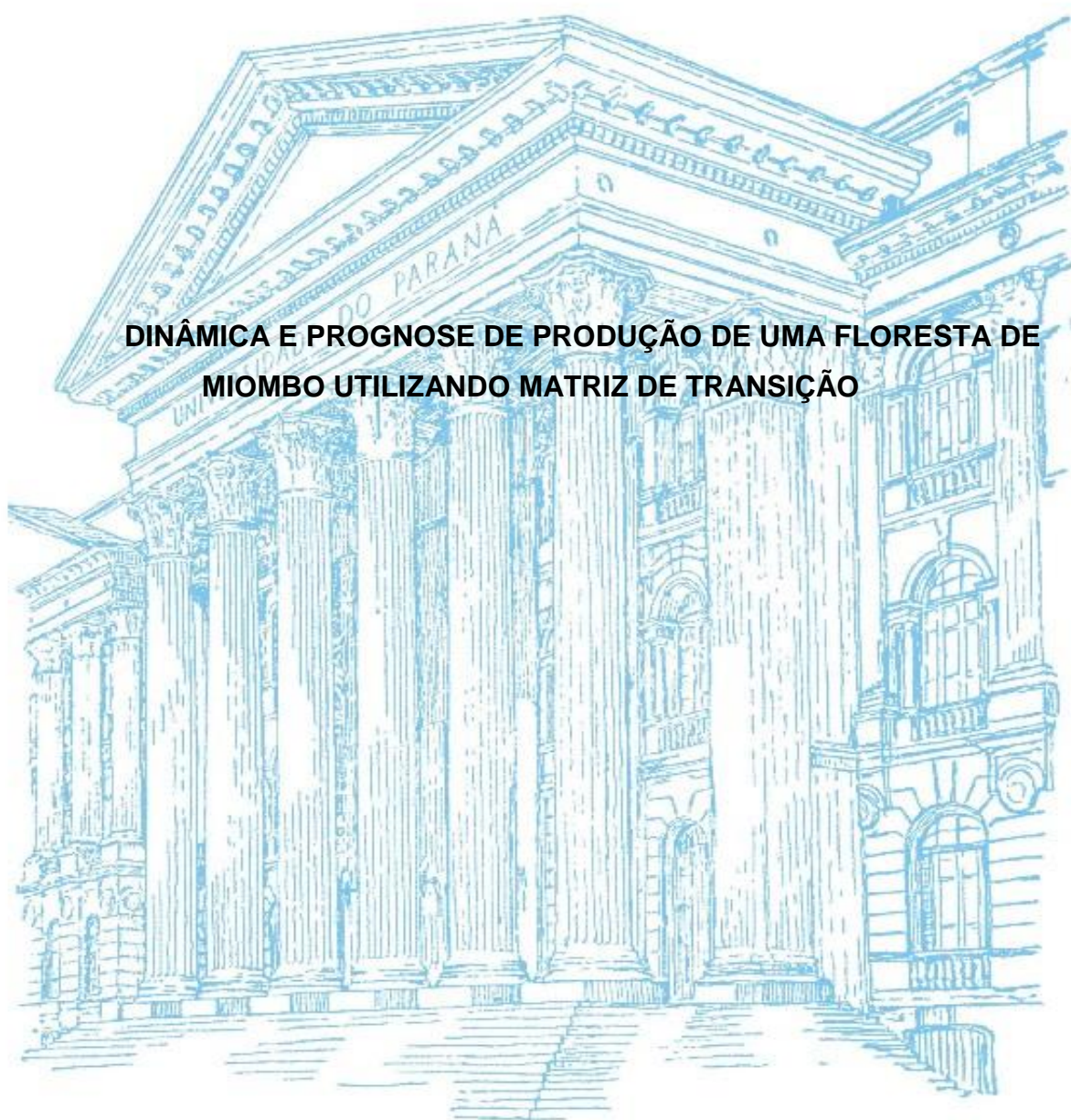


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARNALDO ERNESTO UETELA



DINÂMICA E PROGNÓSE DE PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA DE MIOMBO UTILIZANDO MATRIZ DE TRANSIÇÃO

CURITIBA

2014

ARNALDO ERNESTO UETELA

DINÂMICA E PROGNOSE DE PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA DE
MIOMBO UTILIZANDO MATRIZ DE TRANSIÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências florestais.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Co-orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

CURITIBA

2014

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR
Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Uetela, Arnaldo Ernesto

Dinâmica e prognose de produção de uma floresta de miombo utilizando matriz de transição/ Arnaldo Ernesto Uetela. – 2014
91 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Coorientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 15/12/2014.

Área de concentração: Manejo Florestal

1. Florestas - Moçambique. 2. Produtividade florestal – Moçambique. 3. Dinâmica florestal. 4. Madeira – Comércio - Moçambique. 5. Teses. I. Arce, Julio Eduardo. II. Figueiredo Filho, Afonso. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

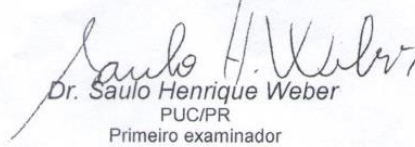
CDD – 634.9

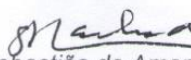
CDU – 634.0.64(679)

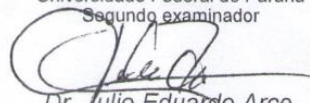
PARECER

Defesa nº. 1070

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Arnaldo Ernesto Uetela* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**DINÂMICA E PROGNÓSE DE PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA DE MIOMBO UTILIZANDO MATRIZ DE TRANSIÇÃO**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.

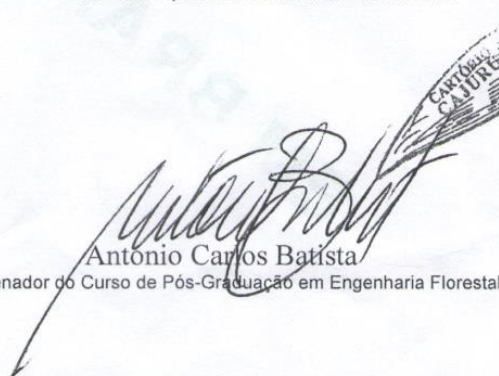

Dr. Saulo Henrique Weber
PUC/PR
Primeiro examinador


Dr. Sebastião do Amaral Machado
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

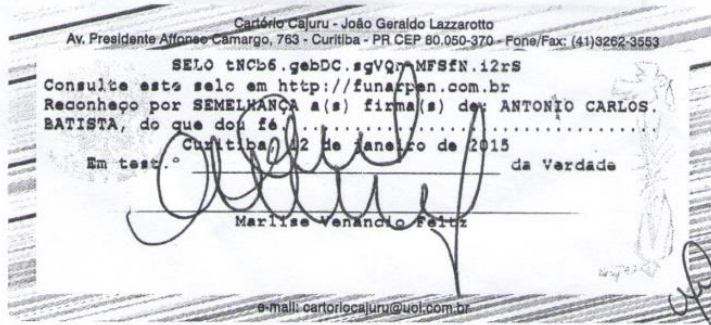

Dr. Julio Eduardo Arce
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 15 de dezembro de 2014.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



A minha mãe, Isabel Tembe (*In memoriam*),

A minha esposa, Ester Jalino Halari,

Aos meus filhos, Denisse Uetela, Arnaldo Uetela Junior, Lindiwe Uetela e
Néldio Halari.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, bênção e proteção.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná por ter aceito o meu projeto de mestrado.

Aos Professores Dr. Julio Eduardo Arce e Dr. Afonso Figueiredo Filho pela orientação, confiança e apoio fundamental na construção desta dissertação.

Ao IIAM, especificamente os engenheiros florestais, Rogério Jamice e Carlos Jeque pela disponibilização dos dados e informação pertinente das parcelas permanentes.

Aos professores da área de manejo florestal pelos ensinamentos e conhecimentos repassados durante os dois anos.

À minha esposa Telinha, e os meus meninos Deny, Junior, Lindy e Didinho pela compreensão, apoio moral e sacrifício de não poderem estar comigo por muito tempo.

Ao Prof. Dr. Dartagnan Baggio pela amizade e preocupação com o desenvolvimento deste trabalho.

Aos bolsistas moçambicanos Cláudio Juizo, Félix Banze, Estevão Chambule, Narciso Bila, Reinaldo Guina e aos brasileiros Victor Miguel Castillo de Macedo e Maciel Batista Paulino, pelo apoio, convívio e amizade durante os anos de formação no Brasil.

A toda minha família e amigos que sempre me encorajaram, apoiaram nos momentos mais difíceis durante a minha formação, desejando sorte e forças para que este Mestrado fosse concluído com êxito.

Àqueles que eventualmente tenha omitido, mas que de maneira direta ou indireta contribuíram para a materialização deste trabalho, o meu muito obrigado.

“O SENHOR é meu pastor, nada me faltará.
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu
nome.

Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal
algum, porque tú estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.
Preparas uma mesa perante mim na presença dos inimigos, unges a minha
cabeça com óleo, o meu cálice transborda.
Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da
minha vida; e habitarei na casa do SENHOR por longos dias.”

RESUMO

A floresta de miombo de Moçambique é uma das mais extensas da África Austral, cobrindo uma área que corresponde a cerca de 70% do território nacional. Estas florestas encontram-se sujeitas à exploração florestal descontrolada no qual predomina o sistema de extração com base em licença simples, sendo a lenha, a produção do carvão e a produção de madeira em toras os principais produtos. No entanto, pouco se sabe no país sobre o crescimento das florestas nativas e sobre a distribuição espacial das espécies. Assume-se que o crescimento de todas as espécies e de todas as árvores é homogêneo e constante, e que a distribuição das árvores e das espécies na floresta é também homogênea. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os processos dinâmicos da floresta de miombo, dos grupos de valor comercial da madeira, e prognosticar a estrutura da floresta no futuro, utilizando a técnica de matriz da transição. Para este estudo, inventários florestais foram feitos em duas épocas separadas por 11 anos, em parcelas permanentes instaladas na localidade de Pindanyanga. Cada parcela tem 50 x 50m de dimensões e foram medidas com fita métrica todas as árvores com circunferência a altura de peito (CAP) igual ou superior a 31,4 cm, e com clinômetro foram medidas as respectivas alturas, comercial e total. Cada indivíduo medido foi pintado com tinta branca à altura do peito. Demarcou-se dentro da parcela uma subparcela de 25m x 25m para o levantamento da regeneração estabelecida. Na subparcela mediu-se CAP e altura total de todos os indivíduos com $15,7 \text{ cm} \leq \text{CAP} < 31,4 \text{ cm}$ os quais foram pintados com tinta vermelha a altura de 1,30 m. O agrupamento das espécies baseou-se no Regulamento de Floresta e Fauna Bravia de Moçambique, que classifica as espécies florestais em preciosas (grupo 1), de primeira classe (grupo 2), de segunda classe (grupo 3), de terceira classe (grupo 4) e de quarta classe (grupo 5), de acordo com o seu valor comercial, científico, raridade, utilidade, resistência e qualidade. Toda aquela espécie que não aparece em nenhuma classificação acima referenciada, foi considerada como “não comercial” (grupo 6). As espécies não identificadas foram alocadas no grupo das não comerciais. Do presente estudo verificou-se que a taxa de mortalidade foi superior a taxa de ingresso. Apesar da redução do número de indivíduos ao longo do tempo, registrou-se incremento da área basal, e conseqüentemente do volume comercial. As classes de maior diâmetro da floresta não apresentam probabilidade de transição de árvores para classes seguintes, mas sim probabilidade de permanência na mesma classe diamétrica ou de mortalidade. A floresta de miombo na localidade de Pindanyanga apresentou redução do número de árvores por unidade de área no período de 2002 a 2013. Durante o período observado e simulado a distribuição das frequências por classe diamétrica apresentou distribuição exponencial negativa, ou seja, “J” invertido, forma típica da floresta natural.

Palavras chaves: Florestas naturais, Parcelas permanentes, Distribuição diamétrica.

ABSTRACT

The miombo woodland of Mozambique is one of the largest in Southern Africa, covering an area about 70 % of the national territory. These forests are subjected to uncontrolled forest exploitation in which the predominant extraction system based on simple license, with firewood, charcoal production and production of log the main product. However, little is known in the country on the growth of native forests and on the spatial distribution of species. It is assumed that the growth of all species and all trees is smooth and steady, and that the distribution of trees and species in the forest is also homogeneous. This study aimed to characterize the dynamic processes of Miombo forest, groups of timber value, and predict the structure of the forest in the future, using transition matrices. For this study, forest inventories were carried out at two times separated by 11 years, in permanent plots established in Pindanyanga. Each plot is 50m x 50m in size and was measured with metric tape all trees with circumference at breast height (CBH) equal or higher than 31.4 cm, and their respective heights, commercial and total were measured with clinometer. Every measured tree was painted with white paint at breast height. It drew a subplot within the plot of 25m x 25m for the survey of established regeneration. In the Subplots were measured CBH and total height of all individuals with ≤ 15.7 cm CBH < 31.4 cm which was painted with red ink height 1.30 m. The grouping of species was based on the Rules of Forestry and Wildlife of Mozambique, which ranks the precious forest species (group 1), first class (group 2), second class (group 3), third class (group 4) and fourth class (group 5), according to its commercial, scientific value, rarity, usefulness, strength and quality. All that species that do not appear in any rankings referenced above, was considered "non-commercial" (group 6). Unidentified species were assigned to the group of non-commercial. The mortality rate was higher than the rate of ingrowth. Despite the reduction in the number of individuals over time, there was an increase in basal area, and consequently the commercial volume. Larger diameter forest class do not have transition probability to following classes of trees, but likely to remain at same diameter class or mortality. The miombo in Pindanyanga decreased the number of trees per unit area in the period 2002-2013. During the period observed and simulated the distribution of frequencies by diameter class showed a negative exponential distribution, ie, inverted "J" typical form of natural forest.

