	Faveira	11	0.39
	Tento		
Proteaceae	Faieira	4	0.14
Chrysobalanaceae	Macuco	5	0.18
Chrysobalanaceae	Caraípe	2	0.07
Rubiaceae	Bacabinha	1	0.04
Sapotaceae	Abiurana sp	998	35.35
	Maçaranduba		
	Maparajuba		
	Pau c. Grossa		
	Rosadinho		
Simaroubaceae	Marupá	5	0.18
Sterculiaceae	Axixá	1	0.04
Tiliaceae	Pente de macaco	1	0.04
Violaceae	Pau branco	2	0.07
Vochysiaceae	Mandioqueira	171	6.06
	Quaruba		
	Quarubarana		

Tabela 3: Ordenamento das famílias, segundo o número de indivíduos.

FAMÍLIAS/SUBFAMÍLIAS	NÚMERO DE INDIVÍDUOS	%	% Acumulada
Sapotaceae	998	35.35	35.35
Leguminosae-caes	452	16.01	51.36
Lecythidaceae	335	11.87	63.23
Vochysiaceae	171	6.06	69.29
Leguminosae-mim	162	5.74	75.03
Celastraceae	139	4.92	79.95
Leguminosae-pap	59	2.09	82.04
Lauraceae	57	2.02	84.06
Melastomataceae	56	1.98	86.04
Combretaceae	53	1.88	87.92
Humiriaceae	48	1.7	89.62
Caryocaraceae	46	1.63	91.25
Anacardiaceae	44	1.56	92.81
Bignoniácea	31	1.1	93.91
Moraceae	28	0.99	94.90
Burseraceae	21	0.74	95.64
Meliaceae	14	0.5	96.14
Apocynaceae	11	0.39	96.53
Myristicaceae	11	0.39	96.92
Papilionaceae	11	0.39	97.31
Euphorbiaceae	8	0.28	97.59
Araliaceae	7	0.25	97.84
Caesalpiniaceae	7	0.25	98.09
Desconhecida	5	0.18	98.26
Anonaceae	5	0.18	98.44
Nyctaginaceae	5	0.18	98.62
Rosaceae	5	0.18	98.80
Simaroubaceae	5	0.18	98.97
Bombacaceae	4	0.14	99.11
Proteaceae	4	0.14	99.26
Chrysobaneaceae	3	0.11	99.36
Ebenaceae	3	0.11	99.47
Flacourtiaceae	3	0.11	99.57
Monimiaceae	3	0.11	99.68
Rosalaceae	2	0.07	99.75
Violaceae	2	0.07	99.82
Guttiferae	1	0.04	99.86
Malpighiaceae	1	0.04	99.89
Rubiaceae	1	0.04	99.93
Sterculiaceae	1	0.04	99.96
Tiliaceae	1	0.04	100.00

Na Tabela 3, pode-se verificar que a família Sapotaceae foi a que apresentou o maior número de indivíduos. Vale ressaltar também que a espécie *Manilkara huberi*, conhecida vulgarmente por Maçaranduba, foi a espécie mais freqüente no povoamento. Também deve ser destacado que as 6 famílias mais freqüentes (Sapotaceae, Leguminosae/Caesalpinoideae, Lecythidaceae, Vochysiaceae, Leguminosae/Mimosoideae, Celastraceae) concentram aproximadamente 80% dos indivíduos do povoamento o que mostra uma forte concentração dessas famílias na área em estudo.

4.2 ESPÉCIE/ABUNDÂNCIA

Como ensina BARROS (1986), a medida mais óbvia de diversidade de espécies consiste no número de espécies existentes no povoamento em estudo. Salienta, no entanto, que a abundância de cada espécie constitui um fator extremamente importante que deve ser levado em consideração em estudos vegetacionais, através da relação espécie/abundância. Partindo desse pressuposto, este estudo inicia-se por avaliar a estrutura do povoamento constituído pelos 2823 indivíduos distribuídos nas 74 espécies identificadas no mesmo (Figura. 5).

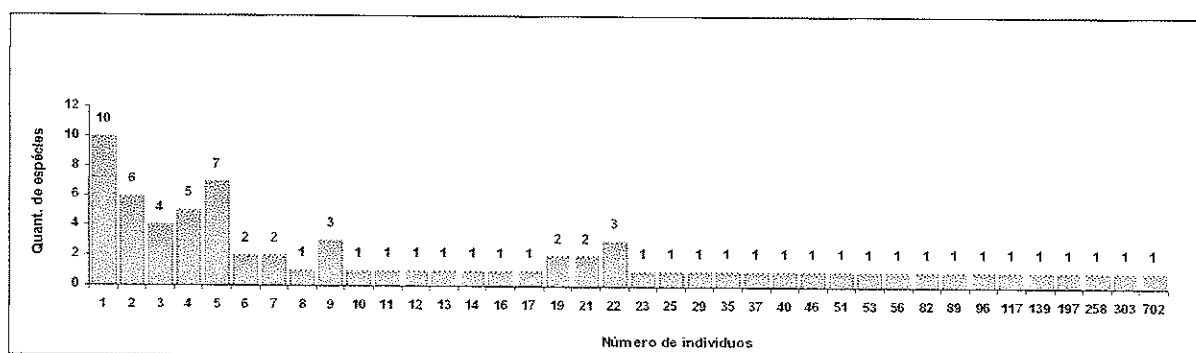


Figura 5: Estrutura do Talhão 03, segundo a quantidade de indivíduos e número de espécies identificadas – Relação Espécie/Abundância.

A Figura 5 mostra que 41 espécies, cerca de 55,4%, possuem até 10 indivíduos. Por outro lado, observa-se espécies com abundâncias muito altas como é o caso da Maçaranduba com 702 indivíduos) e Acapu com 303. Estes resultados, a princípio, mostram que a distribuição dos valores observados não eram explicadas pela distribuição logarítmica. Assim, para verificar a veracidade dos fatos, foi feita uma estimativa através da série logarítmica $\alpha X; \frac{\alpha X^2}{2}; \dots, \frac{\alpha X^n}{n}$ (Tabela 4), com $\alpha = 13,9008$, $X = 0,9951$ e, comparadas com os valores observados. Além do mais, foi testada a hipótese de que os valores observados seguiriam uma distribuição logarítmica, a nível de 5%. A Figura 6 mostra o comportamento dos valores observados e estimados em função das classes de abundância.

Tabela 4: Frequência Esperada do número de espécies por número de indivíduos, estimada pela distribuição logarítmica.

Classes de Abundância	Freq. Obs	Freq. Esp	PARÂMETROS
n_1	10	13.83	Série Logarítmica
n_2	6	6.88	$\alpha X; \frac{\alpha X^2}{2}; \dots, \frac{\alpha X^n}{n}$
n_3	4	4.57	
n_4	5	3.41	
n_5	7	2.71	$S = 74$
n_6	2	2.25	$N = 2823$
n_7	2	1.92	$X = 0,9951$
n_8	1	1.67	$\alpha = 13,9008$
n_9	3	1.48	
n_{10}	1	1.32	
n_{11}	1	1.20	
n_{12}	1	1.09	
n_{13}	1	0.93	
n_{14}	1	0.86	
n_{15}	0	0.80	
n_{16}	1	0.75	
n_{17}	1	0.71	
n_{18}	0	0.67	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	

Como se percebe, as maiores discrepâncias entre as frequências observadas e esperadas, ocorrem nas classes de abundância n_1 , n_5 e n_9 que são constituídas por espécies que apresentam menos do que dez indivíduos e, portanto, sendo consideradas pouco abundantes. Para os demais valores, essas discrepâncias parecem não ser significativamente acentuadas e dessa forma, podem ser atribuídas a efeitos aleatórios. Tais evidências mostram que a distribuição dos valores observados converge em distribuição para uma distribuição logarítmica, a despeito dos três pontos de discrepância observados.

Como forma de corroborar com as evidências observadas, foi aplicado o teste de Kolmogorov – Smirnov ($KD_{\text{Desvio máximo}} = 18.00$ e Valor crítico unilateral (0.05) = 144) para duas amostras independentes, com o intuito de verificar se as duas amostras provinham de uma mesma população, ou seja, tinham os mesmos parâmetros. O resultado do teste mostrou que, a nível de 5%, não se pode rejeitar a hipótese de que as duas distribuições são iguais, indicando assim, que a distribuição dos valores observados segue uma distribuição logarítmica.

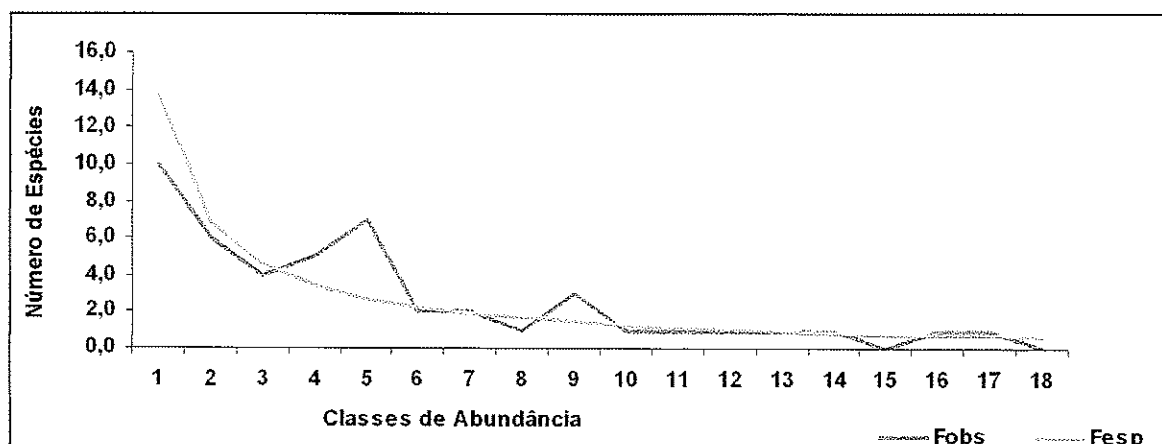


Figura 6- Frequências esperadas do número de espécies por número de indivíduos, estimada pela distribuição logarítmica.

Esses dados também foram ajustados à distribuição lognormal para avaliar se do total de espécies, muitas seriam moderadamente abundantes e poucas raras. A equação resultante após o ajuste foi a seguinte:

$$S_i = 14e^{-(0,3351R)^2}, \text{ onde } S_i \text{ representa o número de espécies no } R\text{-ésimo octave. A}$$

Tabela 5 apresenta os dados referentes às frequências observadas e esperadas pela curva lognormal, segundo o octave.

Tabela 5: Frequências observadas e esperadas (estimadas pela curva lognormal), segundo o octave.

Nº de Octaves R_i	OCTAVES	FREQ. OBSERV.	FREQ. ESP.
2	1 a 2	8	8.93
1	2 a 4	9.5	12.51
0	4 a 8	14	14.00
1	8 a 16	9	12.51
2	16 a 32	11.5	8.93
3	32 a 64	8	5.09
4	64 a 128	4	2.32
5	128 a 256	2	0.84
6	256 a 512	2	0.23
7	512 e mais	1	0.06

A Figura 7 mostra o comportamento dos valores observados e dos valores esperados estimados através da distribuição lognormal.