Key-words: Natural forest, Permanent plots, Diameter distribution.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COBERTURA DA TERRA EM MOÇAMBIQUE	21
FIGURA 2 - MAPA DOS DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO NATURAL ORIGINAL DE MOÇAMBIQUE	22
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME (m ³ /ha) TOTAL PELAS PROVÍNCIAS DO PAÍS	25
FIGURA 4 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
FIGURA 5 - ESQUEMA DA PARCELA PERMANENTE	43
FIGURA 6 - PONTO DE MEDIÇÃO DE DIÂMETRO PARA ÁRVORES ADULTAS..	44
FIGURA 7 - MARCO DA PARCELA COM INDICAÇÃO DO SEU NÚMERO	45
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA FLORESTA EM 2002 E 2013.....	52
FIGURA 9 - ÁREA BASAL TOTAL DA FLORESTA POR CLASSE DIAMÉTRICA EM 2002 E 2013.....	56
FIGURA 10 - VOLUME COMERCIAL DA FLORESTA POR CLASSE DIAMÉTRICA EM 2002 E 2013.....	57
FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DA FLORESTA.....	66
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 1	67
FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 2	68
FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 3	68

FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 4	69
Figure 16 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 5	69
Figure 17 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002; 2013) E SIMULADA (2024) DO GRUPO 6.....	70
FIGURA 18 - TAXA DE REGENERAÇÃO NATURAL DOS GRUPOS DE VALOR COMERCIAL.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRESCIMENTO DE FLORESTAS NATURAIS EM MOÇAMBIQUE.....	23
TABELA 2 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE PARCELAS PERMANENTES.....	23
TABELA 3 - ÁREA E VOLUME TOTAL E COMERCIAL POR PROVÍNCIA.....	25
TABELA 4 - CONCESSÕES FLORESTAIS EXISTENTES NAS PROVÍNCIAS EM 2008.....	26
TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE PINDANYANGA.....	41
TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2002.....	54
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2013.....	54
TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO DE VOLUME POR CLASSE DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2002.....	58
TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO DE VOLUME POR CLASSE DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2013.....	58
TABELA 10 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA TODA FLORESTA POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013.....	61
TABELA 11 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES PRECIOSAS (GRUPO 1) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013.....	61
TABELA 12 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 1ª CLASSE (GRUPO 2) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013.....	62
TABELA 13 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 2ª CLASSE (GRUPO 3) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013.....	62

TABELA 14 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 3ª CLASSE (GRUPO 4) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013	63
TABELA 15 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 4ª CLASSE (GRUPO 5) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013	63
TABELA 16 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES NÃO COMERCIAIS (GRUPO 6) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013	64

LISTA DE SIGLAS

AIFM	– Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique
CAA	– Corte Annual Admissível
CAP	– Circunferência à Altura do Peito
CCI	– Centro de Comércio Internacional
CEF	– Centro de Experimentação Florestal (Moçambique)
CIFOR	– Center for International Forestry Research
DAP	– Diâmetro à Altura do Peito
DEF	– Departamento de Engenharia Florestal (Moçambique)
DMC	– Diâmetro Mínimo de Corte
DNFFB	– Direção Nacional de Floresta e Fauna Bravia (Moçambique)
DNTF	– Direção Nacional de Terras e Florestas (Moçambique)
DPA	– Direção Provincial de Agricultura (Moçambique)
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil)
FAEF	– Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (Moçambique)
FAO	– Food, Agriculture Organization
FUPEF	– Fundação de Pesquisas Florestais (Brasil)
GRNB	– Gestão de Recursos Naturais e Biodiversidade (Moçambique)
Hc	– Altura comercial
ICA	– Incremento Corrente Anual
IFN	– Inventário Florestal Nacional
IIAM	– Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
IMA	– Incremento Médio Anual
INIA	– Instituto Nacional de Investigação Agrária (Moçambique)
IP	– Incremento Periódico
IPA	– Incremento Periódico Anual
IPD	– Incremento Periódico Diário
IPEX	– Instituto para a Promoção de Exportações (Moçambique)
IPM	– Incremento Periódico Mensal
IVI	– Índice de Valor de Importância
Ln	– Logarítimo natural
MADER	– Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (Moçambique)

MCRN	– Manejo Comunitário de Recursos Naturais
MICOA	– Ministério para Coordenação e Ação Ambiental (Moçambique)
MINAG	– Ministério de Agricultura (Moçambique)
MINED	– Ministério de Educação (Moçambique)
N6	– Estrada Nacional Nº 6
NI	– Não Identificada
PIB	– Produto Interno Bruto
PVC	– Policloreto de vinil
SPGC	– Serviços Provinciais de Geografia e Cadastro (Moçambique)
TR	– Taxa de Regeneração Natural
UEM	– Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique)
UFLA	– Universidade Federal de Lavras (Brasil)
UFRA	– Universidade Federal Rural de Amazônia (Brasil)
UFSM	– Universidade Federal de Santa Maria (Brasil)
UFV	– Universidade Federal de Viçosa (Brasil)
UNDP	– United Nations Development Programme

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

Arv	– árvore
cm ²	– centímetro quadrado
cm ³	– centímetro cúbico
ha	– hectare
m	– metro
m ²	– metro quadrado
m ³	– metro cúbico
mm	– milímetro
Nº	– número
Nr	– número
°C	– graus Celsius
Vol	– volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Geral.....	19
1.1.2 Específicos	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Florestas tropicais	20
2.2 Setor florestal de Moçambique.....	20
2.2.1 Floresta de Miombo.....	28
2.3 Classificação das espécies produtoras de madeira	31
2.4 Dinâmicas de florestas	32
2.4.1 Crescimento	32
2.4.2 Mortalidade.....	34
2.4.3 Recrutamento.....	34
2.5 Regeneração natural	35
2.6 Prognose de produção	36
2.6.1 Matriz de transição	36
2.7 Parcelas permanentes.....	38
3 MATERIAS E MÉTODOS.....	40
3.1 Descrição da área de estudo.....	40
3.2 Obtenção de dados	43
3.3 Identificação botânica.....	45
3.4 Agrupamento das espécies pelas classes de valor comercial.....	45
3.5 Processamento de dados.....	46
3.6 Matrizes de transição	47
3.7 Regeneração natural.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Distribuição diamétrica	51
4.2 Área basal e volume.....	55
4.3 Mortalidade e recrutamento.....	59
4.4 Matriz de transição	60
4.5 Regeneração natural.....	71
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE	82
ANEXOS	83

1 INTRODUÇÃO

A floresta nativa de Moçambique, considerada uma das riquezas naturais, é uma das maiores da África Austral, cobrindo uma área que corresponde a cerca de 70% do território nacional, cuja exploração tem sido efetivada ao longo dos anos visando o abastecimento do mercado interno e para a exportação. Segundo SAKET (1994) a área produtiva florestal, ou seja, com potencial para produção da madeira foi estimada em cerca de 20 milhões de hectares.

De acordo com NPFT (2005), a exploração das florestas tropicais para obtenção somente da madeira, e nos níveis em que é hoje praticada, é completamente insustentável por longo tempo. As florestas naturais de Moçambique encontram-se sujeitas à exploração florestal descontrolada no qual predomina o sistema de extração com base em licença simples, sendo a lenha, a produção do carvão e produção de madeira em toras os principais produtos. No entanto, a exploração tem sido feita de forma pouco regrada, tendo como consequência uma contribuição para um nível alto de desmatamento.

Esta exploração florestal das matas nativas é baseada no corte seletivo de algumas espécies e dimensões de acordo com a preferência do mercado e o regulamento florestal, sendo as exigências do mercado o fator determinante uma vez que as dimensões mínimas de corte nem sempre são respeitadas. Os dados de consumo nacional de produtos florestais são baseados em dados da comercialização dos principais produtos. A inexistência de inventários e planos de manejo, sistemas de monitoramento e controle rígido da exploração florestal impossibilita a aplicação da certificação florestal na maioria das áreas sob exploração.

De acordo com PEREIRA et al. (2002) as florestas nativas constituem a principal fonte de energia lenhosa do país, e estima-se um consumo de cerca de 12 milhões de toneladas por ano de combustíveis lenhosos. Os produtos florestais possuem um papel importante na economia nacional chegando a contribuir com uma média de 9% no PIB. Estima-se que a indústria de base florestal gere aproximadamente 10 mil empregos em Moçambique.

Mas, pouco se sabe no país sobre o crescimento das florestas nativas e sobre a distribuição espacial das espécies (particularmente as comerciais). Assume-se que

o crescimento de todas as espécies e de todas as árvores é homogêneo e constante, e que a distribuição das árvores e das espécies na floresta é também homogênea. Assim sendo, a capacidade de corte anual e o ciclo de corte podem estar abaixo ou acima do valor real, resultando num subaproveitamento ou numa destruição da floresta (PEREIRA, 2002).

Entre vários tipos de formação de vegetação, as florestas de Miombo constituem o tipo mais predominante no país, ocorrendo, sobretudo no norte do país. Este tipo de vegetação estende-se desde o extremo norte até ao rio Limpopo, podendo ser intercalado com a vegetação costeira e as florestas do vale de Zambeze.

O Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), ciente da exiguidade da informação sobre as florestas no país, vem desenvolvendo pesquisas sobre o estado de conservação da biodiversidade, a manutenção dos processos ecológicos, bem como o uso sustentável dos recursos naturais em ecossistemas florestais.

A complexidade das florestas naturais devido à heterogeneidade na composição de espécies, idades e tamanho dificultam sobremaneira a atuação do profissional envolvido com manejo destas florestas. A projeção da estrutura diamétrica no tempo é de real importância para manejo e a economia das florestas nativas, pois a partir dos diâmetros futuros pode-se estimar as produções e definir as intervenções no povoamento que assegure a sustentabilidade econômica e ecológica das florestas (SANQUETTA et al., 1996).

O estudo da dinâmica da floresta nativa é um grande desafio para florestais. Sem a idade da árvore ou do povoamento a alternativa é prognosticar a dinâmica da floresta com o uso de parcelas permanentes. Sendo as florestas de Miombo as mais predominantes no país, o IIAM estabeleceu várias parcelas permanentes nestes ecossistemas na zona centro do país, com intuito de gerar informação sobre o crescimento e o estoque para garantir a sustentabilidade destas florestas.

As avaliações periódicas do estoque constituem-se em uma ferramenta imprescindível para o manejo correto da floresta. As avaliações subsequentes informam, além do volume do material disponível em cada época, o incremento observado no período. Esta informação é imprescindível na elaboração do plano de manejo florestal. Assim sendo, espera-se que a informação gerada no presente estudo contribua sobremaneira para os tomadores de decisões na administração e

manejo sustentável dos recursos florestais em Moçambique. O manejo florestal, além de ser uma técnica, é também uma estratégia política, administrativa, gerencial e comercial, que utiliza princípios e técnicas florestais no processo de intervenção do ecossistema, visando a disponibilização de seus produtos e benefícios para usos múltiplos, de forma a garantir os pressupostos do desenvolvimento sustentável.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

- Avaliar e prognosticar os processos dinâmicos de uma floresta do tipo Miombo, mensurada em duas ocasiões (2002-2013), na província de Manica em Moçambique, utilizando a matriz de transição.

1.1.2 Específicos

- Quantificar o número de árvores, área basal e volume por hectare;
- Caracterizar a dinâmica da floresta e de grupos de classes de valor comercial;
- Prognosticar a estrutura de floresta no futuro, e;
- Caracterizar a dinâmica da regeneração natural.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Florestas tropicais

Nas regiões tropicais, os dados relativos ao total da área florestal e ao de determinadas formações florestais apresentam, por vezes, acentuadas divergências. A estatística mais recente e provavelmente de maior confiabilidade data de 1980, e essas estatísticas são unânimes ao menos quanto aos seguintes pontos (LAMPRECHT, 1990):

- A América do Sul conta com maior área total de florestas fechadas e de floresta em geral;
- Encontra-se na África a maior área de florestas abertas e igualmente a menor parcela de florestas tropicais fechadas do total existente no planeta;
- Com 35 milhões de hectares, a Ásia tropical fica com a menor área de florestas abertas do mundo;
- Apenas uma porcentagem bem reduzida de florestas tropicais potencialmente produtivas é manejada. A grande maioria das áreas constitui-se de florestas exploradas ou de florestas nativas mais ou menos intactas.

De acordo com WINDHORST¹ (1974) citado por LAMPRECHT (1990), entre os vários tipos de formações florestais nos trópicos, a floresta xerófila caducifolia, constitui-se no terceiro grande grupo zonal de formações florestais em baixos graus de latitude. Estima-se em cerca de 530 milhões de hectares a área total de florestas xerófilas tropicais, e a maior área localiza-se na África ao sul do Sahara. Esta área compreende grande parte da África oriental, incluindo países como o Zimbabwe, o Quênia, a Tanzânia e Moçambique.

2.2 Setor florestal de Moçambique

Moçambique é um dos poucos países na África Austral que ainda tem uma área considerável de florestas naturais e matas remanescentes, principalmente do

¹ WINDHORST, H. W., 1974: Estudos sobre geografia económica global. Floresta e Silvicultura na África.

tipo Miombo. Estimativas sobre a cobertura florestal total variam, mas a recente avaliação dos recursos florestais pela FAO (2010) estima a cobertura florestal do país em pouco mais de 40 milhões de hectares, correspondente a 51% do território nacional (FIGURA 1). As florestas produtivas, com 67% da cobertura, são a maior parte de florestas de Moçambique. Cerca de um quinto das florestas estão em áreas de conservação, enquanto uma menor proporção (10%) são florestas de proteção (SITOE et al., 2012).