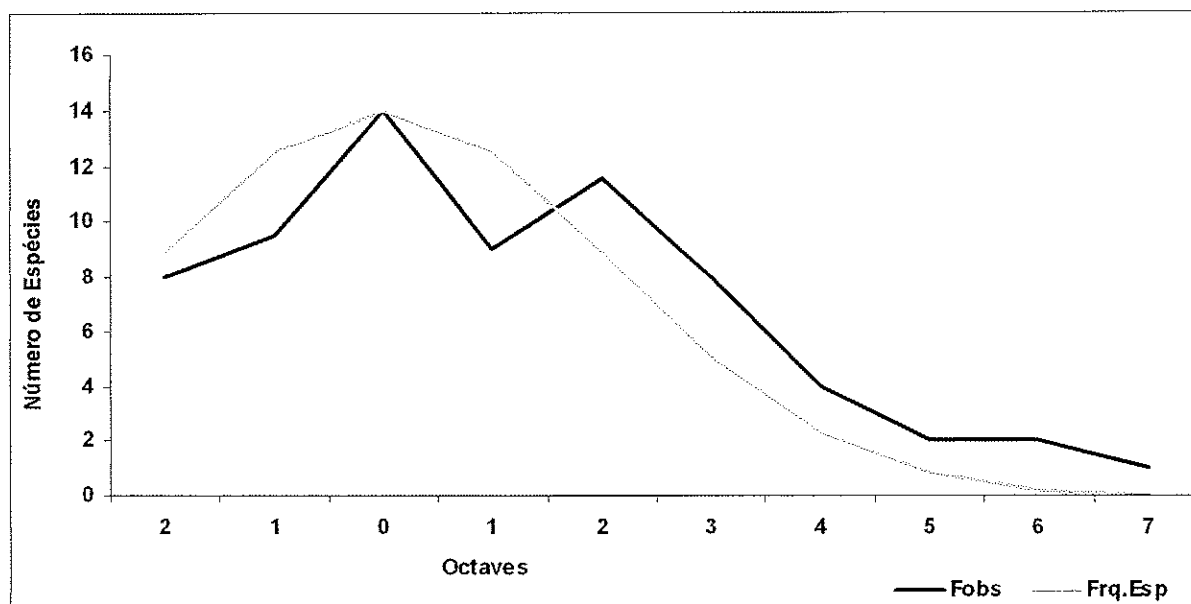


Figura 7: Comportamento das distribuições dos valores observados e esperados, segundo uma distribuição lognormal.

O comportamento dos dados observados, vistos acima, possibilita inferir que a relação espécie/abundância pode também ser explicada pela distribuição lognormal. Este resultado difere dos resultados obtidos por BARROS (1986), quando estudou a relação espécie/abundância, através de uma amostra aleatória retirada do Talhão 19 pertencente a mesma área da Estação Experimental de Curuá-Una. Naquele momento o autor chegou a conclusão de que a relação espécie/abundância não era explicada pela distribuição lognormal. Assegurava, portanto, que existia incongruência nas distribuições e mostrava que a subestimativa da distribuição lognormal para a maioria dos octaves à direita do octave modal, parecia indicar a existência de muitas espécies abundantes. Identificou ainda que os quatro primeiros octaves concentravam um grande número de espécies pouco abundantes e, segundo o mesmo autor, mostra a desuniformidade na distribuição desses indivíduos entre as espécies. Vale ressaltar, que as características observadas por BARROS (1986), referem-se a um estudo feito através de uma amostra onde eram considerados todos os indivíduos com $DAP \geq 5\text{cm}$, que não é o caso do presente estudo, pois abrange apenas os indivíduos com DAP maior ou igual a 45cm. O teste de Kolmogorov-Smirnov aplicado a nível de 5% de confiança ($KD_{\text{Desvio Máximo}} = 10$ e Valor Crítico Unilateral = 60), mostra que as curvas convergem em distribuição, ou seja, pode-se dizer que as frequências observadas seguem uma distribuição lognormal e, dessa forma, tais frequências podem ser explicadas por tal distribuição.

4.3 DIVERSIDADE, UNIFORMIDADE E DOMINÂNCIA DAS ESPÉCIES.

Como mencionado anteriormente, a distribuição dos 2823 indivíduos entre as 74 espécies identificadas no Talhão 03 da Estação Experimental de Curuá-Una, segundo o teste de Kolmogorov – Sminov para duas amostras, pode ser explicada pelas distribuições Logarítmica e Lognormal. Este fato é de grande importância não só por confirmar a convergência em distribuição preconizada por PRESTON (1948), mas também devido a existência do parâmetro α na distribuição logarítmica que pode ser usado como uma medida de diversidade, segundo a mesma fonte, uma vez que tal parâmetro mantém uma estreita relação com o número de espécies, no sentido de que aumenta com o número de espécies.

No presente estudo, onde se obteve um valor de α em torno de 14 e, considerando que a distribuição logarítmica explicou satisfatoriamente a série de dados, pode-se inferir a existência de uma alta diversidade de espécies no povoamento.

Além do mais, a relação espécie/abundância também foi estudada através da curva de Abundância Relativa como mostrado na Figura 8. Observa-se nesta figura que as espécies que ocupam as 6 primeiras posições na sequência de ocorrência, são: Maçaranduba, Acapu, Abiurana, Castanha do Pará, Cupiúba e Tachi, fazem com que a curva decaia rapidamente em sua extremidade, fato este que evidencia um relativo grau de dominância por parte destas espécies.

Em contrapartida, a partir da sexta posição, a curva reduz a taxa de decaimento, assumindo assim um aspecto mais horizontal, com âmbito sobre toda a extensão de ocorrência das espécies, denotando assim, a existência de uma alta diversidade de espécies.

Com o intuito de melhor explicar a Diversidade, a Uniformidade e a Concentração de Dominância, foi determinado o índice de Simpson (D_s) para explicar a concentração de dominância das espécies mais comuns do povoamento, bem como o índice de Shannon-Weaver (H') para expressar a uniformidade relativa da Abundância entre todas as espécies. O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos com indicadores para a área em estudo.

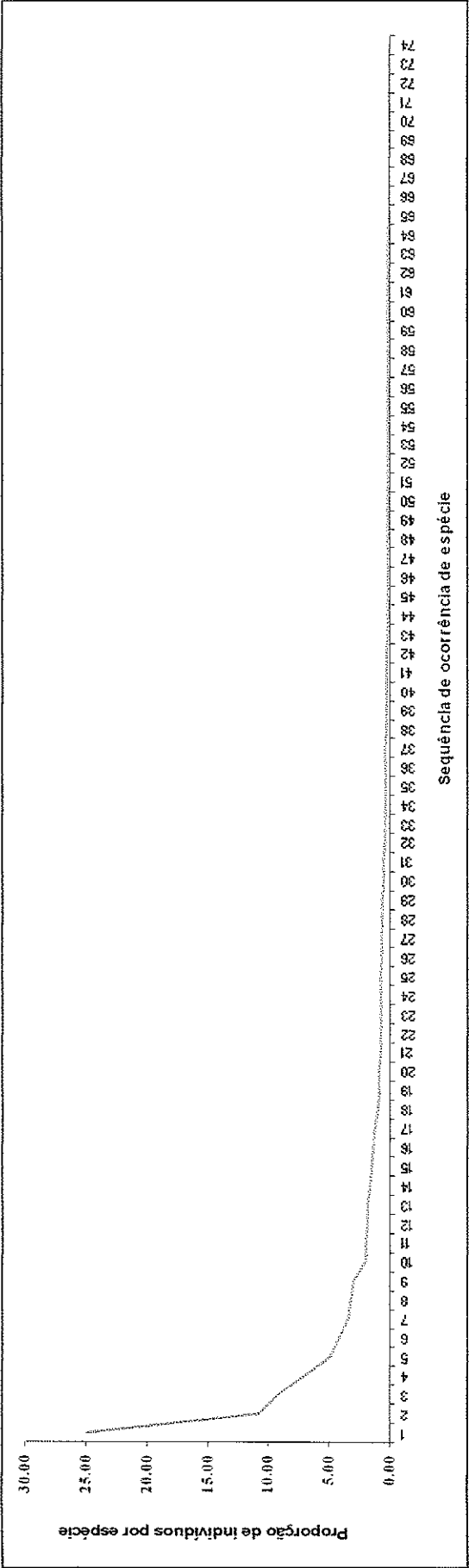


Figura 8: Curva de Abundância Relativa – Talhão 03 – Curuá-Una.

Quadro 1: Índice de Diversidade, Uniformidade e Concentração de Dominância.

ÍNDICES	DIVERSIDADE DE ESPÉCIES	DIVERSIDADE MÁXIMA	UNIFORMIDADE	CONCENTRAÇÃO DE DOMINÂNCIA
Simpson	D_s	$D_{\max} = [(S - 1)/S] * [N/(N - 1)]$	$U = D_s/D_{\max}$	$C = \left[\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1) \right] / [N(N - 1)]$
VALORES	0,903	0,987	0,915	0,096
Shannon-Weaver	$H' = - \left[\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \right]$ $E(H') = H' - (S - 1)/2N$	$H'_{\max} = \ln S$	$J' = E(H')/H'_{\max}$	$C_1 = 1 - J' = 0,3$ $C_2 = 1/J' = 1,423$
VALORES	$H' = 3,037$ $E(H') = 3,024$	4,30	0,703	$C_1 = 0,3$ $C_2 = 1,423$

O Quadro 1 mostra os valores das medidas de Diversidade, Uniformidade e Dominância de Simpson e de Shannon – Weaver. Pelas medidas de Simpson, que variam no intervalo entre 0 (zero) e 1(um), a medida de concentração de dominância $C = 0,096$ é considerada um valor relativamente baixo, sendo inversamente proporcional às medidas de Diversidade ($D_s = 0,9034$) e Uniformidade ($U = 0,915$). Dessa forma, o nível de decaimento da curva mostrada na Figura 8, não caracterizou uma forte dominância pelas espécies mais abundantes. Em contrapartida, o valor de D_s que por sua vez é diretamente proporcional a U , mostram como as abundâncias das espécies estão próximas da diversidade máxima possível ($D_{Max} = 0,987$) o que, segundo BARROS (1986), demonstra que o povoamento estudado caracteriza-se por apresentar uma alta diversidade e uma concentração de dominância relativamente baixa.

Estes índices calculados, segundo Shannon – Weaver, apontam na direção das conclusões a que se chegou quando da aplicação dos índices de Simpson e, portanto, são válidas as mesmas argumentações.

Mesmo assim, sabe-se que o índice de Shannon- Weaver, expressa a uniformidade relativa entre todas as espécies e, por essa razão, é observado um aumento na medida de concentração de dominância $C_1 = 0,30342$, quando comparado com o índice de concentração de Simpson $C = 0,09655$ e, como consequência, uma redução nos índices de Diversidade e Uniformidade.

Utilizou-se o fator de correção 1,4427, da base neperiana para a base 2, com vistas a se fazer comparações dos índices registrados na Estação de Curuá-Una com outros resultados obtidos anteriormente na mesma área. Com tal conversão obteve-se um valor 4,381 para H' .

De um modo geral, os valores determinados, segundo Simpson e Shanoon-Weaver, para o Talhão 03 da Estação Experimental de Curuá-Una – considerando-se apenas indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$ – diferem muito pouco dos valores registrados por BARROS (1980) para o Talhão 19 da mesma área, quando levou-se em consideração uma amostra de indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$. O Quadro 2, mostra a congruência desses resultados.

Como se pode verificar, os índices referentes à Diversidade e Concentração de Dominância, embora ligeiramente inferiores, estão muito próximos dos valores registrados por BARROS (1986) para o Talhão 19 da mesma área em estudo. Quando da realização de seu trabalho, o autor comparou os resultados encontrados na referida Estação Experimental, com outros resultados encontrados numa floresta semidecídua do Caribe que, por sua vez, já tinham sido comparados com os valores registrados na floresta das Ilhas de Baixo Colorado no Panamá. Comparou, portanto, o valor $H' = 4,8$ registrado em Curuá-Una, com os valores $H' = 4,37$ e

$H' = 4,8$ registrados, respectivamente, no Caribe e Baixo Colorado. O autor mostrou, portanto, que a área objeto de seu estudo, é mais diversa do que a semiperene do Caribe estudadas por FORMAN & HAHN e, tão diversa quanto às florestas do Baixo Colorado no Panamá. Mostrou ainda, que o índice de Uniformidade determinado para a Estação de Curuá-Una, é bem inferior ao índice registrado no Caribe, fato este, que o levou a concluir que a alta diversidade encontrada na floresta tropical localizada no Planalto de Curuá-Una, se deve, em parte, ao elevado número de espécies tolerantes e intolerantes à sombra que vivem em associação conjunta no povoamento.

Dessa forma, pode-se utilizar os mesmos argumentos para descrever as características do Talhão 03, face a congruências dos valores determinados nos dois estudos. É importante ressaltar a coerência nos dois resultados, mesmo considerando-se as particularidades inerentes a cada um dos estudos.

Quadro 2: Comparação dos valores dos índices de Simpson e Shannon-Weaver para os Talhões 03 e 19 - Curuá-Una.

ÍNDICES DE	DIVERSIDADE DE ESPÉCIES		DIVERSIDADE MÁXIMA		UNIFORMIDADE		CONCENTRAÇÃO DE DOMINÂNCIA	
	Talh. 03	Talh. 19	Talh. 03	Talh. 19	Talh. 03	Talh. 19	Talh. 03	Talh. 19
Simpson	$D_s = 0,903$	0,868	$D_{Max} = 0,987$	0,995	$U = 0,91518$	0,873	$C = 0,0965$	0,1318
Shannon-Weaver	$H' = 3,037$ ou 4,3815	$H' = 3,326$ Ou 4,8	$H'_{Max} = 4,3$	5,24	$J' = 0,7026$	0,6308	$C_1 = 0,303$ $C_2 = 1,423$	0,369 1,585

4.4 ESCOLHA DAS ESPÉCIES

Em função do elevado número de espécies identificadas no Talhão 03 da Estação Experimental de Curuá-Una, optou-se pela redução do número de espécies, como forma de excluir as espécies pouco expressivas no povoamento e facilitar os estudos posteriores. Dessa forma a escolha das espécies, num primeiro momento, foi feita através do Índice de Valor de Importante – IVI para cada espécie, utilizando-se duas metodologias distintas:

i) A primeira, que define o IVI como uma combinação linear das variáveis Abundância Relativa (Ar), Dominância Relativa (Dr) e Frequência Relativa (Fr), a qual atribui pesos iguais a 1 (um) às mesmas;

ii) A segunda baseada na matriz de correlação entre as variáveis envolvidas, também é uma combinação linear das três variáveis em questão, mas atribui pesos distintos a cada uma dessas variáveis. Neste caso, determinou-se um IVI ponderado (IVIp), cujos coeficientes foram obtidos da seguinte forma:

1. Construiu-se uma tabela com as variáveis Abundância Relativa (Ar), Dominância Relativa (Dr) e Frequência Relativa (Fr) para todas as 74 espécies com $DAP \geq 45\text{cm}$ identificadas no Talhão 03;
2. Em seguida, utilizou-se o software SPSS 13.0 para o cálculo dos mesmos, com a seguinte sequência de operações: identificação do ícone **analyze**, escolha da opção Redução de Dados (Data Reduction), fator (Factor). A partir deste ponto define-se o método de extração e rotação, seguindo os mesmos passos de SANTANA (2002). Neste estudo tentou-se utilizar os métodos das **Componentes Principais** (Principal Components) e **Máxima Verossimilhança** para a extração dos fatores e o método VARIMAX, para a rotação dos mesmos. No entanto, só foi possível a utilização do método das Componentes Principais em virtude dos dados não seguirem uma distribuição normal e, portanto, não sendo possível a utilização do método da Máxima Verossimilhança que pressupõe a normalidade dos dados. A ponderação das variáveis seguiu os procedimentos já citados anteriormente: determinação da matriz de escores rotacionados, normalização desses escores, produto entre os escores normalizados e a proporção da variância explicada.

Assim, foram determinados dois índices de valor de importância baseados nas variáveis Ar, Dr e Fr e as correlações entre elas, com o objetivo de avaliar qual dos dois métodos é mais robusto para determinar o grau de importância das espécies dentro do povoamento. Os modelos utilizados e os resultados obtidos segundo os critérios mencionados, são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores do IVI, segundo os modelos convencional e ponderado.

Continua

ESPÉCIES	MODELO CONVENCIONAL		MODELO PONDERADO	
	IVI = $A_r + D_r + F_r$		IVI _p = $0,336A_r + 0,338D_r + 0,330F_r$	
	Valor	Ordem	Ordem	Valor
MAÇARANDUBA	53.60	1º	1º	17.90
CASTANHA DO PARÁ	28.57	2º	2º	9.545
ACAPU	24.06	3º	3º	8.240
ABIURANA sp	21.57	4º	4º	7.172
CUPIÚBA	15.33	5º	5º	5.097
TACHI	11.56	6º	6º	3.828
CASTANHA SAPUCAIA	11.07	7º	7º	3.686
MANDIOQUEIRA	10.92	8º	8º	3.629
FAVA	10.17	9º	9º	3.374
ANGELIM	9.73	10º	10º	3.246
PIQUIÁ	9.32	11º	11º	3.111
CUMARU	6.82	12º	12º	2.263
CUJARANA	6.68	13º	13º	2.214
QUARUBA	6.04	14º	14º	2.003
MUIRAÚBA	5.72	15º	15º	1.895
QUARUBARANA	4.82	16º	16º	1.597
TAUARI	4.50	17º	17º	1.489
AROEIRA	3.93	18º	18º	1.300
PAU DARCO	3.89	19º	19º	1.291
ITAÚBA	3.07	20º	20º	0.98
LOURO	2.82	21º	21º	0.931
BREU	2.70	22º	22º	0.893
UXIRANA	2.56	23º	23º	0.848
JUTAÍ	2.55	24º	24º	0.842
UXI LISO	2.54	25º	25º	0.842
MAPARAJUBA	2.54	26º	26º	0.839
MATÁ - MATÁ	2.39	27º	27º	0.790
INGÁ	2.17	28º	28º	0.718
AMAPÁ	1.94	29º	29º	0.643
CAJU - AÇU	1.81	30º	30º	0.599
ROSADINHO	1.78	31º	31º	0.587
PRECIOSA	1.52	32º	32º	0.503
UCUÚBA DA T.FIRME	1.30	33º	33º	0.429
MURURÉ	1.18	34º	34º	0.388
ARARACANGA	1.12	35º	35º	0.372
SUCUPIRA	1.05	36º	36º	0.348
MOROTOTÓ	0.95	37º	37º	0.315
FAVEIRA	0.93	38º	38º	0.307
MUIRAPIXUNA	0.86	39º	39º	0.285
ANDIROBA	0.85	40º	40º	0.282
BANANINHA	0.79	41º	41º	0.263
PARÁ - PARÁ	0.78	42º	42º	0.258
MUIRATAUÁ	0.73	43º	43º	0.241
GUARIÚBA	0.69	44º	44º	0.226
CEDRO VERMELHO	0.64	45º	45º	0.213
GLÍCIA	0.63	46º	46º	0.209
FAIEIRA	0.62	47º	47º	0.205
MARUPÁ	0.62	48º	48º	0.203

Tabela 6: Valores do IVI, segundo os métodos univariado e multivariados.

ESPÉCIES	MODELO CONVENCIONAL		MODELO PONDERADO		Conclusão
	IVI = $A_r + D_r + F_r$		IVIp = $0,336A_r + 0,338D_r + 0,330F_r$		
	Valor	Ordem	Ordem	Valor	
ENVIRA	0.61	49°	49°	0.202	
MACUCO	0.61	50°	50°	0.201	
COPAÍBA	0.56	51°	51°	0.184	
MAMORANA T. FIRME	0.49	52°	52°	0.161	
AXUÁ	0.47	53°	53°	0.155	
CAPITIÚ	0.45	54°	54°	0.151	
JOÃO MOLE	0.45	55°	55°	0.148	
CAQUI	0.43	56°	56°	0.142	
PAU JACARÉ	0.37	57°	57°	0.122	
PAJURA DA MATA	0.31	58°	58°	0.102	
CARAÍPE	0.28	59°	59°	0.091	
GOMBEIRA	0.26	60°	60°	0.085	
MUIRACATIARA	0.25	61°	61°	0.083	
SORVA GRANDE	0.25	62°	62°	0.083	
TENTO	0.24	63°	63°	0.080	
PAU BRANCO	0.23	64°	64°	0.075	
SERINGA ITAÚBA	0.17	65°	65°	0.055	
COPAIBARANA	0.13	66°	66°	0.055	
URUCURANA	0.13	67°	67°	0.045	
ANANI DA T. FIRME	0.13	68°	68°	0.045	
AXIXA	0.13	69°	69°	0.043	
AMARELINHO	0.13	70°	70°	0.041	
BACABINHA	0.12	71°	71°	0.041	
MURUCI DA MATA	0.12	72°	72°	0.040	
PAU C. GROSSA	0.12	73°	73°	0.040	
PENTE DE MACACO	0.12	74°	74°	0.040	

Como se pode observar os valores obtidos tanto pelo Índice de Valor de Importância convencional – IVIc quanto pelo Índice de Valor de Importância Ponderado – IVIp, variam apenas em termos da magnitude de seus valores, ficando inalterado o posicionamento das espécies. Vale ressaltar que as técnicas multivariadas utilizadas neste caso visavam apenas determinar o peso de cada variável (A_r , D_r e F_r) dentro do povoamento e, portanto, avaliar se tal procedimento produziria efeitos significativos quando da escolha das espécies. Evidentemente que na escolha das espécies, quando utilizado qualquer um dos métodos, é preciso considerar o fato de que deve existir um valor mínimo do IVIc que será utilizado como um critério para a exclusão das espécies menos representativas no povoamento. BARROS (1986), em seu trabalho usando o procedimento univariado, segmentou o IVIc em 4 classes. A primeira (I) compreendia as espécies com IVIc menores ou iguais que 0,99; a segunda (II) com valores entre 1,0 e 3,99 inclusos; a terceira, com âmbito variando de 4,0 a 14,99 e, por fim, a última classe, com valores maiores ou iguais a 15. Por esse critério o autor

trabalhou com um número de espécie que correspondia a 30,8% das espécies e 84,3% do Índice de Valor de Importância total. No presente estudo, foi utilizando o critério acima citado e obteve-se as seguintes classes de valores para o IVIc (Quadro 3).

Quadro 3: Distribuição em classes dos Índices de valor de Importância Convencional – IVIc, segundo critérios univariados.

CLASSES	SEGMENTAÇÃO	Nº DE ESPÉCIES	% DO IVIc TOTAL
I	0,00 - 0,99	38	5,55
II	1,00 - 3,99	19	14,29
III	4,00 - 14,99	12	32,45
IV	15 e mais	5	47,71

Pelo critério acima, foram excluídas 38 espécies pertencentes à Classe I, o que corresponde a 51,35% do total de espécies identificadas no Talhão 03 com DAP $\geq$ 45cm. Conseqüentemente, foram selecionadas 36 espécies pertencentes às demais classes o que equivale a 48,65% do total das espécies identificadas na área em estudo e, 94,45% do Índice de Valor de Importância total (Tabela 7).

Tabela 7. Espécies escolhidas pelo Índice de Valor de Importância Convencional – IVIc.