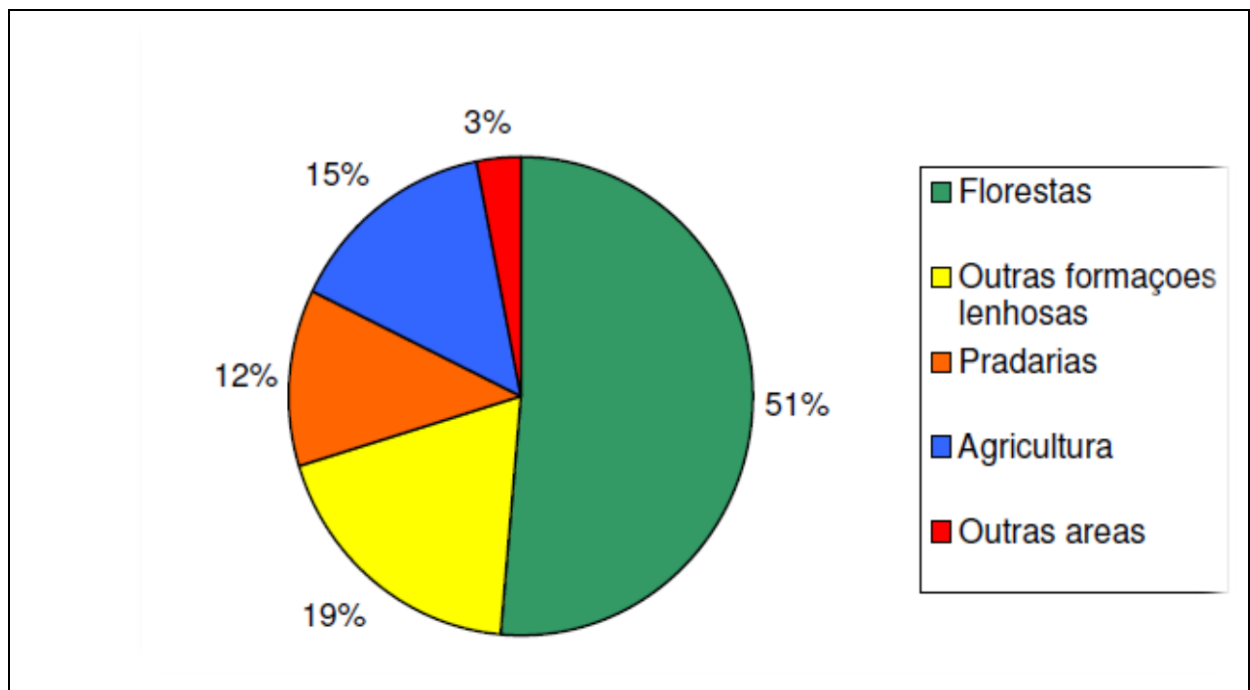


FIGURA 1 - COBERTURA DA TERRA EM MOÇAMBIQUE
 FONTE: MARZOLI (2007)

Mais de 70% da população de Moçambique está concentrada em áreas rurais e uma porção mais ampla depende da agricultura para sua sobrevivência. As florestas têm um papel importante no desenvolvimento econômico e, além disso, satisfazem as necessidades básicas (comida, combustível, abrigo, medicamento e subsistência) da população rural. Nos últimos anos a participação do setor florestal como um todo no PIB de manufaturados de Moçambique variou entre 7 e 11% (IPEX, 2003).

Para COSTA (1996), CUAMBE e MARZOLI (2006) a vegetação de Moçambique pode ser classificada da seguinte forma: Floresta sempre verde de montanha, floresta de Miombo, floresta de mopane, povoamento de cimbirre,

savanas com predominância de espinhosas, pradaria, mangues, e outras florestas ou formações em mosaico (FIGURA 2).

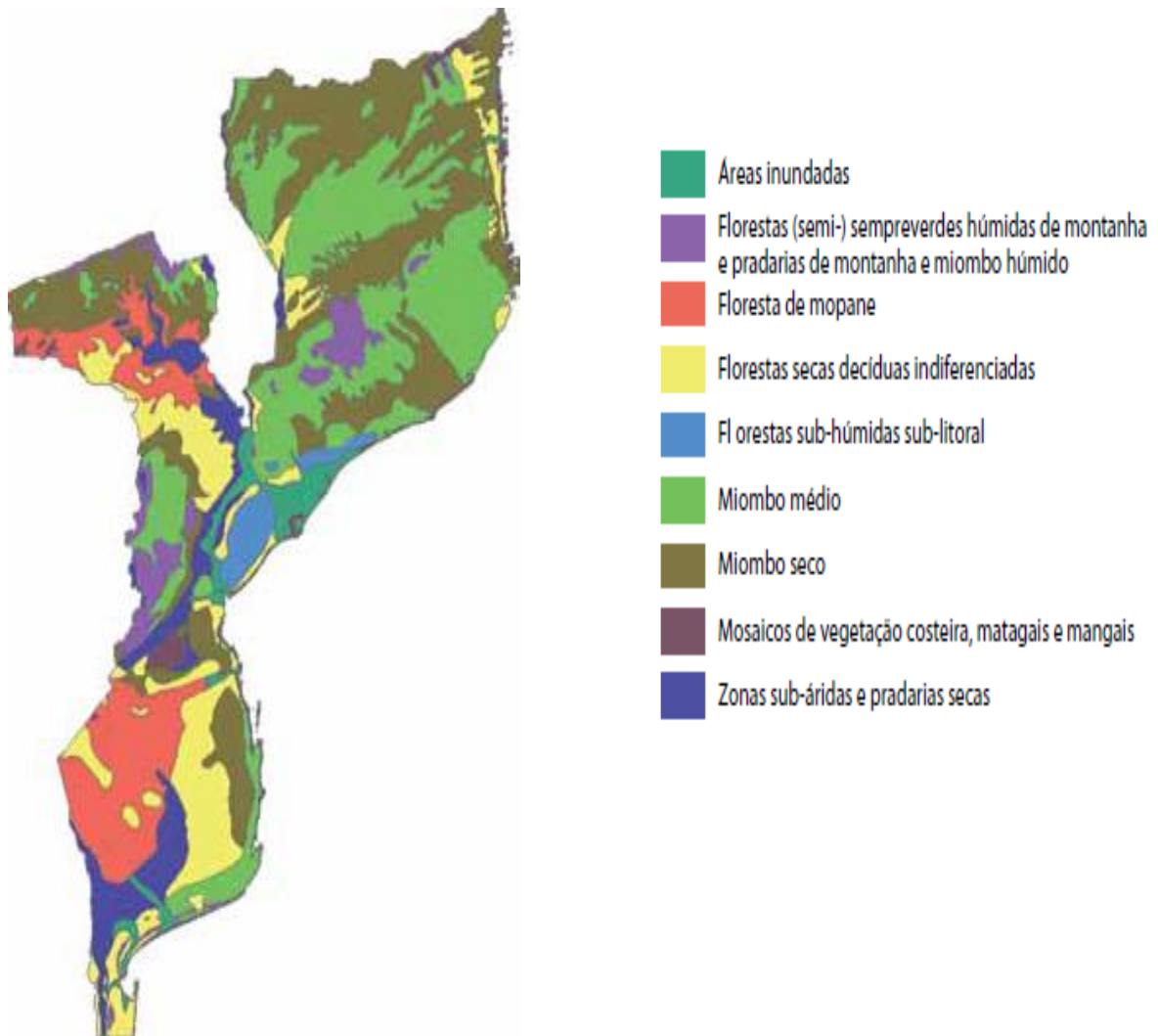


FIGURA 2 - MAPA DOS DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO NATURAL ORIGINAL DE MOÇAMBIQUE
 FONTE: MICOA (2008)

Ainda não existem em Moçambique valores exatos baseados em dados de campo, referente ao crescimento das florestas naturais do país. CLÉMENT² (1979) mencionado por FAO (1996) desenvolveu modelo de estimativa do crescimento da floresta natural da África ocidental com base na precipitação, e este modelo foi usado para estimar o crescimento da floresta nativa em Moçambique. Quando se considera a precipitação, Moçambique pode ser dividido em três grandes regiões

² CLÉMENT (1979) desenvolveu o modelo $IMA = 0,05129 + 1,08171 P^2$ para estimativa do crescimento da floresta de África ocidental; em que: IMA – incremento médio anual em $m^3/ha/ano$ e P – precipitação expressa em metros.

(norte, centro e sul) e conseqüentemente a produtividade das florestas varia de 0,58 m³/ha/ano a 1,61 m³/ha/ano (TABELA 1), sendo as florestas do centro do país classificadas como as mais produtivas (MARZOLI, 2007).

TABELA 1 - CRESCIMENTO DE FLORESTAS NATURAIS EM MOÇAMBIQUE

	REGIÃO	IMA (m ³ /ha/ano)
SUL	Maputo	
	Gaza	0,58
	Inhambane	
CENTRO	Manica	
	Sofala	1,61
	Zambézia	
NORTE	Nampula	
	Cabo Delgado	1,36
	Niassa	

FONTE: PEREIRA et al. (2002); FAO (2000).

De acordo com COSTA (1986) as plantações de *Azelia quanzensis* (chanfuta) e *Pterocarpus angolensis* (umbila) de Michafutene alcançaram um IMA de 0,25 m³/ha/ano para chanfuta e 0,76 – 1,17 m³/ha/ano para umbila.

As medições efetuadas em 1993 na Estação Experimental de Sussundenga em espécies nativas plantadas individualmente ou em mistura estabelecidas em 1960 revelaram um IMA entre 1,1 a 7,7 m³/ha/ano (NAKALA, 1997).

Segundo FALCÃO (2007) em 1995 SITOIE instalou quatro parcelas permanentes com dimensões de 100x100 metros dentro de uma concessão na floresta nativa (TABELA 2) para avaliar a estrutura, composição e dinâmica da floresta de miombo na província de Manica, distrito de Barué.

TABELA 2 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE PARCELAS PERMANENTES

Item	Características da área
Localização	18,12° Sul e 33° Este
Altitude	600 a 1000 metros
Temperatura média anual	22,3°C
Topografia	Plano a montanhoso
Clima	Tropical modificado pela altitude
Solo	Arenoso a arenoso-argiloso
Vegetação	Forma de transição entre floresta decídua e semi decídua

FONTE: SITOIE (1996)

Ainda FALCÃO (2007), em 1996 foram apresentados os primeiros resultados preliminares de um ano de crescimento, que indicaram um incremento médio de diâmetro de 0,25 cm/ano com variabilidade entre 1,27 e 1,78 cm/ano. O volume total incrementou em 1,8%, resultando um IMA estimado de 1,29 cm³/ha/ano, dos quais 0,53 m³ poderiam ser de valor comercial.

O Inventário Florestal Nacional (IFN) estimou um incremento anual de 1,195 milhões de m³/ano de madeira com diâmetros a altura do peito (DAP) superiores a 25 cm, e cerca de 500 mil m³/ano para DAP superiores a 40 cm. O estoque total de crescimento nos tipos florestais considerados madeireiros foi estimado em 503 milhões de m³, sendo cerca de 68 milhões de m³ para DAP > 25 cm, e 22 milhões de m³ para DAP > 40 cm (PEREIRA et al., 2002).

A estimativa mais aceita sobre o cálculo do Corte Anual Admissível (CAA) em Moçambique foi formulada por SAKET (1994), baseada principalmente no cálculo de áreas de florestas do mapa florestal de 1994 e no IFN, o qual estimou o CAA em mais de 500 mil m³/ano para o país inteiro, e este valor é largamente usado como referência no país (MARZOLI, 2007).

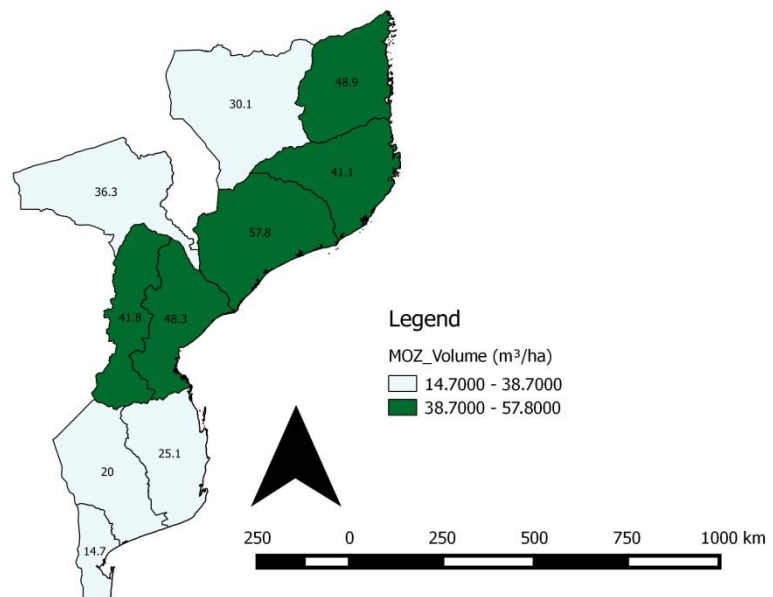
Ainda MARZOLI (2007) constatou que a posição do volume, por províncias de Moçambique, está correlacionada com precipitação média anual. A província de Zambézia apresenta o maior volume total por hectare, seguida de Cabo Delgado, Sofala, Manica e Nampula. De uma forma geral, para ambos os volumes total e comercial (TABELA 3), pode-se dividir o país em dois grandes grupos: áreas com volume alto (abrange Zambézia, Sofala, Cabo Delgado, Manica e Nampula) e áreas com volume baixo (abrange província de Gaza, Inhambane, Niassa, Maputo e Tete) (FIGURA 3).

Para PEREIRA et al. (2002) a exploração florestal das matas nativas é baseada no corte seletivo de algumas espécies e dimensões de acordo com a preferência do mercado e o regulamento florestal, sendo as exigências do mercado o fator determinante, uma vez que as dimensões mínimas de corte nem sempre são respeitadas.

TABELA 3 - ÁREA E VOLUME TOTAL E COMERCIAL POR PROVÍNCIA

Província	Área total de floresta (mil ha)	Nº arv./ha DAP > 10 cm	Área basal (m ² /ha)	Volume total (m ³ /ha)	Vol. Comercial total DAP > 10 cm (m ³ /ha)	Volume comercial disponível DAP > DMC (m ³ /ha)
Cabo						
Delgado	4.753,5	97,0	6,0	48,9	13,5	7,3
Niassa	9.421,0	103,0	4,0	30,1	9,0	2,2
Nampula	2.691,0	105,0	5,5	41,1	13,1	5,3
Zambézia	4.847,8	107,0	6,0	57,8	18,4	7,7
Sofala	2.849,7	94,0	5,5	48,3	11,8	7,1
Manica	3.456,0	145,0	5,7	41,8	13,9	4,9
Tete	4.206,7	94,0	5,0	36,3	10,2	3,0
Inhambane	2.305,7	86,0	3,4	25,1	7,1	2,2
Gaza	3.770,9	97,0	2,9	20,0	7,0	2,8
Maputo	815,1	91,0	2,5	14,7	3,5	1,0

FONTE: MARZOLI (2007)

FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME (m³/ha) TOTAL PELAS PROVÍNCIAS DO PAÍS
FONTE: MARZOLI (2007), ADAPTADO PELO AUTOR.

De acordo com DNFFB (2001) a legislação moçambicana reconhece dois tipos de autorização para a exploração florestal: as licenças simples e as concessões. O regime de licença simples é exclusivo para cidadãos nacionais, e limita-se a um máximo de 500 m³ ao ano. Atualmente, a exploração florestal em regime de licença simples é feita mediante o plano de manejo aprovado e corresponde uma área contígua não superior a 10 mil ha, sujeita ao pagamento da taxa anual de ocupação da área (BOLETIM DA REPÚBLICA, 2012). Como a exploração florestal em regime de arrendamento florestal ou concessão somente começou a ser implantada em 2001, com a atribuição de 14 concessões em Sofala e 10 em Cabo Delgado, a maioria da exploração florestal para madeira era efetuada em regime de licença simples. No entanto, a maioria das empresas madeireiras expressou o desejo de operar em regime de concessão, mas devido ao alto custo do plano de manejo e a morosidade e burocracia envolvida no processo de atribuição de concessão, estas empresas continuavam a utilizar as licenças simples de exploração (DNFFB, 2001).

Houve um aumento de concessões florestais em todo o país que chegou a atingir 165 concessões, dos quais apenas 81 possuíam planos de manejo florestal (TABELA 4). A área de terra total nas concessões era de aproximadamente 6.266.500 ha (MINISTÉRIO DE NEGÓCIOS ESTRANGEIROS DA FILANDIA, 2009).

TABELA 4 - CONCESSÕES FLORESTAIS EXISTENTES NAS PROVÍNCIAS EM 2008

PROVÍNCIA	Nº de concessões aprovadas	Área (ha)	Nº de concessões com plano de manejo
Niassa	10	199.385	0
Cabo Delgado	30	1.410.095	17
Nampula	17	1.337.145	4
Zambézia	35	1.826.500	27
Sofala	24	431.894	19
Tete	24	184.500	4
Manica	12	435.848	3
Inhambane	9	419.625	6
Gaza	4	21.525	1
Maputo	0	0	0
TOTAL	165	6.266.517	81

FONTE: DNTF (2009).

Para PEREIRA et al. (2002) o manejo de floresta nativas do país é ainda incipiente e está atualmente estabelecido nas seguintes prescrições gerais:

- 1) Classificação das espécies em classes de valor comercial, restringindo a produção de lenha e carvão nas espécies consideradas da 4ª classe;
- 2) Imposição do diâmetro mínimo de corte das espécies por regulamento florestal;
- 3) Estabelecimento de cotas de corte para as espécies preciosas;
- 4) Estabelecimento de corte admissível anual por província.

Ainda para PEREIRA et al. (2002), a classificação das espécies em classes de valor comercial madeireiro foi efetuada com base nas características da madeira (densidade, durabilidade e resistência a térmitas, aspetos decorativos, facilidade de serragem, secagem, e outros). Esta classificação possui as seguintes características: (1) ela é temporária, pois espécies hoje consideradas sem valor comercial para madeira podem transitar para as classes de maior valor, como é o caso do monzo (*Combretum imberbe*) que até ano o 2000 era classificada como espécie de 3ª classe e em 2001 foi rapidamente promovida a espécie de 1ª classe, devido ao aumento substancial da sua exportação em toras; (2) esta medida demonstra que a classificação, é ditada pela demanda e não pela raridade ou valor ecológico da espécie. Assim, a classificação das espécies de acordo com seu valor comercial para fins madeireiros ainda que de certa forma regule o uso das espécies possui impacto reduzido na preservação das espécies raras, endêmicas e de especial valor ecológico.

Além da classificação das espécies em categorias de valor comercial madeireiro, o diâmetro mínimo de corte (DMC) constitui a medida mais utilizada para regular o uso dos recursos florestais do país. Esta medida baseia-se na filosofia de preservação da regeneração natural, que constitui a reserva em crescimento dos povoamentos naturais, e conseqüentemente permite apenas o corte de árvores adultas. Assim, o DMC determina diretamente a quantidade de volume disponível para comercialização. A seleção de qual o DMC mais adequado em termos de produtividade do povoamento pode ser determinada quando se dispõe de dados de mortalidade e incremento para cada classe diamétrica e por espécie, o que não é o caso de Moçambique. Deste modo, a determinação de DMC é, sobretudo, efetuada com base nas limitações e requerimentos tecnológicos da indústria madeireira e sem consideração dos requerimentos ecológicos e produtividade de cada espécie e lugar.

Em Moçambique, à luz das políticas neoliberais, se introduziu o Manejo Comunitário dos Recursos Naturais (MCRN) que prima pelo empoderamento das

comunidades locais na gestão dos seus recursos naturais, isto é, as comunidades passam a ter um papel importante na definição dos atores a explorarem os recursos existentes nas “suas” terras e, com isso, usufruírem dos ganhos advindos dessa exploração. Essa estratégia permitiu a retirada do Estado como o principal responsável pelo desenvolvimento das áreas rurais, deixando esse papel para as comunidades e para o setor privado. O Estado apenas desempenharia o papel de regulador e/ou mediador (MATOS e MEDEIROS, 2011).

O MCRN tem influência na vida comunitária em geral e individual em particular, pois com a repartição equitativa dos benefícios resultantes da exploração de um determinado recurso as comunidades elevam o seu nível de vida, reduzem a pobreza e garantem uma sustentabilidade no seu uso (MUSHAURI, 2002).

2.2.1 Floresta de Miombo

A palavra “Miombo” provém de várias línguas faladas no centro da África e denota uma ou mais espécies do gênero *Brachystegia*, *Julbernardia*, e *Isoberlina angolensis* (Fabaceas, Subfamília Caesalpinioideae) como sendo as mais abundantes da região.

Na África, o miombo ocorre somente ao sul do equador, em países como Tanzânia, Zâmbia, Zaire, Malawi, Moçambique e Zimbabwe numa extensão de aproximadamente 270 milhões de hectares (CAMPBELL *et al.*, 1996).

O miombo é o principal tipo florestal de Moçambique e ocupa aproximadamente 2/3 da superfície total, principalmente a norte do rio Limpopo (SITOE e RIBEIRO, 1995). A Reserva Nacional de Niassa é a maior e mais valiosa área de conservação da vegetação de miombo a nível nacional e regional (MAQUIAS *et al.*, 2012).

Do ponto de vista econômico, o miombo é a fonte da maior parte das espécies madeireiras comerciais de exportação tais como *Pterocarpus angolensis* (Umbila), *Millettia stuhlmannii* (Panga-panga). Do ponto de vista ambiental, o miombo desempenha um papel crucial para o balanço de carbono, água e energia. No entanto, a integridade deste ecossistema está permanentemente ameaçada devido à ação do clima, do homem e dos animais (MAQUIAS *et al.*, 2012).

Conforme as variações topográficas e fisiográficas, a estrutura e composição do miombo são modificadas pelo clima, solo e altitude, distinguindo-se de uma região para outra. A vegetação é dominada por árvores de folha larga sem espinho, da subfamília *Caesalpinioideae*, enquanto que a vegetação herbácea é dominada por espécies da família *Andropogoneae*. O estrato arbustivo é geralmente ausente e descontínuo. Uma das características principais de miombo é a sua aparente uniformidade em vastas regiões, devido a fisionomia semelhante das espécies dominantes da subfamília *Caesalpinioideae* (PEREIRA, 2002).

O clima do miombo é marcado por duas estações separadas, onde mais de 95% das chuvas ocorre de 5 a 7 meses, com um verão quente e úmido, o que resulta numa estação onde se concentram as atividades de produção lenhosa, crescimento, reprodução e decomposição, isto é, geralmente de Novembro a Abril. Cinco estações fenológicas podem ser distinguidas no miombo: estação quente-seca antes das chuvas, início da estação chuvosa, meio da estação chuvosa, estação chuvosa tardia e estação fria e seca. A maioria das espécies é decídua e produz novas folhas antes das chuvas, usando substâncias de reservas internas. O aparecimento de novas folhas marca o início da estação de crescimento e ocorre geralmente 2 a 3 meses antes de início da estação chuvosa (PEREIRA, 2002).

A maioria dos solos apresenta textura franco-arenosa e a taxa de argila cresce substancialmente com o aumento da profundidade. Em geral, são pobres em nutrientes, maioritariamente ácidos (PH entre 4-6), com baixa disponibilidade de fósforo e baixa capacidade de troca catiónica. A maioria dos nutrientes incorporados no solo provém da decomposição das folhas que caem no solo. As árvores do gênero mais predominante são todas ectomicorrizas, característica importante que possibilita o aproveitamento da matéria orgânica diretamente do húmus e dessa forma compensarem a baixa fertilidade dos solos do miombo (CAMPBELL et al., 1996).

De acordo com PEREIRA (2002) o fogo é um elemento frequente e importante no miombo, quer como fator ecológico, mas também como um instrumento de manejo. Porém, o seu impacto depende muito da época e a frequência com que ele ocorre, mas também, da quantidade de combustível existente na floresta relacionada com seu nível de ocorrência.

Quase todas as zonas do miombo registram a abundância de térmitas, sendo a biomassa das térmitas maior que qualquer outra fauna de solo. Em alguns

aspectos, as térmitas e o fogo possuem um efeito complementar no ciclo de carbono e nutrientes, isto é, quando ocorrem queimadas periódicas e regulares a maioria de capim e folhas depositadas no solo é queimado antes de poder ser removido pelas térmitas, libertando nutrientes de uma única vez e criando um ciclo de nutriente rápido. Quando não ocorrem queimadas existe mais material disponível para as térmitas levarem para os seus morros. Este material torna-se protegido do fogo e é incorporado gradualmente no solo criando um ciclo de nutrientes demorado (PEREIRA, 2002).

As árvores no miombo apresentam um sistema radicular bem desenvolvido com raízes profundas e muitas raízes laterais, permitindo-lhes capturar os nutrientes lixiviados das camadas superiores do solo. Muitos nutrientes são devolvidos ao solo através da perda de folhas e decomposição das mesmas. Estes processos que envolvem a retirada de nutrientes do solo, a produção de húmus e a decomposição são provavelmente a base para a produção sustentada no ecossistema de miombo apesar da baixa fertilidade dos solos.

A produção primária das florestas do miombo é diretamente relacionada com a disponibilidade de água e restringida pela disponibilidade de nutrientes. O crescimento juvenil da parte aérea da regeneração estabelecida do miombo é lento. Enquanto isso, estas plantas desenvolvem o seu sistema radicular acumulando grandes quantidades de bioamassa subterrânea que favorece a capacidade de regeneração de novos rebentos após a estação seca e as queimadas. Estas plantas podem permanecer no estado suprimido indefinidamente até que as árvores do dossel sejam removidas ou deixem de ocorrer às queimadas. Tem sido sugerido que o sombreamento derivado do estrato dominante contribui para o crescimento lento da regeneração estabelecida, devido à competição pela luz e nutrientes e à falta de água durante a estação seca.

A dispersão da semente e frutos é geralmente concentrada no fim da estação seca (Agosto a Novembro) e existe uma grande diversidade de mecanismo de dispersão de semente entre árvores do miombo. As árvores das espécies dominantes do estrato superior do dossel possuem o fruto na forma de vagem cuja semente é dispersa por explosão ou por vento, sendo geralmente a distância de dispersão das espécies dominantes do dossel de 10 a 20 metros. Os frutos com polpa carnuda são mais comuns no estrato intermédio e dominado ou no subbosque arbustivo e os pássaros e mamíferos são os principais agentes de dispersão. A

dormência das sementes não é um fenômeno comum e existe uma grande mortalidade das plântulas durante a fase de estabelecimento (PEREIRA, 2002).

O ecossistema de miombo tem sido ocupado e usado pelas populações humanas durante milênios com sistemas de agricultura itinerante. Praticamente já não existe miombo intacto e não modificado.

2.2.1.1 Divisão do miombo

Para RIBEIRO et al. (2000), de acordo com precipitação, o miombo subdivide-se em úmido e seco. A variante úmida é mais frequente no oeste de Angola, norte de Zambia, sudoeste da Tanzânia e a zona central de Malawi, em áreas com precipitação média anual superior a 1000 mm. Esta subdivisão também ocorre em Moçambique, embora muito pouco frequente, pode ser encontrado em Gurué na província de Zambézia e em algumas províncias como Nampula e Cabo Delgado. Floristicamente é mais rico que o miombo seco, e nele podem ser encontradas quase todas as espécies do miombo. A variante seca ocorre no sul de Malawi, Zimbábue e Moçambique, em áreas com uma precipitação média inferior a 1000 mm/ano, apresentando uma diversidade florística menor que a variante úmida.

2.3 Classificação das espécies produtoras de madeira

De acordo com a Lei de Floresta e Fauna Bravia (2002) as espécies florestais produtoras de madeira são classificadas na base do seu valor comercial, científico, raridade e utilidade. Estas podem ser: preciosas, de primeira classe, de segunda classe, de terceira classe e da quarta classe (ANEXOS 1 a 5).

A mesma Lei confere competência ao Ministro da Agricultura e Desenvolvimento Rural aprovar e atualizar, sempre que se mostre necessário, a tabela de classificação das espécies, bem como a lista das espécies de flora consideradas protegidas.

2.4 Dinâmicas de florestas

A dinâmica em florestas tropicais deve ser conhecida, pois se torna uma ferramenta importante para o silvicultor no momento de decidir sobre as práticas silviculturais a serem aplicadas na floresta. A avaliação do crescimento, mortalidade e recutamento em florestas tropicais pode ser feita por meio do inventário contínuo, utilizando-se parcelas permanentes, que é uma prática eficiente para se observar as mudanças que ocorrem ao longo do tempo em ecossistemas florestais (CASTRO e CARVALHO, 2008).

A dinâmica da floresta inicia com a formação de clareiras, que provocam mudanças nas características edafoclimáticas ocasionando o processo de sucessão florestal. As clareiras podem ser formadas por morte natural de árvores, por raios, ventos, vulcões, furacões, derrubados, entre outros fatores. Cada caso pode formar clareiras de tamanhos diferentes (CARVALHO, 1999).

A sucessão está relacionada ao tamanho da clareira, à entrada de luz até o chão, ao banco de sementes do solo e ao potencial vegetativo das espécies. A sucessão ocorre quando um grupo de espécies tolerantes substitui o grupo de espécies intolerantes. As espécies pioneiras crescem rápido após a criação de uma clareira e vão formar o dossel. Debaixo deste, estabelecem as mudas de espécies tolerantes. Quando as espécies intolerantes começam a morrer, o dossel começa a se desfazer, as espécies tolerantes são liberadas e crescem como um segundo ciclo (CARVALHO, 1997).

O mesmo autor afirmou que a dinâmica da floresta, relacionada à sucessão, ocorre de forma diferente de acordo com o processo de formação de clareira, podendo resultar em uma estrutura de floresta formada principalmente por espécies pioneiras intolerantes à sombra (casos de ciclones, terremotos, erupções vulcânicas), ou uma estrutura com predominância de florestas de climaxes (Amazônia brasileira).

2.4.1 Crescimento

Para CAMPOS e LEITE (2013) o crescimento é um processo caracterizado por mudanças na forma e no tamanho do tronco, com a adição contínua de novas

camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso. A produção expressa quantidade total do volume, ou outra variável, acumulada num determinado tempo.