Continua						
ORDEM	ESPÉCIES	Indivíduos	Dr(%)	Ar(%)	Fr(%)	IVI _{Convencional}
1	MAÇARANDUBA	702	21.56	24.87	7.17	53.60
2	CASTANHA DO PARÁ	197	14.93	6.98	6.66	28.57
3	ACAPU	303	6.66	10.73	6.66	24.06
4	ABIURANA sp	258	5.92	9.14	6.52	21.57
5	CUPIÚBA	139	5.12	4.92	5.29	15.33
6	TACHI	117	2.42	4.14	5.00	11.56
7	CASTANHA SAPUCAIA	82	4.48	2.90	3.69	11.07
8	MANDIOQUEIRA	96	3.68	3.40	3.84	10.92
9	FAVA	89	2.96	3.15	4.06	10.17
10	ANGELIM	56	4.85	1.98	2.90	9.73
11	PIQUIÁ	46	5.01	1.63	2.68	9.32
12	CUMARU	139	2.05	1.81	2.97	6.82
13	CUJARANA	53	1.83	1.88	2.97	6.68
14	QUARUBA	40	2.01	1.42	2.61	6.04
15	MUIRÁUBA	56	1.13	1.98	2.61	5.72
16	QUARUBARANA	35	1.41	1.24	2.17	4.82
17	TAUARI	37	1.02	1.31	2.17	4.50
18	AROEIRA	29	1.02	1.03	1.88	3.93
19	PAU DARCO	25	1.41	0.89	1.59	3.89
20	ITAÚBA	23	0.780	0.81	1.45	3.07
21	LOURO	22	0.59	0.78	1.45	2.82

Tabela 7. Espécies escolhidas pelo Índice de Valor de Importância Convencional – IVIc.

ORDEM	ESPÉCIES	Indivíduos	Dr(%)	Ar(%)	Fr(%)	Conclusão
						IVI _{Convencional}
22	BREU	21	0.65	0.74	1.30	2.70
23	UXIRANA	22	0.48	0.78	1.30	2.56
24	JUTAÍ	19	0.57	0.67	1.30	2.55
25	UXI LISO	22	0.53	0.78	1.23	2.54
26	MAPARAJUBA	21	0.49	0.74	1.30	2.54
27	MATÁ - MATÁ	19	0.56	0.67	1.16	2.39
28	INGÁ	17	0.41	0.60	1.16	2.17
29	AMAPÁ	14	0.43	0.50	1.01	1.94
30	CAJU - AÇU	13	0.41	0.46	0.94	1.81
31	ROSADINHO	16	0.27	0.57	0.94	1.78
32	PRECIOSA	12	0.37	0.43	0.72	1.52
33	UCUÚBA DA T. FIRME	11	0.19	0.39	0.72	1.30
34	MURURÉ	9	0.21	0.32	0.65	1.18
35	ARARACANGA	9	0.23	0.32	0.58	1.12
36	SUCUPIRA	8	0.19	0.28	0.58	1.05
	TOTAL	2777	96.8458	95.25	91.2	283.37

Por outro lado, quando foram utilizados os mesmos intervalos (escala) propostos por BARROS (1986) aos resultados obtidos através do Índice de Valor de Importância Ponderado - IVIp, observou-se a exclusão de 55 espécies e retenção de somente 82,92% do IVIp total. O Quadro 4 mostra as classes do IVIp enquanto a Tabela 8 mostra as espécies selecionadas por tal índice.

Não é demais lembrar, mais uma vez, que o método multivariado utilizado neste caso, serviu apenas para determinar os pesos de cada variável dentro do povoamento e, assim, propiciar a criação de um ordenamento das mesmas. Note-se que para o Talhão 03, a variável mais importante é a Dominância Relativa, seguida da Abundância Relativa. O dendrograma da Figura 09 mostra um grau de similaridade da ordem de 97% entre as variáveis Ar e Dr e, de 90,56% entre elas e a Frequência Relativa (Fr).

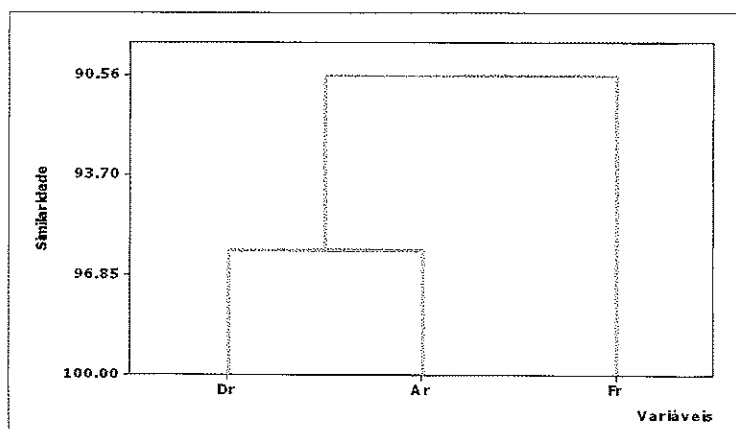


Figura 9. Dendrograma das variáveis Dr, Ar e Fr, baseado na Distância Euclidiana e Linkagem pelo método Ward.

Quadro 4: Segmentação em classes do Índice de valor de Importância Ponderado – IVIp.

CLASSES	SEGMENTAÇÃO	Nº DE ESPÉCIES	% DO IVI TOTAL	
I	0,00 - 0,99	55	17,08	
II	1,00 - 3,99	15	34,95	82,92
III	4,00 - 14,99	3	30,05	
IV	15 e mais	1	17,92	

Tabela 8: Espécies selecionadas pelo Índice de Valor de Importância. Ponderado- IVIp.

ORDEM	ESPÉCIES	Individ.	Dr	Ar	Fr	IVIp
1	MAÇARANDUBA	702	21.56	24.87	7.17	17.90
2	CASTANHA DO PARÁ	197	14.93	6.98	6.66	9.545
3	ACAPU	303	6.66	10.73	6.66	8.240
4	ABIURANA sp	258	5.92	9.14	6.52	7.172
5	CUPIÚBA	139	5.12	4.92	5.29	5.097
6	CASTANHA SAPUCAIA	82	2.42	4.14	5.00	3.828
7	MANDIOQUEIRA	96	4.48	2.90	3.69	3.686
8	ANGELIM	56	3.68	3.40	3.84	3.629
9	PIQUIÁ	46	2.96	3.15	4.06	3.374
10	TACHI	117	4.85	1.98	2.90	3.246
11	FAVA	89	5.01	1.63	2.68	3.111
12	CUMARU	51	2.05	1.81	2.97	2.263
13	CUIARANA	53	1.83	1.88	2.97	2.214
14	QUARUBA	40	2.01	1.42	2.61	2.003
15	MUIRAÚBA	56	1.13	1.98	2.61	1.895
16	QUARUBARANA	35	1.41	1.24	2.17	1.597
17	TAUARI	37	1.02	1.31	2.17	1.489
18	AROEIRA	25	1.02	1.03	1.88	1.300
19	PAU DARCO	29	1.41	0.89	1.59	1.291
	TOTAL	2411	89.47%	85.41%	73.42	82,88 (82,88%)

Pelo que se percebe, a utilização da escala proposta por BARROS (1986), trouxe algumas vantagens do IVIp sobre o IVIc. Note-se que o índice convencional utilizou-se de quase metade das espécies do povoamento para reter 94,45% do IVIc total. Enquanto isso, o índice ponderado utilizou-se de apenas um quarto das espécies para reter da ordem de 82,88% do IVIp total. Assim, percebe-se que o índice convencional mostrou uma tendência a superestimar os valores individuais do Índice de Valor de Importância Convencional – IVIc, uma vez que não leva em consideração o efeito das correlações existentes entre as variáveis originais. A Figura 10 mostra o comportamento do IVIc e IVIp. Note-se que na curva superior (IVIc) as primeiras 17 espécies já acumulam da ordem de 80% do IVIc, enquanto que na

curva inferior (IVIp), este valor é atingido com 29. Este fato mostra a superestimação do método univariado.

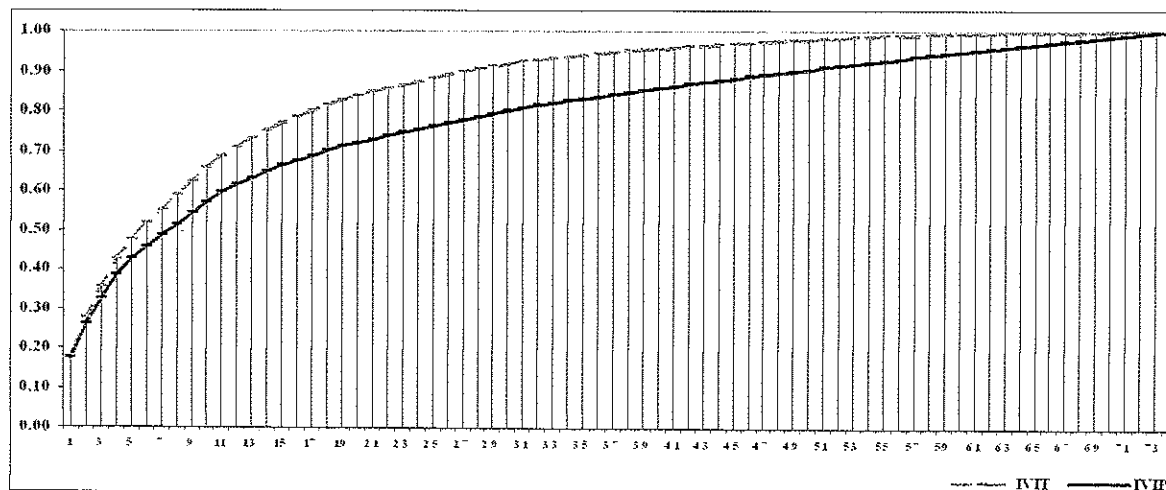


Figura 10: Ogiva de Galton para os valores do IVIc e IVIp.

Outro aspecto a ser destacado diz respeito à participação das espécies selecionadas pelos índices convencional (IVIc) e ponderado (IVIp). Em termos de Abundância e Dominância retidas quando da utilização do índice convencional, observou-se que dos 2823 indivíduos distribuídos nos 100% das espécies levantadas, 2675 dos mesmos estão incluídos nos 48,65% das espécies as quais foram selecionadas, ou seja, as 36 espécies selecionadas representam 94,75% da Abundância total e 96,85% da área basal total do povoamento.

Por outro lado, pelo índice ponderado, observou-se que dos 2823 indivíduos levantados, 2411 pertencem aos 25,68% das espécies as quais foram selecionadas, o que equivale dizer, que as 19 espécies selecionadas por tal método, concentram 85,4% da Abundância total e 89,5% da área basal dessa mesma área.

Observa-se, portanto, que uma redução de 47,22% (36 espécies selecionadas pelo método univariado para 19 espécies pelo método multivariado) no número de espécies selecionadas provoca uma perda de somente 9,35% na Abundância total e de apenas 7,35% na área basal total do povoamento.

Diante do exposto, decidiu-se priorizar a seleção obtida através do IVIp, por se considerar que tal índice, ao atribuir pesos diferentes às variáveis Dr, Ar e Fr, propicia uma visão mais realista do povoamento. Mesmo assim, questionou-se não só sobre a questão dos pesos atribuídos às variáveis, mas também, se apenas este número de variáveis é suficiente para produzir um índice capaz otimizar a escolha das espécies. Neste sentido, SANTOS et al (2004) em seu trabalho sobre distinção de grupos ecológicos através de técnicas multivariadas, preconiza que “uma análise envolvendo o maior número de variáveis é

fundamental para descrever e formular hipóteses sobre as inter-relações que regem os ecossistemas”. Este é o pensamento de muitos outros pesquisadores ligados a diversas áreas, que sentem a necessidade de considerar em seus trabalhos, as inter-correlações que possam existir entre todas as variáveis ligadas aos fenômenos em estudo. Questionou-se, portanto, se a entrada no modelo de outras variáveis como, por exemplo, o Volume Relativo, não criaria um modelo de seleção mais confiável do ponto de vista ecológico.