Para SCOLFORO (1998) o crescimento de uma árvore ou povoamento consiste no alongamento e engrossamento das raízes, tronco e galhos. Este causa mudanças na árvore, influenciando seu peso, volume e forma. O crescimento linear de todas as partes da árvore é proveniente do meristema primário, enquanto que o crescimento em diâmetro é proveniente do mesistema secundário ou câmbio através da deposição de camadas justaposta do lenho.

O crescimento é influenciado pela capacidade genética das espécies florestais, interagindo com os fatores ambientais como climáticos (temperatura do ar, precipitação, vento, insolação), fatores edáficos (umidade, propriedades físicas e químicas do solo), microorganismos, fisiografia e competição. Para ENCINAS et al. (2005) o ritmo do crescimento é influenciado por fatores internos, externos, a interação dos dois (fisiológico e ecológico) e pelo tempo. O que cresce em uma árvore em períodos sucessivos de tempo é denominado incremento.

Existe diferentes maneira para expressar o crescimento, podendo-se citar o incremento corrente anual (ICA), o incremento médio anual (IMA), o incremento periódico (IP), e o incremento periódico médio (IPM), seja ele anual (IPA), mensal (IPM), ou diário (IPD). ICA é o crescimento ocorrido ou a diferença na produção do elemento dendrométrico considerado dentro do período de um ano. IMA é a razão entre a produção do elemento dendrométrico considerado a partir do ano zero e a idade da população florestal ou árvore. Expressa o crescimento linear da variável considerada, por isso ao ser utilizado deve sempre ser mencionada a idade e o sítio que este foi quantificado, já que é um valor mutável. IP é o crescimento do elemento dendrométrico considerado durante um determinado período no tempo. Esta é uma das formas mais usuais para expressar crescimento nas florestas nativas. IPA é a média de crescimento da árvore ou população florestal na variável dendrométrica considerada obtida a partir do incremento periódico, se a escala temporal de medição é em anos (SCOLFORO, 1998).

2.4.2 Mortalidade

Mortalidade refere-se ao volume ou número de árvores que havia inicialmente e que morreram num determinado período (CAMPOS e LEITE, 2013).

CARVALHO (1997) afirmou que a mortalidade pode ser causada por muitos fatores como: ataques de patógenos, parasitas e herbívoros, tempestades, danos causados por fortes chuvas, principalmente em árvores emergentes, e morte por idade. Em relação ao porte dos indivíduos, o mesmo autor reportou que as espécies emergentes apresentam taxa anual de mortalidade mais baixa, enquanto que as espécies de sub-bosque apresentam altas taxas.

O padrão de mortalidade natural no tempo e no espaço é influenciado principalmente pela máxima longevidade das árvores, sua distribuição nas classes de tamanho, abundância das espécies, e pelo tamanho e número de aberturas existentes no dossel da floresta. Embora estejam em contínua dinâmica, as florestas naturais tendem a permanecer em equilíbrio, ocorrendo a substituição de indivíduos mortos por novos indivíduos, principalmente quando a floresta encontra-se em sua fase madura (CARVALHO, 1999).

2.4.3 Recrutamento

Recrutamento ou ingresso refere-se às árvores medidas numa idade qualquer e que não foram medidas numa idade anterior por não terem alcançado diâmetro mínimo predeterminado. É expresso em volume, área basal ou frequência por hectare e também só pode ser medido a partir de medições periódicas em parcelas permanentes (CAMPOS e LEITE, 2013).

Para CARVALHO (1999), recrutamento é a admissão de um ser em uma determinada população ou comunidade. O recrutamento de plântulas pode ser confundido com o seu aparecimento ou germinação. Muitas vezes, o recrutamento também é chamado de ingresso. Neste caso pode ser definido como o processo pelo qual árvores pequenas aparecem em um povoamento, por exemplo, em uma parcela permanente após a sua primeira medição.

Do ponto de vista silvicultural, realizar estudos da taxa de ingresso é importante, devido à sustentabilidade de uma floresta ser mantida ou alimentada

regularmente por uma quantidade equilibrada de regeneração natural das espécies florestais (SALOMON, 1980).

2.5 Regeneração natural

O termo regeneração se refere, de maneira geral, às fases juvenis da espécie. Cada classe diamétrica pode ser considerada como regeneração da classe imediatamente superior, da mesma espécie (CARVALHO, 1984).

Nas florestas, o processo de regeneração natural compreende o mecanismo de autógeno de perpetuação de suas espécies arbóreas. No sentido técnico, esse processo é uma forma de reconstituir ou perpetuar povoamentos florestais através de sementes e do banco de plântulas (INOUE, 1979).

De acordo com PANTALEÃO (2008) a regeneração natural das espécies florestais no ecossistema constitui o apoio ecológico de sua sobrevivência. Fitossociologicamente entendem-se que para uma “Associação clímax”, a grande maioria das árvores que integram a cobertura geral da floresta, teria que estar representada na regeneração para que desta maneira pudesse haver substituição normal dentro da mesma identidade botânica.

No processo de regeneração da floresta, a geração de novos indivíduos se dá através de propágulos oriundos da dispersão (chuva de sementes), pelo banco de sementes ou plântulas ou ainda a partir da reprodução vegetativa (RODRIGUES et al., 2004).

Para estudar a regeneração natural e chegar à definição de parâmetros que possibilitem um manejo adequado, deve-se considerar, entre outros aspectos, os seguintes: o estudo da estrutura da regeneração, o crescimento, e os tratamentos silviculturais a serem aplicados na floresta. A análise estrutural de uma floresta diz respeito à quantificação da abundância, da frequência e do valor de cobertura das espécies, às características sociológicas e à dinâmica da população (CARVALHO, 1984).

A avaliação dinâmica da regeneração natural é realizada a partir de dados coletados em medições de parcelas permanentes ou parcelas temporárias. As parcelas temporárias só permitem a avaliação da dinâmica da média de atributos, ou seja, não é possível avaliar, por exemplo, o crescimento de uma determinada árvore.

A taxa de regeneração natural permite a análise do comportamento dinâmico de uma espécie, de um grupo de espécies ou de uma floresta como um todo, ao final de um determinado período de estudo ou monitoramento (JARDIM, 1995).

2.6 Prognose de produção

A prognose da produção é, geralmente, realizada mediante o emprego de modelos de produção, que se fundamentam em dados de crescimento obtidos do monitoramento da floresta num determinado período de tempo. Em florestas equiâneas estes estudos dependem do conhecimento da idade do povoamento e de efetuar a classificação de sítio. Já em florestas nativas, onde não se tem esta informação é utilizada a teoria de projeção das tabelas do povoamento para estimar as mudanças que venham a ocorrer na estrutura diamétrica da floresta (SOUZA e GAMA, [20--])³.

Para VANCLAY (1994) na área florestal destacam-se três tipos de modelos de crescimento: os modelos para povoamento total, os modelos para classes de tamanho e modelos para árvores individuais. Os modelos de distribuição diamétrica são os mais comuns, e se baseiam em funções probabilísticas de distribuição, permitindo descrever as alterações na estrutura do povoamento, nas relações hipsométricas e nas taxas de mortalidade, podendo todas estas características serem analisadas, simultaneamente, ao longo do tempo.

Dentre os métodos baseados na distribuição diamétricas mais utilizadas para prever o crescimento e produção de florestas nativas está a matriz de transição.

2.6.1 Matriz de transição

A cadeia de Markov, ou matriz de transição é um processo estocástico onde as distribuições de probabilidade para o seu desenvolvimento futuro dependem somente do estado presente, e os estados são representados em termos de vetores

³ SOUZA, A. L.; GAMA, J. R. V. **Prognose de produção de florestas multiâneas**. Viçosa-UFV, [20--]. Nota de aulas. Disponível em: <[ftp://www.ufv.br/def/disciplinas/ENF344/.../Aula%20-%20Prognose.pdf](http://www.ufv.br/def/disciplinas/ENF344/.../Aula%20-%20Prognose.pdf)>. Acesso em: Setembro de 2014.

probabilísticos que podem variar no espaço-tempo (discreto ou contínuo), sendo que se o espaço é discreto, então o modelo de Markov é denominado cadeia de Markov (SANTOS et al., 2012).

Para SANQUETTA (1996) nas matrizes de transição usa-se o critério de separar árvores de certa classe que cresce para uma, duas ou mais classes consecutivas daquelas que permanecem na mesma classe ou morrem durante um intervalo de tempo. O ingresso ou recrutamento também pode ser incorporado. O movimento das classes é calculado em proporções (probabilidades) que constituem a chamada matriz de transição.

Matriz de transição estabelece um método de predição, em curto prazo (40 a 50 anos neste contexto) de crescimento da floresta com base em grande quantidade de dados de medições periódicas. Estes dados podem ser obtidos a partir de inventário contínuo em parcelas permanentes ou temporárias, em que árvores são medidas apenas por classe de diâmetro e espécies (ALDER, 1980).

O modelo da matriz de transição está fundamentado no conceito de estado, ou seja, na situação em que a árvore pode ser encontrada (ingresso, classe de diâmetro e mortalidade). Portanto, parte do princípio que uma árvore encontrando-se em um estado, ela pode permanecer nele, ou mover-se para outro. Os movimentos de um estado para outro são calculados pelas probabilidades de transição (SOUZA e GAMA, [20--]).

O modelo da matriz de transição pode ser usado para vários fins. Primeiro, pode-se achar o estado de equilíbrio de uma floresta a longo prazo, sendo este o estado de clímax em florestas naturais. Além disso, a abordagem da matriz de transição permite avaliar diferentes estratégias de intervenção em florestas, levando em consideração os objetivos estabelecidos do manejo florestal (SPATHELF e NUTTO, 2000).

De acordo com SCHNEIDER (2008) as projeções não devem ser realizadas para período de tempo longo, pois o desempenho do modelo é condicionado a dois pontos básicos:

a) O primeiro ponto básico considera que o incremento periódico em diâmetro das árvores da floresta, obtido na parcela permanente, tem comportamento idêntico no futuro, ao obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes.

b) O segundo ponto básico é que a projeção da estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito do desenvolvimento passado da floresta. Esta característica ou propriedade do modelo considerado é definida como propriedade Markoviana.

SCHNEIDER (2008) afirmou ainda que o método trará melhores resultados se o povoamento for mantido em condições semelhantes, isto é, povoamento sem manejo próximo ao clímax ou povoamentos regularmente manejados para uma área basal especificada.

2.7 Parcelas permanentes

São unidades de amostra demarcadas e observadas de forma contínua visando conhecer o comportamento das espécies florestais e seus processos dinâmicos de crescimento, mortalidade, recrutamento ao longo do tempo (IBAMA, 2004).

Ainda segundo IBAMA (2004), as parcelas permanentes poderão ser estabelecidas em campo de forma imediata ou gradual, na proporção de 1 ha de parcelas para cada 250 ha de área manejada até o limite de 50 ha amostrados. A forma das parcelas poderá ser quadrada ou retangular e o tamanho mínimo da parcela será de $\frac{1}{4}$ hectare (ex. 50 x 50m ou 10 x 250 m).

As parcelas devem ser demarcadas permanentemente, utilizando-se piquetes de marcação de madeira, PVC ou outros materiais que resistam a longa exposição ao tempo. As extremidades superiores dos piquetes devem ser pintadas com cores bem contrastantes com a vegetação, preferencialmente com tinta resistente à água (tinta óleo), para facilitar sua localização (FELFILI et al., 2005; IBAMA, 2004).

As parcelas para estudos de crescimento e produção devem ser estabelecidas em áreas produtivas da propriedade. Também poderão ser estabelecidas parcelas em áreas onde não seja executada nenhuma intervenção silvicultural, para o acompanhamento do desenvolvimento da floresta natural (IBAMA, 2004).

As parcelas poderão ser lançadas em campo, de forma sistemática ou aleatória; em áreas com diferentes formações florestais deverá ser feita a estratificação prévia da área para a distribuição das parcelas em campo.

Para instalar a parcela no lugar sorteado dentro da picada selecionada, são colocados e balizados seis piquetes, a cada 10 metros, para demarcar um dos lados da parcela. Em seguida, partindo do sexto piquete, no sentido perpendicular, colocam-se outros cinco piquetes a cada 10 metros, para demarcar o outro lado da parcela (IBAMA, 2004).

As parcelas devem ser instaladas e medidas antes de qualquer intervenção (exploração, tratamentos silviculturais, e outros). A segunda medição deve ser realizada no ano seguinte à intervenção para avaliação dos danos produzidos pela exploração. A partir daí os intervalos entre as medições deverão ser de dois a cinco anos. O diâmetro mínimo de medição fica estabelecido em 10 cm (FELFILI et al., 2005).

A maioria de florestais considera que os dados obtidos em parcelas permanentes são os mais importantes contribuintes para o modelo de crescimento e produção. Embora isso seja verdade para muitas situações, os experimentos devem ser considerados como complemento necessário para introduzir extremos de tratamentos que são encontrados na floresta (ALDER, 1980).

ALDER (1980), afirma ainda que não é possível definir o número de parcelas permanentes requeridas a partir de critérios puramente estatísticos. A precisão de um modelo ajustado aos dados de parcela permanente dependerá acima de tudo da localização das parcelas e duração de intervalo para nova medição, bem como sobre as covariâncias de várias variáveis de previsão e os coeficientes do modelo ajustado. O autor afirmou que experiência sugere, porém, cerca de 100 parcelas que cobrem o intervalo de variação do sítio, e o histórico do povoamento pode ser suficiente em um determinado tipo florestal, ao menos que haja evidências de diferentes padrões distintos de crescimento ao longo da distribuição geográfica.

3 MATERIAS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado em Moçambique, província de Manica, distrito de Gondola, Posto Administrativo de Amatongas, no povoado de Pindanyanga. Moçambique localiza-se na costa leste da região Austral da África, entre $10^{\circ} 27'$ e $26^{\circ} 57'$ de latitudes Sul e $30^{\circ} 12'$ e $40^{\circ} 51'$ de Longitude Este (FIGURA 4 e ANEXO 6).

A região de Pindanyanga está localizada na província de Manica, no posto administrativo de Amatongas, distrito de Gondola e compreende cerca de 31.300 hectares. Tem como limites: Rio Mussatwa e Pungué ao Norte; Rios Nhahurungo, Metuchira e Nharussenguere ao Sul; Província de Sofala a Este; e rio Nhamaware a Oeste (SPGC, 2001). O uso da terra é, sobretudo florestal com 76% da área ocupada por florestas densas e abertas, 21% ocupado por campos agrícolas com árvores dispersas entre 5 a 50% de cobertura, e a área restante (3%) é ocupada por povoamento de bambú.

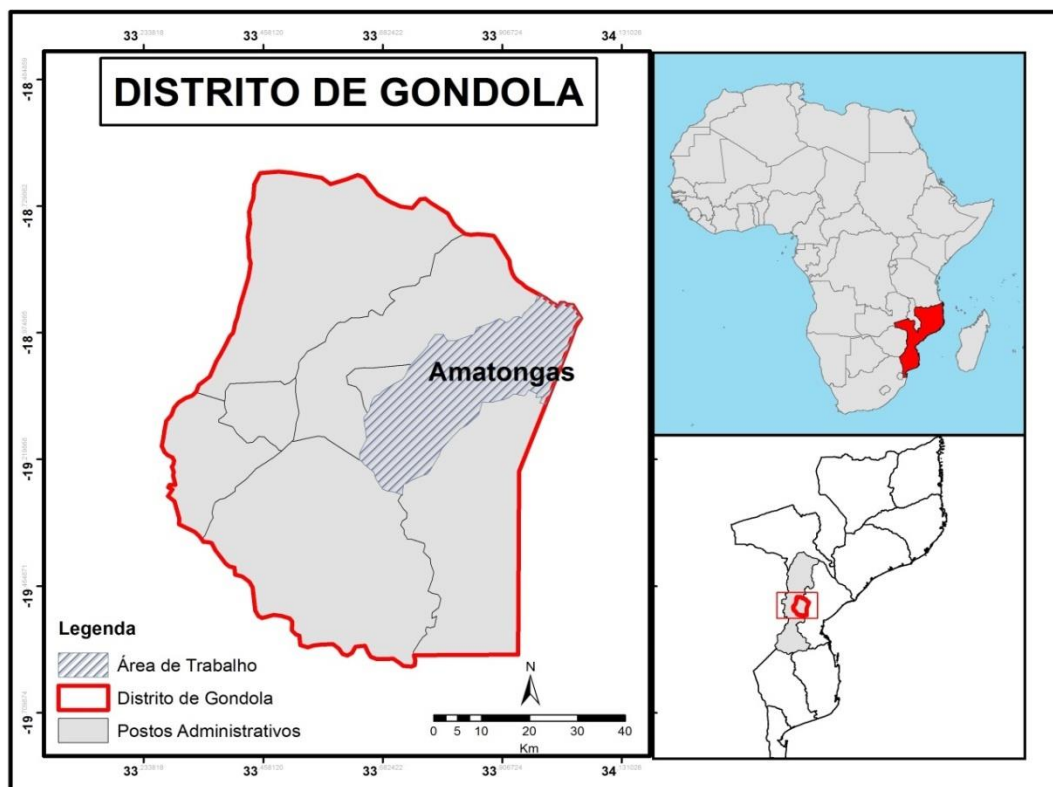


FIGURA 4 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO
 FONTE: O autor (2014)

Topografia e solos

A topografia da área é ligeiramente ondulada especialmente na zona norte junto do rio Mussatwa e apresenta várias formações rochosas, sendo Monte Nhangue o pico mais elevado, e a altitude varia de 0-700 metros. Os solos variam de arenosos com baixo teor de matéria orgânico e pouco fértil (zona centro), a solos vermelhos e argilosos com textura média e alto teor de matéria orgânica (zona norte). Possuem cores que variam entre cinzento a castanho, com uma boa drenagem. O pH destes solos varia entre 5-8, podendo ser classificados como solos moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos (INIA, 1994).

Clima

O clima é caracterizado por apresentar duas estações marcadas, decorrendo a estação chuvosa de Dezembro a Março e a estação seca de Abril a Novembro. A precipitação média anual é de 1.080 mm e a temperatura média anual é de 21°C (Tabela 5) (UEM/CEF, 2000).

TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE PINDANYANGA

Temperatura média anual	21,5 C
Temperatura mínima média	16,0 C
Temperatura máxima média	26,5 C
Precipitação média anual	1.080,0 mm
Umidade relativa	62 - 79%

FONTE: MINED (1986)

Hidrografia

A área possui vários rios e riachos, sendo os mais importantes o rio Púngue, rio Mussatwa, Nhahurungo, Baaze, Nharussenguere e Nhamaware.

Vegetação

A vegetação de Pindanyanga pertence ao ecossistema Miombo, no qual predominam as espécies do gênero *Brachystegia* e *Julbernardia*. Caracteriza-se por apresentar uma grande diversidade de espécies, tendo sido encontrado 102 espécies arbóreas durante o inventário no ano 2000, das quais 72% foram

identificadas. É ainda caracterizada pela riqueza em espécies de valor comercial para fins madeireiros, sobretudo pela abundância da umbila, que apresenta diâmetros pequenos devido à exploração florestal descontrolada do passado e à sua utilização para fabrico de carvão. O pau-preto existente na área é utilizado para fabricar peças artesanais de uso doméstico ou para venda no mercado local (PEREIRA, 2002).

Fauna

A fauna bravia de Pindanyanga possui um papel importante como complemento alimentar da população e ocorre, sobretudo, na região Este perto do rio Púngue ou nas regiões montanhosas do rio Mussatwa. No ecossistema terrestre os antílopes e macacos são os animais mais abundantes, enquanto que no rio é de ressaltar a ocorrência de crocodilos e hipopótamos.

Demografia

A população de Pindanyanga é constituída por cerca de 2300 famílias cuja área de residência se concentra ao longo da estrada entre o rio Pungué e estrada nacional número 6 (N6). A comunidade está dividida em 9 aglomerados populacionais chefiados por líderes tradicionais denominados “fumos” e subordinados ao régulo.

A agricultura, a pesca e a produção de carvão constituem as principais atividades na área, sendo a produção do carvão exclusivamente para geração de rendimento. A produção de carvão na área é mais recente do que a produção de toras e adquiriu importância fundamental no período após guerra como fonte principal de rendimento familiar, passando a fazer parte das atividades quotidianas da população local.

O carvão é produzido com base em fornos tradicionais retangulares cobertos de matope/capim com dimensões aproximadas de 5m de comprimento, 2m de altura e 1m de largura. A seleção das espécies para fabrico de carvão é efetuada apenas pela habilidade e qualidade de combustão das mesmas sem se considerar o seu valor para produção de madeira.

3.2 Obtenção de dados

Os dados utilizados são provenientes das três parcelas permanentes instaladas pelo IIAM na área designada para conservação, de acordo com zoneamento feito durante o processo de elaboração do plano de manejo dos recursos florestais da área sob gestão comunitária de Pindanyanga. A área total com floresta densa é de cerca de 12 mil hectares intermediada por manchas medianamente densa e floresta aberta. A primeira coleta de variáveis ocorreu na medição de 2002 logo após a instalação das parcelas, e a segunda teve lugar em 2013.

As medições nestas parcelas foram feitas por uma equipe de investigação florestal da Estação Florestal de Mandonge de IIAM (Centro Zonal de Investigação de Zona Centro e Sul). Cada parcela tem 50m x 50m de dimensões e foram medidas com fita métrica todas as árvores com circunferência a altura de peito (CAP) igual ou superior a 31,4 cm, e com clinômetro foram medidas as respectivas alturas, comercial e total. Cada indivíduo medido foi pintado com tinta branca à altura do peito. Para posterior localização dos mesmos, registrou-se duas distâncias do indivíduo (X,Y).

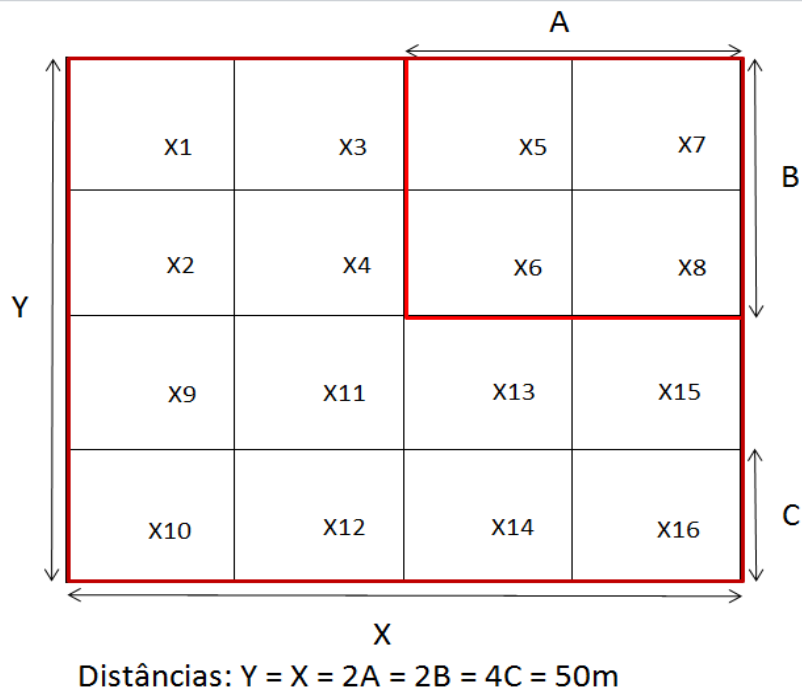


FIGURA 5 - ESQUEMA DA PARCELA PERMANENTE
FONTE: O autor (2014)

Demarcou-se dentro das parcelas uma subparcela de 25m x 25m para o levantamento da regeneração estabelecida. Na subparcela mediu-se CAP e altura total de todos os indivíduos com $15,7 \text{ cm} \leq \text{CAP} < 31,4 \text{ cm}$ os quais foram pintados com tinta vermelha na altura de 1,30 m.

Neste trabalho, entende-se por regeneração natural os indivíduos com CAP igual ou superior a 15,7 cm e inferior a 31,4 cm.



FIGURA 6 - PONTO DE MEDIÇÃO DE DIÂMETRO PARA ÁRVORES ADULTAS
FONTE: O autor (2014).



FIGURA 7 - MARCO DA PARCELA COM INDICAÇÃO DO SEU NÚMERO
FONTE: O autor (2014)

3.3 Identificação botânica

As árvores foram primeiramente identificadas pelo nome vulgar no campo, pelos técnicos e guia do campo (mateiro), e em seguida identificadas na base do “Check list” contendo ambos os nomes, vulgares e científicos. Espécimes foram enumerados e transportados para posterior identificação. Quando não era possível identificar o nome científico, permanecia o vulgar. Para casos de árvores não identificadas pelos nomes, seja vulgar assim como científico, eram codificadas por NI (não identificada), e sendo consideradas como indivíduos de espécies diferentes.

3.4 Agrupamento das espécies pelas classes de valor comercial

O agrupamento baseou-se do Regulamento de Floresta e Fauna Bravia de Moçambique (BOLETIM DA REPÚBLICA, 2002), que classifica as espécies florestais em preciosas (grupo 1), de primeira classe (grupo 2), de segunda classe

(grupo 3), de terceira classe (grupo 4) e de quarta classe (grupo 5), de acordo com seu valor comercial, científico, raridade, utilidade, resistência e qualidade. Toda aquela espécie que não aparece em nenhuma das classificações mencionadas, foi considerada como “não comercial” (grupo 6). As espécies não identificadas foram alocadas no grupo das não comerciais.

3.5 Processamento de dados

Os dados foram processados através do aplicativo EXCEL. A escolha da amplitude de classe diamétrica foi feita de modo a evitar classes vazias e distribuições multimodais. Foi estabelecida a distribuição diamétrica de amplitude constante com sete classes, para todas as árvores com DAP não inferior a 10 cm, sendo as primeiras seis classes com amplitude de 10 cm e a última com intervalo aberto.

O DAP, que foi obtido através da transformação da CAP, serviu de base para o cálculo da área transversal. A somatória das áreas transversais de todos os indivíduos, resultou na área basal por espécie, dentro de cada classe diamétrica.

O volume estimado com casca de cada espécie foi obtido pelo modelo ajustado por PEREIRA e NHAMUCHO (2003):

$$\ln(v) = -9,8528895 + 2 * \ln(DAP) + \ln(Hc) \quad (1)$$

Em que:

v = volume comercial com casca (m³)

DAP = diâmetro à altura do peito (cm)

Hc = altura comercial (m);

Fez-se a distribuição do número de indivíduos por classe diamétrica para todas as espécies, por grupo de qualidade de madeira, com seus respectivos valores de área basal e volume.

3.6 Matrizes de transição

Os dados utilizados foram obtidos no período 2002, primeira medição, até 2013, segunda medição. A determinação da mortalidade foi dada pela contagem do número de árvores que saíram do sistema entre duas remedições, em termos de valores discretos e absolutos.

De acordo com ARCE (1998) a matriz de transição é um método de simulação que considera as frequências diamétricas no ano de início da simulação (Y_t) na forma de vetor, que multiplicado por uma matriz de probabilidades de transição entre classe diamétricas (G) permite obter as frequências diamétricas do ano final ($Y_{t+\Delta t}$). O recrutamento é considerado também como um vetor (I_t), que é adicionado ao produto vetor-matriz descrito. A mortalidade foi considerada um vetor incluído na matriz G nas últimas linhas e colunas.

Em álgebra de matrizes, o processo de simulação para um período ($t \rightarrow t+1$), com mortalidade incluída na matriz de transição, pode ser resumido como se segue:

$$Y_{t+\Delta t} = G * Y_t + I_t \quad (2)$$

Em que:

$Y_{t+\Delta t}$ = Vetor com número de árvores projetadas (ha)

G = Matriz de probabilidade de transição por classe diamétrica

Y_t = Vetor de frequência da classe de diâmetro (ha)

I_t = Vetor do recrutamento (ha)

Para que o produto seja factível, a matriz G deve ser quadrada (número de linhas = número de colunas).

Os vetores de frequências observadas (Y_t) e de recrutamento (I_t) representam unidades físicas (árvores) por classes de diâmetro presentes no início da simulação e recrutadas durante o período $t + \Delta t$, respectivamente.

A probabilidade de transição de cada período de projeção foi obtida da matriz de transição G segundo SANQUETTA (1996) cujos elementos estão descritos a seguir:

$$G = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Em que:

a_i = probabilidade das árvores da classe i ficarem na classe i durante $(t \rightarrow t+1)$;

b_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i+1(t \rightarrow t+1)$;

c_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i+2(t \rightarrow t+1)$;

m_i = probabilidade das árvores da classe i morrerem durante o período $(t \rightarrow t+1)$;

i = número da classe diamétrica, variando de 1 até n (última classe).