Assim, este estudo usando o mesmo método utilizado na determinação do IVIp, procurou determinar um ordenamento das espécies identificadas no Talhão 03, em função das quatro variáveis: Abundância Relativa (Ar), Dominância Relativa (Dr), Frequência Relativa (Fr) e Volume Relativo (Vr). Criou-se, portanto, um segundo índice de valor de importância ponderado, denominado de IVIv, com a inclusão do Volume Relativo.

Em primeiro lugar, verificou-se o peso de cada uma das quatro variáveis no povoamento. Os resultados mostram que a entrada do Volume quebra a hegemonia da Dominância Relativa verificada quando o mesmo estudo foi realizado somente com as variáveis: Ar, Dr e Fr. Este fato sugere que o volume, para o povoamento, é tão importante quanto qualquer outra variável que compõe o Índice de Valor Importância Ponderado – IVIp. Além do mais, observou-se que a entrada da nova variável (Vr) no modelo, produziu apenas uma redução no valor dos pesos, ou seja, os pesos eram aproximadamente iguais a 0,33 quando o índice foi calculado somente com as variáveis Ar, Dr e Fr e, foram reduzidos para aproximadamente 0,25 quando da inclusão da nova variável (Quadro 5). Percebeu-se, portanto, que os pesos das variáveis não apresentaram diferenças significativas e, dessa forma, os três índices produzem o mesmo nível de ordenação das espécies.

Quadro 5: Pesos das Variáveis Vr, Dr, Ar e Fr – Talhão 03

VARIÁVEIS	PESOS
Volume Relativo (Vr)	0.25197
Frequência Relativa (Fr)	0.25197
Dominância Relativa (Dr)	0.25064
Abundância Relativa (Ar)	0.24541

Neste ponto, é importante ressaltar que a metodologia empregada para o ordenamento das espécies selecionadas tanto pelo IVIp quanto pelo IVIv, levou em consideração apenas as correlações entre as variáveis Ar, Dr e Fr e Vr; não considerando, portanto, as correlações entre as espécies.

Dessa forma, decidiu-se fazer o ordenamento das espécies levando-se em consideração as correlações existentes entre elas, ou seja, fazer um ordenamento das espécies utilizando-se apenas técnicas multivariadas e sem considerar nenhuma função predefinida, como no caso do IVIc. Em outras palavras, o ordenamento foi feito considerando-se apenas os valores das variáveis Fr, Dr, Ar e Vr (no caso do IVIp e IVIv, determinou-se o peso dessas variáveis dentro no povoamento), para cada espécie. A combinação linear formada por esse novo ordenamento recebeu a denominação de Índice de Valor de Importância Ecológico – IVIe (Tabela 9).

Usou-se novamente, as Componentes Principais (para reduzir-se a dimensionalidade dos dados) como método de extração das cargas fatoriais, VARIMAX como método de rotação e o processo de normalização de KAISER (retém as componentes para $\lambda \geq 1$) como método de retenção das componentes mais expressivas. Tal procedimento visa, dentre outras coisas, melhorar a interpretação dos dados. O Quadro 6 mostra a matriz de autovalores (eigenvalue) bem como a proporção da variação total desses componentes. Como se pode verificar, as três primeiras componentes detém, juntas, 100% da variação total.

Quadro 6: Autovalores para as 74 componentes principais

COMPONENTES	AUTOVALORES	PROPORÇÃO DA VARIÂNCIA	PROPORÇÃO ACUMULADA
1	59.62236397	80.571	80.571
2	10.104838	13.655	94.226
3	4.272798034	5.774	100
.	0	0	100
.	0	0	100
.	0	0	100
74	0	0	100

As cargas fatoriais (autovetores) do Apêndice A, representadas pelos três primeiros componentes, mostram os pesos de cada variável na combinação linear formada, designadas por Y_1 , Y_2 e Y_3 . É fácil verificar pelo Quadro 6, que o primeiro componente retém 80,57% da variação total e, pelo Apêndice A, fica claro que as espécies com poucos indivíduos são as que possuem os maiores pesos (em percentagem), ou seja, mostram que o povoamento é dominado por espécies consideradas raras (BARROS, 1986). Note-se que da ordem de

66,22% (49) das espécies, possuem menos de 20 elementos distribuídos nos 100 hectares do Talhão.

De posse das cargas fatoriais apresentadas no Apêndice A, criou-se um ordenamento das espécies em função das correlações existentes entre as mesmas, seguindo o mesmo procedimento quando do cálculo do IVIp. A Tabela 9 mostra este ordenamento para as 74 espécies e comprova a dominância das espécies menos frequentes. Já a Tabela 10, mostra o ordenamento para as 19 espécies selecionadas pelo IVIp. Note-se que a ordem é praticamente o inverso do ordenamento observado tanto pelo IVIc quanto pelo IVIp. É importante ressaltar, que o ranking determinado através da combinação das técnicas multivariadas Análise de Componentes Principais e Análise de Fator, leva em consideração as correlações entre as variáveis como um todo e, portanto, mostra o grau de importância de todas as espécies em relação às demais.

Tabela 9. Ordenamento para as 74 espécies identificadas no Talhão 03, segundo as técnicas multivariadas - IVIe.

Continua

ORDEM	ESPÉCIES	PESOS(%)	Nº DE INDIV.
1	TAUARI	0.01502	37
2	UXI LISO	0.01499	22
3	MATÁ - MATÁ	0.01498	19
4	MUIRATAUÁ	0.01497	6
5	MUIRAPIXUNA	0.01493	7
6	PRECIOSA	0.01493	12
7	BREU	0.01491	21
8	MAPARAJUBA	0.01484	21
9	UXIRANA	0.01484	22
10	ARARACANGA	0.01484	9
11	LOURO	0.01483	22
12	MAMORANA T. FIRME	0.01480	4
13	JUTAI	0.01477	19
14	ITAÚBA	0.01469	23
15	INGÁ	0.01469	17
16	AROEIRA	0.01467	29
17	CARAIPE	0.01464	2
18	COPAÍBA	0.01464	4
19	AMAPÁ	0.01464	14
20	GUARIÚBA	0.01463	5
21	CAJU - AÇU	0.01463	13
22	MOROTOTÓ	0.01463	7
23	COPAIBARANA	0.01461	1
24	URUCURANA	0.01461	1
25	CUJARANA	0.01454	53
26	CAQUI	0.01454	3
27	PAJURA DA MATA	0.01453	3
28	MUIRAÚBA	0.01453	56
29	SUCUPIRA	0.01452	8

Tabela 9. Ordenamento para as 74 espécies identificadas no Talhão 03, segundo as técnicas multivariadas - IVIe.

ORDEM	ESPÉCIES	Conclusão	
		PESOS(%)	Nº DE INDIV.
30	ANANI DA T. FIRME	0.01450	1
31	ROSADINHO	0.01448	16
32	MURURÉ	0.01447	9
33	PARÁ - PARÁ	0.01447	6
34	FAVEIRA	0.01441	9
35	GOMBEIRA	0.01440	2
36	UCUÚBA DA T. FIRME	0.01435	11
37	GLÍCIA	0.01429	5
38	AXIXA	0.01425	1
39	JOÃO MOLE	0.01425	5
40	MUIRACATIARA	0.01423	2
41	AMARELINHO	0.01422	1
42	SORVA GRANDE	0.01421	2
43	BACABINHA	0.01416	1
44	TACHI	0.01414	117
45	MARUPÁ	0.01408	5
46	PAU JACARÉ	0.01404	3
47	MURUCI DA MATA	0.01404	1
48	QUARUBARANA	0.01403	35
49	ENVIRA	0.01403	5
50	PAU C. GROSSA	0.01399	1
51	MACUCO	0.01398	5
52	PAU BRANCO	0.01394	2
53	TENTO	0.01394	2
54	PENTE DE MACACO	0.01389	1
55	CAPITIU	0.01384	3
56	CUMARU	0.01376	51
57	AXUÁ	0.01372	4
58	FAIEIRA	0.01345	4
59	FAVA	0.01344	89
60	BANANINHA	0.01272	5
61	CEDRO VERMELHO	0.01239	4
62	QUARUBA	0.01221	40
63	CASTANHA DO PARÁ	0.01172	197
64	SERINGA ITAÚBA	0.01128	1
65	MAÇARANDUBA	0.01125	702
66	PAU DARCO	0.01048	25
67	MANDIOQUEIRA	0.00992	96
68	ANDIROBA	0.00976	10
69	CUPIÚBA	0.00962	139
70	PIQUIÁ	0.00952	46
71	ANGELIM	0.00921	56
72	ABIURANA sp	0.00729	258
73	CASTANHA SAPUCAIA	0.00656	82
74	ACAPU	0.00568	303

Seguindo o procedimento de cálculo descrito acima, também foi obtido um ordenamento para as 19 espécies escolhidas pelo IVIp. Note-se que o posicionamento das espécies é extremamente alterado (Tabela 10).

Tabela 10. Ordenamento das 19 espécies através do IVIp e os métodos multivariados.

ESPÉCIES	Pesos	ORDENAMENTO	
		Pelos Métodos multivariados	Pelo IVIp
MUIRAÚBA	0.0596	1º	15º
AROEIRA	0.0595	2º	19º
CASTANHA SAPUCAIA	0.0590	3º	6º
ACAPU	0.0588	4º	3º
ANGELIM	0.0586	5º	8º
CUPIÚBA	0.0572	6º	5º
TAUARI	0.0568	7º	17º
ABIURANA sp	0.0561	8º	4º
QUARUBA	0.0561	9º	14º
PIQUIÁ	0.0551	10º	9º
CASTANHA DO PARÁ	0.0537	11º	2º
CUIARANA	0.0516	12º	13º
PAU DARCO	0.0509	13º	18º
CUMARU	0.0466	14º	12º
MANDIOQUEIRA	0.0459	15º	7º
MAÇARANDUBA	0.0457	16º	1º
QUARUBARANA	0.0454	17º	16º
FAVA	0.0419	18º	11º
TACHI	0.0415	19º	10º

Os resultados apresentados na Tabela 10 mostram claramente que a escolha das espécies tanto pelo IVIc (Tabela 7) quanto pelo o IVIp (Tabela 8), tendem a priorizar as espécies com o maior número de elementos, ou seja, tais métodos não atribuem nenhuma importância às espécies raras. Observe-se que quando a escolha é feita em função das correlações entre as espécies (Tabela 10), o ordenamento é completamente diferente daqueles apresentados nas Tabelas 7 e 8. Tome-se como exemplo a maçaranduba que passa do primeiro lugar, quando se consideram as variáveis Abundância Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa, para décimo sexto lugar, quando as correlações entre as espécies são consideradas.

4.5 PADRÃO ESPACIAL

Os padrões espaciais para as 19 espécies selecionadas pelo o IVIp (Tabela 11), foram estudados e a interpretação desses padrões foi obtida através da razão Variância/Média e o

Índice de agregação de Morisita. Já a significância foi avaliada através do teste Qui-quadrado com nível de confiança de 95%.

A interpretação dos padrões espaciais dessas 19 espécies florestais, mostrou que 7 (36,84%) apresentou padrão de distribuição gregário, 4 (21,05%) tendência a agrupamento, 4 (21,05%) aleatória, 3 (15,8%) com tendência aleatória e apenas 1 (5,26%) com tendência a uniformidade.