Foi obtida a matriz geral e a matriz para cada grupo de qualidade de madeira, com mesma amplitude de classes diamétricas. Em todas as matrizes, determinou-se para cada classe diamétrica, o número de árvores que permaneceram, morreram ou passaram para a(s) classe(s) seguinte(s), durante o período considerado. Com os valores obtidos determinou-se as probabilidades de permanência na classe, transição entre classe e mortalidade das árvores, respectivamente. Na construção de matrizes de transição, a mortalidade foi incluída na última linha e coluna.

3.7 Regeneração natural

Os dados utilizados foram obtidos na medição de 2002 e 2013, dentro de parcelas de 25 m x 25 m, para todos os indivíduos com CAP igual ou superior a 15,7 cm e inferior a 31,4 cm. A determinação da mortalidade foi dada pela contagem do número de árvores que saíram do sistema entre as duas medições, e para ingresso, pela contagem do número de árvores que entraram no sistema na segunda ocasião.

A taxa de regeneração natural (TR), expressa o resultado da interação dos processos de mortalidade, ingresso ou recrutamento e crescimento através da seguinte expressão matemática:

$$TR\% = \frac{A_1 - A_0}{A_1 + A_0} * 100 \quad (4)$$

$$A_1 = A_0 - n_e + n_i \quad (5)$$

Em que:

$TR\%$ = Taxa de regeneração natural relativa;

A_1 = Densidade no final do estudo (N/ha);

A_0 = Densidade no início do estudo (N/ha);

n_e = Número de indivíduos que morreram ou cresceram mudando de classe de tamanho (ha);

n_i = Número de indivíduos que ingressaram no estudo (ha).

A interpretação dos valores da TR, considerando a interação das três componentes da dinâmica da floresta, pode expressar a seguinte variação:

TR (%) > 0: Ingresso > Mortalidade → adensamento na população amostrada;

TR (%) < 0: Ingresso < Mortalidade → raleamento na população amostrada;

TR (%) = 0: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ingresso} = \text{Mortalidade} \neq 0 \rightarrow \text{Equilíbrio dinâmico} \\ \text{Ingresso} = \text{Mortalidade} = 0 \rightarrow \text{Equilíbrio estático} \end{array} \right.$

3.8 Teste de Kolmogorov – Smirnov

Aplicou-se o teste de Kolmogorov – Smirnov para comparação de frequências de árvores por unidade de área nas duas ocasiões de medição, na floresta de Pindanyanga.

De acordo com VIALI (2008) deve-se construir uma distribuição de probabilidade acumulada para cada uma das amostra, considerando sempre intervalos iguais. O mesmo autor afirma que cada intervalo subtrai-se uma função da outra, ou seja

$$S_{n_1}(x) = \frac{k}{n_1} \quad (6)$$

onde K é o número de árvores não superior a X. Da mesma forma define-se $S_{n_2}(x)$ para a outra amostra. Assim, obtém-se:

$$D_{cal} = \text{máx} \left| S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x) \right| \quad (7)$$

Em que:

D_{cal} = Desvio calculado

S_{n_1} = Distribuição de probabilidades acumuladas em 2002

S_{n_2} = Distribuição de probabilidades acumuladas em 2013

$$D_{crítico} = 1,63 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 * n_2}} \quad (8)$$

Em que:

$D_{crítico}$ = Desvio tabelado

n_1 = Frequências diamétricas em 2002

n_2 = Frequências diamétricas em 2013

Hipóteses: $H_0: n_1 = n_2$

$H_1: n_1 \neq n_2$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na floresta de Pindanyanga foram encontradas 53 espécies das quais apenas duas não foram identificadas. Das espécies identificadas, 40 foram com nomes científicos e 11 com apenas nomes vulgares.

As primeiras cinco espécies mais abundantes representam mais de 50% do total da floresta, destacando-se com maior abundância as espécies *Julbernardia globiflora* com 17%, *Brachystegia boehmii* com 16%, *Brachystegia spiciformis* e *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 7% e *Millettia stuhlmannii* com 6%.

4.1 Distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica da floresta de miombo em Pindanyanga, em 2002 e 2013 é apresentada na FIGURA 8. No primeiro inventário (2002) registraram-se 471 indivíduos por unidade da área, e no último (2013) 452 árvores/ha. Pode-se observar que houve redução do número de indivíduos por hectare durante este período, de 4%, com maior expressão na primeira classe diamétrica. Esta redução deveu-se a mortalidade anual (1,9%) que foi superior ao recrutamento anual (1,54%).

O D_{cal} (0,111) foi superior ao $D_{crítico}$ (0,107) evidenciando que existe diferenças significativas ($p = 0,01$) entre as frequências de árvores por hectare observadas na floresta de Pindanyanga nos dois inventários.

RIBEIRO et al. (2002) afirmaram que dependendo das condições do sítio, o número de árvores na floresta de miombo, em média varia entre 200 a 300 indivíduos por hectare. A frequência de indivíduos por unidade de área encontrada por esses autores está abaixo da encontrada na presente pesquisa. MALIMBWI et al. (2005) encontraram em duas ocasiões diferenciado por 3 anos (1996 – 1999), em parcelas permanentes numa floresta de miombo, 691 e 618 árvores/ha respectivamente, frequência esta, muito acima à encontrada no presente trabalho. Mas, ISANGO (2007) no seu trabalho da estrutura e composição de ecossistema de miombo, afirmou que o número de indivíduos por hectare pode variar de 74 a 1.041.

A diferenciação nas frequências de árvores por unidade de área mencionada pode ser justificada segundo CAMPBELL (1996), o qual afirmou que as origens das

diferenças na composição e estrutura em floresta de miombo não são claras, mas podem estar ligadas à evolução geomorfológica, fatores edáficos (principalmente a umidade e nutrientes do solo), os efeitos do fogo, o impacto da fauna bravia, o uso da terra no passado e no presente, e outras perturbações antropogênicas.

Pode-se observar ainda nas duas ocasiões, que o número de árvores por unidade da área diminui na medida em que aumentam os diâmetros, seguindo o padrão comum em florestas naturais, apresentando forma típica da distribuição exponencial negativa, ou seja, “J” invertido, onde há regeneração contínua numa ponta e mortalidade na outra.

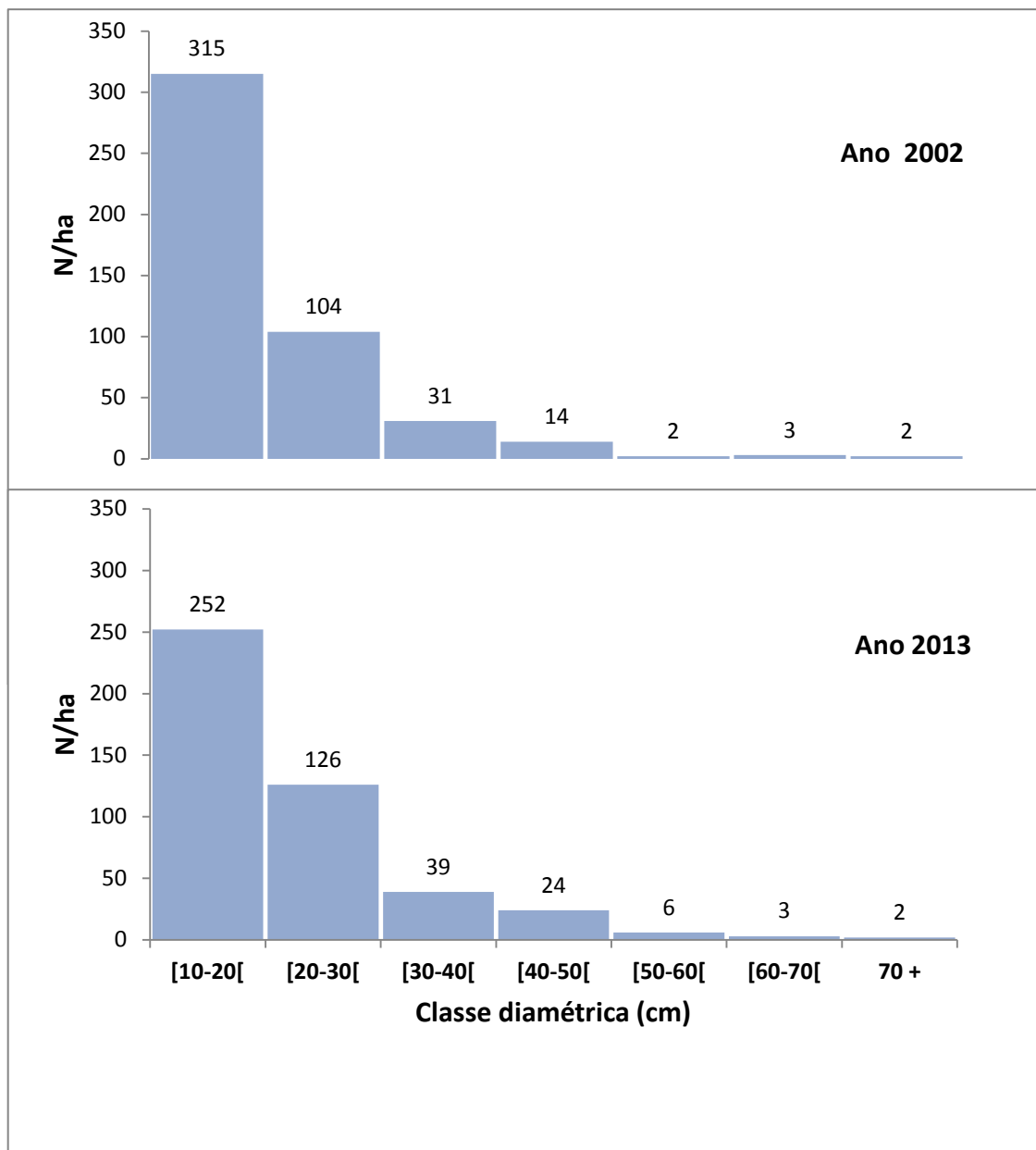


FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA FLORESTA EM 2002 E 2013
 FONTE: O autor (2014).

MALIMBWI et al. (2005); SAWE et al. (2014); LUPALA (2009); MUBOKO et al. (2013), em seus estudos no ecossistema do miombo, encontraram resultados semelhantes que seguem o padrão de distribuição exponencial negativa.

De acordo com SCOLFORO et al. (1998), a maior concentração de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro pode caracterizar uma comunidade estoque, o que é um padrão em florestas tropicais estáveis com idade e composição de espécies variadas. PEREIRA-SILVA (2004) corrobora que o modelo de distribuição exponencial negativa sugere que as populações que compõem uma comunidade são estáveis e autoregenerativas e que existe um balanço entre mortalidade e o recrutamento dos indivíduos.

Ainda segundo PEREIRA-SILVA (2004), este tipo de distribuição diamétrica garante que o processo dinâmico da floresta persista continuamente, dado que a morte natural dos indivíduos dominantes irá dar lugar para o desenvolvimento da regeneração natural. LAMPRECHT (1962) também afirmou que o modelo de distribuição diamétrica exponencial negativa garante a existência e sobrevivência das espécies.

No primeiro inventário (2002) das parcelas permanentes o número de indivíduos da primeira classe diamétrica representou 67% (315 árvores/ha) do total, e as restantes seis classes somaram 33% (156 árvores/ha). Enquanto que no segundo inventário (2013) a primeira classe diamétrica representou 56% (252 árvores/ha) do total, e as restantes classes somaram 44% (200 árvores/ha).

Pode-se observar que a partir da segunda classe de diâmetro (20 – 29,9), as medições no segundo inventário não apresentaram números de indivíduos por unidade da área inferiores aos da primeira medição, para iguais intervalos de classes.

Nas duas ocasiões de medição, registrou-se poucos indivíduos nas duas maiores classes de diâmetro (3 e 2 árvores/ha). Este resultado pode evidenciar que o ciclo de vida das espécies que alcançariam diâmetros maiores não estaria se complementando. Outras hipóteses seriam consequência de cortes clandestinos por parte de operadores florestais desonestos e/ou incêndios florestais que predominam neste tipo de ecossistema (miombo).

MENDONÇA (2003), em seu trabalho nas parcelas permanentes instaladas na área potencial de produção florestal da empresa Mil Madeireira Itacoatiara Ltda, no Estado do Amazonas, utilizando amplitude de 10 cm nas classes diamétricas,

observou que antes da exploração o número de indivíduos na primeira classe de diâmetros atingiu 50% (151 árvores/ha) do total, resultado próximo ao encontrado neste trabalho.

As TABELAS 6 e 7 apresentam a distribuição diamétrica por hectare das árvores em grupos de qualidade da madeira em 2002 e 2013.

TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2002

Classe diamétrica	Frequência (N/ha) das árvores nos grupos de qualidade de madeira em 2002					
	Preciosas	1ª classe	2ª classe	3ª classe	4ª classe	NC
[10-20[	3	46	90	45	19	97
[20-30[	-	11	72	9	6	8
[30-40[	-	6	19	4	-	1
[40-50[	-	3	10	-	-	1
[50-60[	-	-	2	-	-	-
[60-70[	-	-	3	-	-	-
70+	-	2	-	-	-	1
TOTAL	3	68	196	58	25	108

Fonte: O autor (2014); NC – não comerciais

TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2013

Classe diamétrica	Frequência (N/ha) das árvores nos grupos de qualidade de madeira em 2013					
	Preciosas	1ª classe	2ª classe	3ª classe	4ª classe	NC
[10-20[	3	42	63	30	30	72
[20-30[	-	14	79	17	6	5
[30-40[	-	4	33	1	-	-
[40-50[	-	4	17	2	-	-
[50-60[	-	-	4	-	-	-
[60-70[	-	-	1	-	-	1
70+	-	2	1	-	-	-
TOTAL	3	66	198	50	36	78

FONTE: O autor (2014); NC – não comerciais

O grupo 3 (espécies da 2ª classe) apresentou maior número de indivíduos por unidade de área, enquanto que as preciosas (grupo 1) tiveram resultado oposto. O elevado número de árvores no grupo 3 deveu-se a concentração, neste grupo, de espécies mais abundantes, dominantes e frequentes no ecossistema de miombo, é o caso de *Brachystegia boehmii*, *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora*. CUAMBE e MARZOLI (2007), com propósito de identificar as espécies mais importantes em diferentes zonas ecológicas, realizaram um inventário na província de Manica, e as três espécies citadas, em quase todas as zonas tiveram maiores índices de valor de importância (IVI). Essa supermacia das espécies referenciadas é sustentada pelos autores ISANGO (2007), LUPALA (2009) e SHIRMA et al. (2011).