Os resultados obtidos neste estudo são congruentes com os resultados obtidos por BARROS (1986) para o Talhão 19, quando identificado que as espécies pertencentes a esse Talhão apresentavam, em sua maioria, padrão espacial gregário ou com tendência ao agrupamento.

Estes resultados não condizem com os resultados dos estudos realizados por HEINSDIJK(1961)³ na Amazônia Brasileira, o qual demonstra que o padrão espacial dominante é o aleatório. A mesma fonte assevera que os resultados obtidos na Estação de Curuá-Una, são pertinentes com outros resultados obtidos por vários outros autores em estudos realizados na Amazônia em que mostram a prevalência de padrões de distribuições agregadas e/ou com tendência ao agrupamento e a escassez de padrões de distribuição uniformes para as espécies de árvores em florestas tropicais. O autor observou ainda que a combinação da existência de uma alta diversidade de espécies, com muitas espécies com padrões de distribuição gregários e com tendência ao agrupamento, indica que outros mecanismos além dos citados na literatura como o das espécies de predadores específicos que influenciam a ocorrência de padrões de distribuição regular, microhabitat, etc., são importantes na formação desses padrões de distribuição gregário. Cita que a ausência de grandes variações de luminosidade dentro da floresta, as condições de solo, água e tipo de dispersão das sementes parecem exercer um maior controle nos padrões de distribuições espaciais das espécies em florestas tropicais.

³ HEINSDIJK, D. Forest survey in the Amazon Valley. *Unasylva* 16: 167 – 174, 1961.

Tabela 11: Padrões de Distribuição Espacial das 19 espécies selecionadas pelo critério do Índice de Valor de Importância Ponderado – IVIp.

ESPÉCIES	NÚMERO DE INDIVÍDUOS															RAZÃO σ^2/μ	Índice de Morisita	χ^2	Padrão de Distribuição Espacial
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ABIURANA sp	10	25	26	11	11	8	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1.53	151.66	Agrupado
ACAPU	8	15	24	16	19	7	6	2	0	1	1	0	1				1.53	151.65	Tend. a Agrupamento
ANGELIM	60	30	8	0	1	0	1										1.49	147.02	Agrupado
AROEIRA	74	23	3														0.92	91.41	Aleatório
CASTANHA DO PARÁ	8	31	34	13	11	3											0.99	97.99	Aleatório
CASTANHA SAPUCAIA	49	31	12	6	1	1											0.75	74.48	Agrupado
CUIARANA	59	33	4	4													1.00	99.00	Tend. a Agrupamento
CUMARU	59	33	6	2													1.08	106.85	Aleatório
CUPIÚBA	27	37	15	14	5	2											0.96	95.41	Tend. a Agrupamento
FAVA	44	32	15	9													0.97	95.97	Tend. Aleatório
MAÇARANDUBA	1	1	7	7	12	11	5	8	16	8	11	5	2	0	2	4	0.97	95.97	Tend. Aleatório
MANDIOQUEIRA	47	32	10	6	2	2	0	0	1								1.47	145.97	Agrupado
MUIRAÚBA	64	23	5	1													0.97	95.97	Agrupado
PAUDARCO	78	19	3														1.00	99.00	Aleatório
PIQUIÁ	63	31	3	3													1.00	99.00	Tend. a Agrupamento
QUARUBA	64	32	4														1.27	125.27	Tend. Uniforme
QUARUBARANA	70	27	2	0	1												0.82	81.13	Agrupado
TACHI	31	43	13	8	3	0	2										0.93	91.93	Agrupado
TAUARI	70	23	7														1.31	129.39	Tend. Aleatório

DAP $\geq$ 45cm do Talhão 03 da Estação Experimental de Curuá – Una, segue tal distribuição. Para tanto foi criada as seguintes hipóteses:

H_0 : as distribuições de uma floresta tropical nativa e de um estrato particular dessa floresta, são iguais;

H_1 : essas distribuições divergem significativamente.

O passo seguinte, consistiu na utilização da rotina **Individual Distribution Identification** do software MINITAB 14.0, que permite identificar a distribuição de qualquer série de dados, com um determinado nível de confiança. A Figura 13 mostra claramente, a nível de 95%, que a distribuição diamétrica das 74 espécies identificadas no Talhão 03, não segue a distribuição de Weibull.

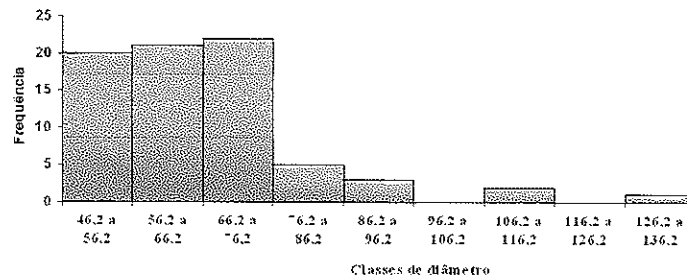


Figura 11. Distribuição diamétrica das 74 espécies identificadas no Talhão 03

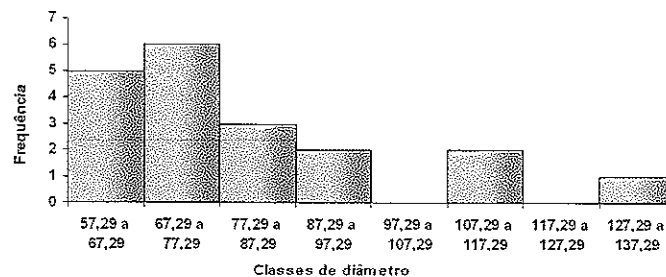


Figura 12. Distribuição diamétrica das 19 espécies selecionadas pelo IVI_p

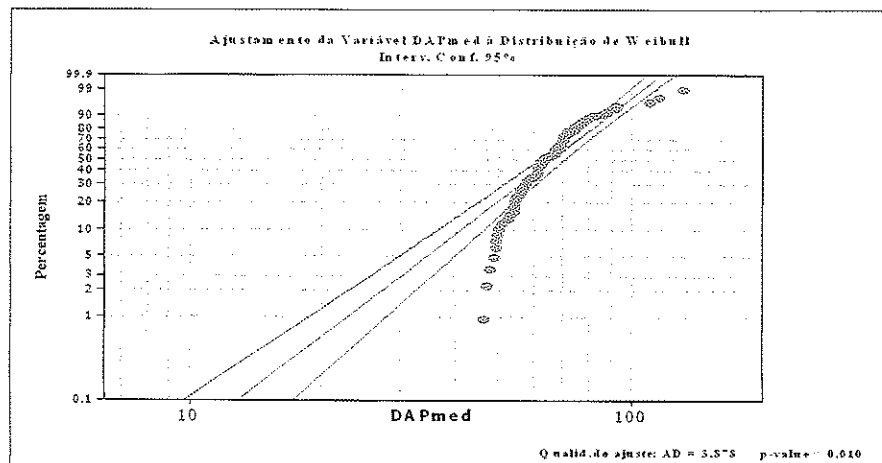


Figura 13: Ajuste da distribuição diamétrica das 74 espécies à Distrib. Weibull

O estudo também fez referência às distribuições diamétricas tanto das 19 espécies selecionadas pelo IVI_p quanto do total de espécies identificadas no Talhão 03. Para tanto, foi usado o mesmo critério utilizado por BARROS (1986) quando na oportunidade trabalhou com classes de diâmetro de 10cm de amplitude. A partir daí, cada classe de diâmetro foi criada através da rotina RECODE existente no software SPSS 13.0, que permite a criação das classes e automática alocação dos indivíduos nas mesmas. Criou-se assim, as distribuições de frequência para os dois casos (Tabela 12).

Tabela 12. Distribuição de Frequência para o total (74) de espécies e para as 19 espécies selecionadas.

TOTAL DAS 74 ESPÉCIES			19 ESPÉCIES SELECIONADAS PELO IVI_p		
CLASSES	F	Fac	CLASSES	F	Fac
46.2 — 56.2	20	20	57.29 — 67.29	5	5
56.2 — 66.2	21	41	67.29 — 77.29	6	11
66.2 — 76.2	22	63	77.29 — 87.29	3	14
76.2 — 86.2	5	68	87.29 — 97.29	2	16
86.2 — 96.2	3	71	97.29 — 107.29	0	16
96.2 — 106.2	0	71	107.29 — 117.29	2	18
106. — 116.2	2	73	117.29 — 127.29	0	18
116.2 — 126.2	0	73	127.29 — 137.29	1	19
126.2 — 136.2	1	74			
Soma	74		Soma	19	

Nota: F = Frequência Simples Fac = Frequência Acumulada

Como se percebe as duas distribuições são bastante semelhantes no que se refere à forma. Note-se que em ambos os casos, a maioria dos indivíduos estão concentrados nas classes inferiores, diminuindo sua ocorrência à medida que se avança para as classes de maiores diâmetros. Dessa forma, fica evidente a convergência da distribuição das 19 espécies selecionadas com a distribuição das 74 espécies como um todo (Figuras 11 e 12). Outro aspecto abordado neste estudo foi procurar identificar se a distribuição de um estrato particular de um povoamento seguia a mesma distribuição da floresta quando são considerados todos os estratos. Para muitos autores, entre eles ORLÓCI (1978) e O'BRIEN & O'BRIEN (1995), a distribuição de florestas tropicais nativas segue a distribuição de Weibull. Assim, foi feito um estudo para avaliar se a distribuição dos indivíduos com

4.6 ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES

O sentido do termo associação usado neste estudo, é o mesmo utilizado por ORLÓCI (1978) e BARROS (1986), como sendo uma medida de similaridade de ocorrência de duas espécies. BARROS (1986) utilizou em seu trabalho, o Índice de associação interespecífica de Cole modificado por Hurlbert e corrigido por Ratliff, para avaliar os níveis de associação entre pares de espécies.

Dessa forma, foram determinadas todas as combinações possíveis (num total de 171 pares não repetidos) para as 19 espécies escolhidas no Talhão 03. Dessas combinações foram escolhidas apenas aquelas que apresentaram um qui-quadrado significativo a nível de 5%, quando os dados de presença/ausência foram arranjados numa tabela de contingência 2X2.

Segundo BARROS (1986), esses índices variam de -1 a +1 e indicam tanto o grau de associação quanto a natureza, isto é, associação positiva ou negativa. O autor frisa ainda que a associação é dita ser negativa quando o número observado de quadras com somente uma das espécies é maior do que o esperado.

Tabela 13: Associação interespecífica das espécies que apresentaram os maiores graus, segundo o Índice Modificado de Cole e corrigido por Ratliff.

ASSOCIAÇÃO INTERESPECÍFICA ENTRE ESPÉCIES		GRAU DE ASSOCIAÇÃO
ABIURANA	QUARUBARANA	-0,41
ACAPU	ANGELIM	-0,34
	CUPIÚBA	-0,53
	FAVA	-0,41
	MUIRAÚBA	-0,22
	QUARUBARANA	-0,27
	TAUARI	-0,27
ANGELIM	AROEIRA	-0,23
	CUPIÚBA	-0,38
	QUARUBA	-0,16
AROEIRA	CASTANHA DO PARÁ	-0,47
	CUIARANA	-0,24
	CUMARU	-0,43
	FAVA	-0,10
	QUARUBA	-0,14
CASTANHA DO PARÁ	MUIRAÚBA	-0,41
	MANDIOQUEIRA	-0,12
CUMARU	PIQUIÁ	-0,14
	QUARUBA	-0,11
CUPIÚBA	PIQUIÁ	-0,23
MANDIOQUEIRA	MUIRAÚBA	-0,21
MUIRAÚBA	QUARUBARANA	-0,25
PAU D'ARCO	TAUARI	-0,23
PIQUIÁ	QUARUBA	-0,10
	QUARUBARANA	-0,10
	TACHI	-0,18
	TAUARI	-0,27

A análise de todas essas possíveis combinações de pares de espécies, mostrou que aproximadamente 15,78% (os índices mais expressivos) dos mesmos são associados negativamente. Mesmo assim, considerando-se o âmbito do Índice Interespecífico, pode-se dizer que os níveis de associação para indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$ são pouco expressivos. Estes resultados divergem muitos dos resultados obtidos por BARROS (1986) tanto no que diz respeito às espécies quanto a magnitude dos valores dos índices obtidos (Tabela 13).

4.7 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (Cluster)

A análise de grupamento usada neste estudo teve como objetivo principal, criar grupos de espécies similares no que diz respeito às variáveis **Ar**, **Dr**, **Fr** e **Vr**. Decidiu-se criar quatro grupos distintos usando-se o método de linkagem Ward e a Medida de Distância Euclidiana com valores normalizados. No Quadro 07 são apresentados os quatro grupos formados através da análise de agrupamento. Note-se que o primeiro grupo, com apenas 4 espécies, absorve 51,72% do total de elementos identificados na área em estudo, enquanto o quarto, com metade das espécies, absorve apenas 4,43% desses indivíduos. O Dendrograma da Figura 14 mostra o posicionamento de cada grupo em função da similaridade bem como as espécies que compõe cada grupo.

Quadro 7: Grupos formados através do Método de Ward e Distância Euclidiana com valores normalizados.

GRUPOS	QUANTIDADE DE ESPÉCIES	NÚMERO DE ELEMENTOS	PERCENTAGEM DE ELEMENTOS
I	4	1460	51,70
II	15	951	33,69
III	18	287	10,17
IV	37	125	4,43
SOMA	74	2823	100

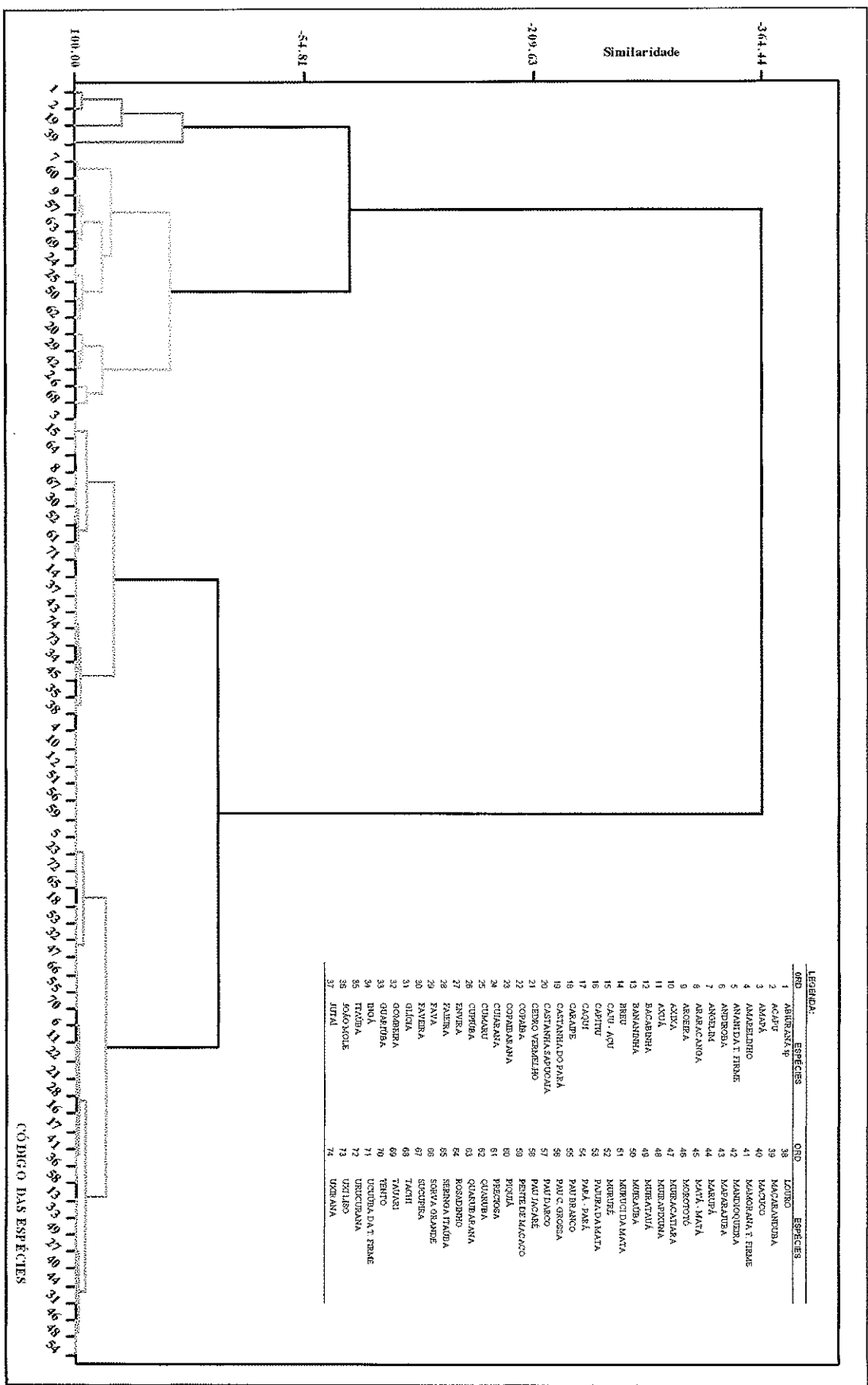


Figura 14: Dendrograma para as 74 espécies florestais do Talhão 03 – Estação de Curitiba -Una.

4.8 ANÁLISE DISCRIMINANTE

A análise discriminante foi utilizada neste trabalho para avaliar a pertinência dos grupos formados através da análise de agrupamento. Foi considerado que as variáveis envolvidas tenham Distribuição Normal Multivariada e mesma variância. Decidiu-se retirar a variável V_r (Volume médio relativo) da análise por ser altamente correlacionada ($\text{Correl.} = 1$) com a variável F_r (Frequência Relativa) o que fere um dos pressupostos da análise discriminante.

Utilizou-se o método de Fisher para mais de dois grupos e o Método Linear de Classificação. Dessa forma, as 74 espécies foram divididas em quatro grupos, a saber, grupo 1 com 4 indivíduos, grupo 2 com 15, grupo 3 com 18 elementos e o grupo 4 com 37 elementos. O Quadro 07 mostra o resultado da classificação bem como as funções discriminantes para cada grupo. Observe-se que as funções Y_1 e Y_4 foram as que melhor discriminaram.

Quadro 8: Matriz de classificação a posteriori

GRUPO DE ORIGEM	VERDADEIRO GRUPO				TOTAL
	1	2	3	4	
1	4	0	0	0	
2	0	13	0	0	
3	0	2	15	0	
4	0	0	3	0	
Número Total	4	15	18	37	74
Classificação correta	4	13	15	37	69(93,24%)
Proporção	1,00	0,87	0,83	1,00	
<u>Grupo</u>	<u>Função discriminante</u>				
1	$Y_1 = -87,758 + 1,887D_r + 0,240A_r + 22,105F_r$				
2	$Y_2 = -18,174 + 0,497D_r - 1,055A_r + 12,080F_r$				
3	$Y_3 = -1,953 - 0,077D_r - 0,254A_r + 4,056F_r$				
4	$Y_4 = -0,1002 - 0,028D_r - 0,052A_r + 0,926F_r$				

Como se percebe apenas 5 elementos dos grupos 2 e 3, foram classificados erroneamente, ou seja, dois indivíduos (Andiroba e Breu) foram inicialmente classificados como pertencentes ao grupo 2 quando deveriam ter sido classificados no grupo 3. Da mesma forma, 3 indivíduos do grupo 3 (Cedro, Cuiarana e Ingá), foram classificados inicialmente com integrantes do grupo 3 quando deveriam ter sido classificados no grupo 4. Assim, pode-se dizer que a classificação feita através da análise de grupamento é pertinente pois em 93,2% dos casos fez uma classificação correta das espécies em função das Distâncias Euclidiana.

5 CONCLUSÕES

Dos resultados das análises realizadas sobre os indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$ pertencentes aos 100 hectares do Talhão 03 da Estação Experimental de Curuá-Una, pode-se concluir sobre os seguintes aspectos:

1) Composição Florística

A composição florística da área em estudo é formada por 74 espécies distribuídas em 40 famílias. As 6 famílias mais frequentes – Sapotaceae, Leguminosae/Caesalpinoideae, Lecythidaceae, Vochysiaceae, Leguminosae/Mimosoideae, Celastraceae – concentram aproximadamente 80% dos indivíduos do povoamento o que mostra uma forte concentração dessas famílias.

2) Espécie/Abundância

Com relação espécie/abundância, os resultados mostraram que a distribuição dos indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$, foi explicada tanto pela distribuição logarítmica quanto pela lognormal. Neste caso, foi possível concluir que o estrato arbóreo em estudo, representa apenas parte de uma distribuição logarítmica.

3) Diversidade, Uniformidade e Concentração de Dominância.

Com relação a Diversidade, Uniformidade e Concentração de Dominância, pode-se concluir que a área em estudo (mesmo considerando-se os indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$) possui uma alta diversidade de espécies e uma concentração de dominância relativamente baixa.

4) Padrão Espacial das Espécies

O estudo da distribuição espacial das 19 espécies mostrou que a distribuição dos valores observados é simplesmente uma parte da cauda da distribuição de Weibull. Dessa forma, é possível afirmar que a estrutura de uma floresta nativa é profundamente afetada com a subtração de um de seus estratos.

5) Associação das Espécies

A população estudada mostrou a existência de baixos (a maioria tendendo a zero) graus de associação, tanto positivos quanto negativos, entre as espécies. Mostrou ainda que o grau de associação entre pares de espécies para indivíduos com $DAP \geq 45\text{cm}$, são significativamente diferentes dos graus de associação dos indivíduos com $DAP \geq 5\text{cm}$.

6) Escolha das Espécies.

Dos resultados obtidos tanto pelo IVIc quanto pelo IVIp e IVIv pode-se inferir que os três priorizam quase sempre as espécies mais abundantes, sem a preocupação com os aspectos ecológicos do povoamento. Conclui-se, portanto, que o grau de importância das espécies dentro de um povoamento, necessita ser expresso em função das correlações entre elas

7) Ordenação das Espécies

O ordenamento de todas as 74 espécies do povoamento através das técnicas multivariadas é o inverso ao grau de prioridade das espécies, quando o ordenamento foi obtido através dos índices IVIc e IVIp. Pode-se concluir que tal procedimento representa melhor as características do povoamento por considerá-lo como um todo.

8) Análise de Agrupamento (Cluster)

A Análise de Agrupamento, utilizando-se de indicadores fitossociológicos, é uma ferramenta que pode ser utilizada tanto na classificação de espécies vegetais quanto em qualquer outro fenômeno vegetacional.

8) Análise Discriminante

O nível de discriminação dos quatro grupos, obtidos através da Análise Discriminante, mostrou a eficácia da técnica no que diz respeito à segmentação de grupos homogêneos, uma vez que conseguiu classificar corretamente 93,24% dos indivíduos pertencentes aos grupos formados pela Análise de Agrupamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T.W. An Introduction to multivariate statistical analysis. 2 Ed. New York. John Wiley & Sons. 1984.
- ARAGÓN, L. E. Amazônia: Questões Globais e Regionais. In: Ferreira, E. J. G., et. al. (Eds.) **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: INPA. Vol. 2, p. 243-248, 1993.
- BAILEY, R.L. & DELL, T.R. **Quantifying diameter distributions with the Weibull function**. For.Sci., 19 (2) : 97 – 104, 1973.
- BARROS, P. L. C. de. **Classificação de dados vegetacionais**: trabalhos acadêmicos – Apresentação. Curitiba – Paraná, 1994. 30p.
- BARROS, P. L. C. de. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto de Curuá-Una, Amazônia Brasileira**. UFPr, Curitiba. Tese de Doutorado, 147p, 1986.
- BARROS, P. L. C de. **Estudo da Distribuição Diamétrica da Floresta do Planalto do Tapajós – Pará**. UFPr, Curitiba. Dissertação de Mestrado, 123p, 1980.
- BARROS, A.V. de. **Análise estrutural de uma floresta situada no planalto de Curuá-Una- Pará**. FCAP, Belém. Dissertação de Mestrado, 114p, 1996.
- BARROSO, L.P & ARTES, R. **Análise multivariada**. 48ª Reunião da RBRAS e 10º SEAGRO. Universidade Federal de Lavras – MG. 2003.
- CAINE, S.A & CASTRO, G.M de O. **Application of some phytosociological techniques to Brazilian Rain Forest**. *Amer. J. Bot.*, 43(3) : 205 – 217, 1956.
- CAIRNS, S.J; SCHWAGER, S.J. **A comparison of association indices**. *Animal Behaviour*. New York , 1987, 35, 1454-1469.
- CHATFIELD, C; COLLINS, A. J. **Introduction to multivariate analysis**. London, p.245, 1980.
- DUNTEMAN, George H. **Principal components analysis**. University of Iowa – USA., p.69, 1987.
- EVERITT, B. **Cluster analysis**. 2 Ed. New York. John Wiley & Sons, 1980.
- FLURY, BERNHARD. **Common principal components and related multivariate models**. USA. John Wiley & Sons. 1951.
- GLUTTER, J. & BENNETT, F.A. **Diameter distributions in old field slash pine plantations**. Ga. For. Res. Coune Rep., 13, 1965. 9 p.

JARDIM, F. C. S.; HOSOKAWA, R. T. **Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA.** Acta Amazônia, 16/17, p.411-508, 1986/1987. Disponível no Site www.scielo.br

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W.. **Applied multivariate statistical analysis.** 2a. ed. Prentice Hall. 641p., 1988.

KALLMAN, M.C. **Plant geography.** London, Methuen, 1975. 135 p.

LAMPRECHT, H. **Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental Del Bosque Universitario “El Caimital” – Estado Barinas –** Ver. For. Venez., 7 (10 – 11) : 77-119, 1964.

LEEMIS, L.M. Relationships Among Common Univariate Distributions. The American Statistician. Vol. 40, nº 2. 1986.

LOPES, C.A.C; PEDROSO, L.M. **Estudo da regeneração natural com espécies tropicais de rápido crescimento na região do trópico úmido brasileiro.** Trabalho apresentado no “Simpósio IUFRO em melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento – Águas de São Pedro – São Paulo, 1980. 17p

MacARTHUR, R.H. **On the relative abundance of bird species.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., v.45, p.293-295, 1957.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis.** Great Britain. Academic Press Limited. 1979.

MELLO, J. M. de; FILHO, A.T.O; SCOLFORO, J. R. S. **Comparação entre procedimentos de Amostragem para Avaliação Estrutural de um Remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana.** Ufla. Lavra, 1996. 15p. Disponível no Site www.dcf.ufla.br/. Acessado em 2005.

MEYER, H.A. **Structure, growth and drain in balanced unevenaged forest.** J. For., nº 21, p.98-108, 1952.

MOOD, A.M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D.C. **Introduction to the theory of statistics,** Mc Graw Hill International Editions, Statistics Series, 3rd ed. 1974.

MORAES, R.R. de, **Paisagens naturais brasileiras – floresta amazônica e mata atlântica,** Guarujá-SP, 2004. Disponível no Site <http://geocities.yahoo.com.br/>. Acessado em 2005.

OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. **Floristic and phytosociology of a slope forest in central Amazonia, Amazonas, Brazil.** Acta Amazônia, 2004, vol.34, no.1, p.21-34. ISSN 0044-5967.

ORLÓCI, J. M. **Multivariate analysis in vegetation research.** Boston. Dr.W.Junk, B.V., 451p, 1978.

PIRES-O'BRIEN, M. J.; O'BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais.** Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1995. 400p.

POOLE, R.W. An introduction to quantitative ecology. Mc Graw-Hill. New York, 532p., 1974.

PRESTON, F.W. The commonness and rarity of species. Ecology, 29: 254 – 283, 1948.

QUEIROZ, W.T. de. **Inventário florestal no processo de pós-estratificação multidimensional**. Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, nº 23, p. 7-21, jan/jun. 1995.

RAMALHO, R. **Os Segredos da biodiversidade**. Ciência Hoje. Rio de Janeiro, 2001. Disponível no Site www.uol.com.br/cienciahoje/especiais/Amazonia. Acessado em 2004.

REIS, E. Estatística Multivariada Aplicada. 2 Ed. Lisboa. Gráfica Manoel Barbosa & Filhos. 2001.

SANTANA, A.C. de. Análise da comercialização e dos custos na cadeia produtiva de leite na Amazônia. In: SANTANA, Antonio Cordeiro de; AMIN, M. M.. (Org). **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Belém, 2002, p. 71-117.

SANTOS, J.H.S.; FERREIRA, R.L.; SILVA, J.A.A.; SOUZA, A.L. de; SANTOS, E.S.; MEUNIER, I.M.J. **Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas**. R. Árvore, Viçosa. Mg, v.28, n.3, p.387-396.

SABER, G.A.F. **Multivariate observations**. John Wiley e Sons. New York. 1984.

SOUZA, A. L. de; SCHETTINO, S.; JESUS, R. M. de. **Natural regeneration dynamics of a secondary dense ombrophylous forest, after vine cutting at Vale do Rio Doce S.A. Natural Reserve in Espírito Santo, Brazil**. Rev. Árvore, July/Aug. 2002, vol.26, no.4, p.411-419. ISSN 0100-6762.

SUDAM. **Plano de manejo sustentado para a floresta do planalto da Estação Experimental de Curuá-Una**. Convênio SUDAM/FCAP. Relatório Final, Belém, vol. 01, 1989, 75p.

SOUZA, D. R. de, SOUZA, A. L. de, GAMA, J. R. V. **Multivariate analysis for vertical stratification of uneven-aged forests**. Revista Árvore, Jan./Feb. 2003, vol.27, no.1, p.59-63. ISSN 0100-6762.

7 APÊNDICE

Apêndice A - Matriz de componentes rotacionados (Cargas Fatoriais), segundo o número de indivíduos e as espécies – Talhão 03.

ORDEM	ESPÉCIES	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Continua
					INDIVÍDUOS
1	ABIURANA sp	0.167	0.204	0.965	258
2	ACAPU	0.062	0.148	0.987	303
3	AMAPÁ	0.927	0.373	0.045	14
4	AMARELINHO	0.992	0.116	0.058	1
5	ANANI DA T. FIRME	0.975	0.217	0.053	1
6	ANDIROBA	0.392	0.141	0.909	10
7	ANGELIM	-0.28	0.954	0.105	56
8	ARARACANGA	0.951	0.273	0.143	9
9	AROEIRA	0.85	0.511	0.129	29
10	AXIXA	0.99	0.129	0.057	1
11	AXUÁ	0.998	-0.003	0.063	4
12	BACABINHA	0.993	0.102	0.059	1
13	BANANINHA	0.641	0.768	0.013	5
14	BREU	0.887	0.427	0.174	21
15	CAJU – AÇU	0.922	0.386	0.044	13
16	CAPITIU	0.771	0.637	0.026	3
17	CAQUI	0.888	0.458	0.04	3
18	CARAIPE	0.935	0.353	0.046	2
19	CASTANHA DO PARÁ	-0.46	0.849	0.259	197
20	CASTANHA SAPUCAIA	-0.017	0.941	0.337	82
21	CEDRO VERMELHO	0.607	0.794	0.01	4
22	COPAÍBA	0.926	0.376	0.045	4
23	COPAIBARANA	0.956	0.289	0.05	1
24	CUIARANA	0.772	0.572	0.276	53
25	CUMARU	0.681	0.697	0.225	51
26	CUPIÚBA	0.234	0.719	0.654	139
27	ENVIRA	0.996	0.069	0.06	5
28	FAIEIRA	0.722	0.692	0.021	4
29	FAVA	0.603	0.61	0.514	89
30	FAVEIRA	0.985	-0.11	0.135	9
31	GLÍCIA	0.988	0.141	0.057	5
32	GOMBEIRA	0.982	0.18	0.055	2
33	GUARIÚBA	0.941	0.335	0.047	5
34	INGÁ	0.965	0.245	0.097	17
35	ITAÚBA	0.839	0.522	0.157	23
36	JOÃO MOLE	0.881	-0.088	0.465	5
37	JUTAI	0.926	0.368	0.088	19
38	LOURO	0.943	0.308	0.124	22
39	MAÇARANDUBA	-0.472	0.276	0.837	702
40	MACUCO	0.996	0.06	0.06	5
41	MAMORANA T. FIRME	0.809	0.497	0.313	4
42	MANDIOQUEIRA	0.258	0.757	0.6	96
43	MAPARAJUBA	0.955	0.239	0.175	21
44	MARUPÁ	0.995	0.081	0.059	5
45	MATÁ – MATÁ	0.901	0.39	0.192	19
46	MOROTOTÓ	0.946	0.321	0.048	7
47	MUIRACATIARA	0.991	0.121	0.058	2
48	MUIRAPIXUNA	0.939	0.297	0.175	7
49	MUIRATAUÁ	0.931	0.304	0.201	6
50	MUIRAÚBA	0.87	0.172	0.462	56
51	MURUCI DA MATA	0.996	0.071	0.06	1
52	MURURÉ	0.976	0.209	0.054	9
53	PAJURA DA MATA	0.9	0.133	0.415	3

Apêndice A - Matriz de componentes rotacionados (Cargas Fatoriais), segundo o número de indivíduos e as espécies – Talhão 03.

ORDEM	ESPÉCIES	Y1	Y2	Y3	Conclusão
					INDIVÍDUOS
54	PARA - PARA	0.978	0.203	0.054	6
55	PAU BRANCO	0.997	-0.046	0.064	2
56	PAU C. GROSSA	0.996	0.061	0.06	1
57	PAU DARCO	0.392	0.915	0.096	25
58	PAU JACARÉ	0.995	0.074	0.06	3
59	PENTE DE MACACO	0.997	0.039	0.061	1
60	PIQUIÁ	-0.331	0.943	0.027	46
61	PRECIOSA	0.876	0.437	0.202	12
62	QUARUBA	0.555	0.827	0.095	40
63	QUARUBARANA	0.735	0.659	0.162	35
64	ROSADINHO	0.972	0.094	0.215	16
65	SERINGA ITAÚBA	0.499	0.866	0.001	1
66	SORVA GRANDE	0.991	0.117	0.058	2
67	SUCUPIRA	0.972	0.23	0.053	8
68	TACHI	0.806	0.183	0.563	117
69	TAUARI	0.907	0.354	0.229	37
70	TENTO	0.997	0.048	0.061	2
71	UCUÚBA DA T. FIRME	0.987	0.102	0.125	11
72	URUCURANA	0.956	0.289	0.05	1
73	UXI LISO	0.921	0.276	0.275	22
74	UXIRANA	0.954	0.209	0.216	22