A maioria dos grupos de qualidade de madeira apresentaram o modelo de distribuição exponencial negativa, excetuando o grupo 1 e 3. O resultado das preciosas, deveu-se a raridade das espécies deste grupo, que só apresentou uma única espécie (*Dalbergia melanoxylon*) com apenas 3 árvores por unidade da área em todo período de estudo. Para além da raridade, *Dalbergia melanoxylon* é uma espécie de pequeno porte, de crescimento muito lento, leva 70 a 100 anos para atingir maturidade (OPULUKWA et al., 2002). Estes autores afirmaram ainda que mesmo atingindo maturidade, a média do seu diâmetro a altura do peito não alcança 38 cm. Como se pode observar nas TABELAS 6 e 7 esta espécie permaneceu na mesma classe diamétrica e o número de indivíduos permaneceu o mesmo durante todo período do estudo.

O grupo 3 apresentou uma distribuição unimodal, que pode dever-se a insuficiência da amostra ou a floresta de Pindanyanga pode estar a denunciar algum distúrbio sofrido no período observado.

4.2 Área basal e volume

No primeiro inventário (2002) registrou-se área basal de 17,600 m²/ha, e no último (2013) registrou-se 21,135 m²/ha. Portanto, houve aumento anual de 1,54% de área basal correspondente a um incremento periódico anual de 0,321 m²/ha. Em média a área basal da floresta de miombo varia entre 7,000 a 19,000 m²/ha (CHIDUMAYO, 1987). A FIGURA 9 ilustra o comportamento de área basal no período de estudo.

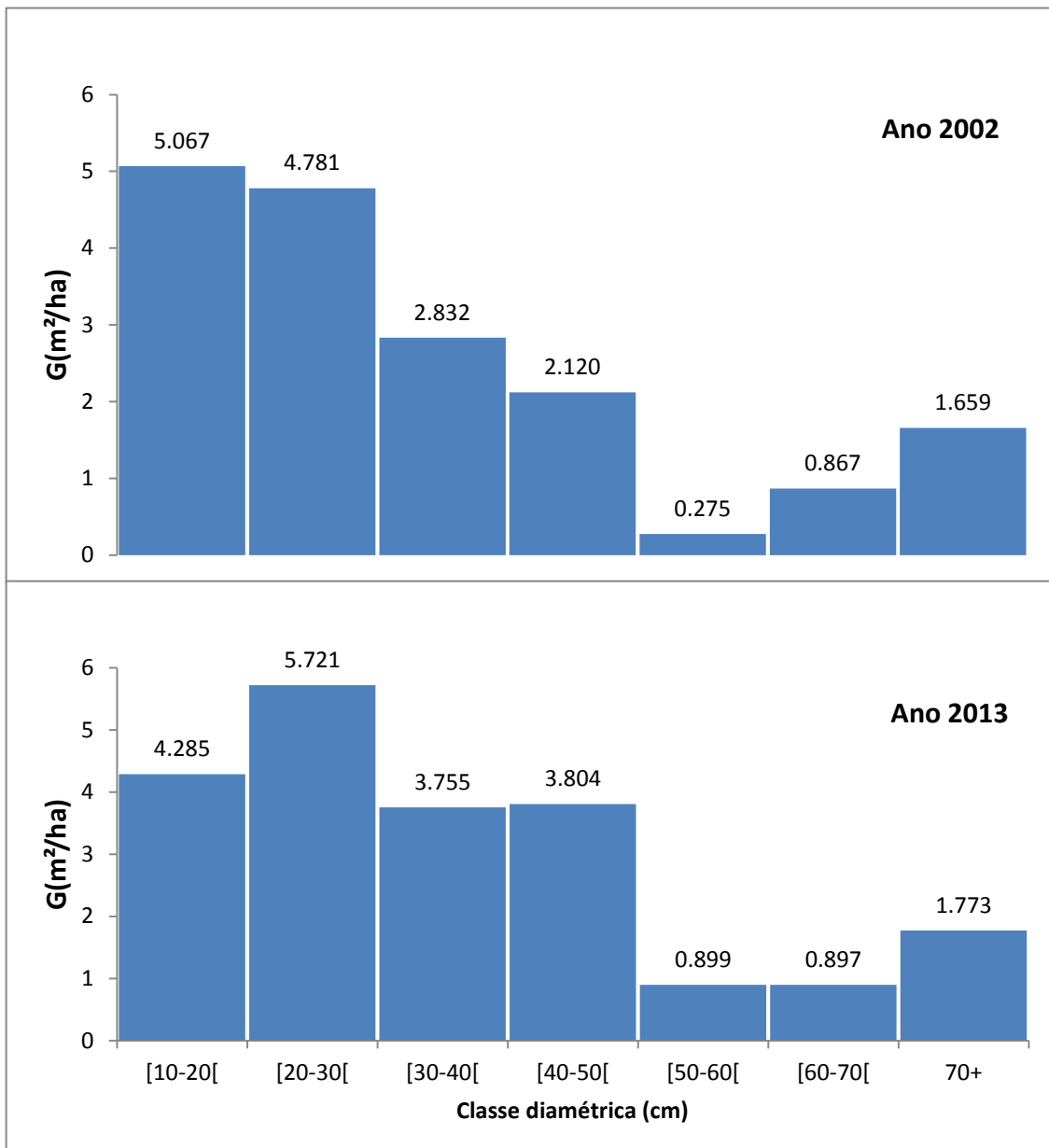


FIGURA 9 - ÁREA BASAL TOTAL DA FLORESTA POR CLASSE DIAMÉTRICA EM 2002 E 2013

FONTE: O autor (2014).

A área basal das árvores com DAP < 30 cm no primeiro inventário representou 56%, enquanto que a de árvores com DAP ≥ 30 cm representou 44%. No segundo inventário, a área basal das árvores com DAP < 30 cm representou 47%, e 53% para as árvores com DAP ≥ 30 cm.

A distribuição do volume/ha por classe diamétrica está ilustrada na FIGURA 10. O volume da floresta na primeira medição foi de 53,082 m³/ha, enquanto que na segunda medição foi 70,983 m³/ha. Houve um aumento anual de 2,27%, equivalente a um incremento periódico anual de 1,627 m³/ha/ano. Este incremento volumétrico

assemelha-se ao valor de crescimento das florestas Moçambicanas encontrado por MARZOLI (2007). ISANGO (2007) no seu trabalho na floresta de miombo dentro de uma reserva (área protegida) encontrou 78,8 m³/ha de volume, valor próximo ao encontrado na segunda medição neste trabalho.

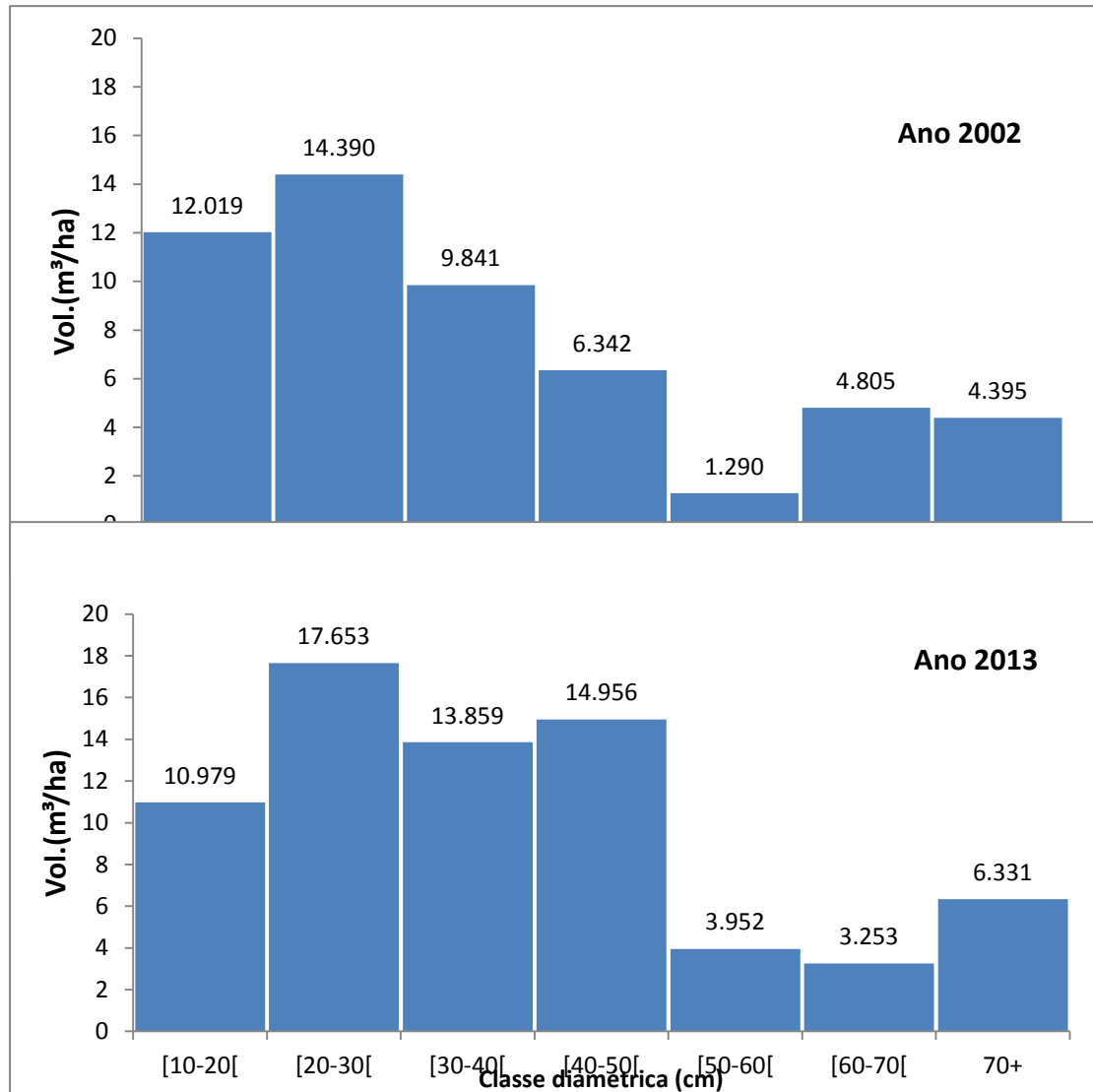


FIGURA 10 - VOLUME COMERCIAL DA FLORESTA POR CLASSE DIAMÉTRICA EM 2002 E 2013

FONTE: O autor (2014)

O volume das árvores com DAP < 30 cm no primeiro inventário representou 50%, enquanto que a outra metade da percentagem do volume foram computados para as árvores com DAP ≥ 30 cm. No segundo inventário, o volume das árvores com DAP < 30 cm representou 40%, e 60% para as árvores com DAP ≥ 30 cm.

Os volumes de grupos de qualidade da madeira por classe estão apresentados nas TABELAS 8 e 9.

TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO DE VOLUME POR CLASSE DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2002

Classe diamétrica	Volume (m ³) dos grupos de qualidade de madeira em 2002					
	Preciosas	1ª classe	2ª classe	3ª classe	4ª classe	NC
[10-20[	0,025	1,599	4,938	1,783	1,806	2,322
[20-30[	-	1,154	10,982	1,280	0,036	0,521
[30-40[	-	2,119	6,563	1,042	-	0,081
[40-50[	-	1,106	4,555	-	-	0,682
[50-60[	-	-	1,289	-	-	-
[60-70[	-	-	4,806	-	-	-
70+	-	3,619	-	-	-	0,776
TOTAL	0,025	9,596	33,133	4,105	1,842	4,382

FONTE: O autor (2014).

TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO DE VOLUME POR CLASSE DIAMÉTRICA DOS GRUPOS DE QUALIDADE DA MADEIRA EM 2013

Classe diamétrica	Volume (m ³) dos grupos de qualidade de madeira em 2013					
	Preciosas	1ª classe	2ª classe	3ª classe	4ª classe	NC
[10-20[	0,064	1,897	3,593	1,316	1,416	2,309
[20-30[	-	1,467	11,677	3,126	0,922	0,461
[30-40[	-	1,702	11,702	0,454	-	-
[40-50[	-	2,675	11,291	0,990	-	-
[50-60[	-	4732	3,953	-	-	-
[60-70[	-	-	2,823	-	-	0,431
70+	-	-	1,598	-	-	-
TOTAL	0,064	12,473	46,636	5,885	2,339	3,201

FONTE: O autor (2014).

O grupo 3 (espécies da 2ª classe) apresentou maior volume nas duas medições (33,133 e 46,636 m³/ha respectivamente) em relação aos demais grupos, correspondendo a cerca de 66% de toda floresta. Esta superioridade, deve-se ao crescimento diamétrico e de altura, além da maior abundância das espécies do gênero *Brachystegia* e *Julbernardia* neste grupo de qualidade de madeira. Este grupo registrou um aumento de 29% durante o período de estudo, o equivalente a um incremento periódico anual de 1,227 m³/ha/ano.

Os grupos 2 e 4 ocuparam segundo e terceiro lugar, respectivamente, nas duas medições. O volume do grupo 2 (1ª classe) representa 18% da floresta, e do grupo 4 representa 8%. O grupo 6 (não comerciais) representou 5% do volume da floresta e foi o único em que o volume decresceu ao longo do tempo avaliado, devido a mortalidade. Os grupos 5 (4ª classe) e 1 (classe das preciosas) tiveram os volumes mais baixos da floresta (correspondente a 3 e 0,1%, respectivamente). A classe das preciosas teve menor volume por razões já discutidas neste trabalho.

Os grupos 2 e 4 registraram aumento em volume de 23% e 30% entre os dois inventários, equivalente a um incremento periódico anual de 0,262 e 0,162 m³/ha/ano, respectivamente.

4.3 Mortalidade e recrutamento

Durante o período observado anotou-se uma mortalidade de 1,9% por ano que corresponde a 3,988 m²/ha de área basal e 12,947 m³/ha de volume. No mesmo período averbou-se o ingresso de 82 árvores na floresta, equivalente a 1,54%, o que corresponde 3,015 m²/ha de área basal e 8,564 m³/ha de volume.

As árvores menores no estrato inferior mostram uma mortalidade mais alta do que árvores emergentes, provavelmente em consequência da severa competição na fase juvenil do crescimento.

CHIDUMAYO e FROST (1996) relataram no seu estudo que a taxa de mortalidade anual numa floresta de miombo sobre proteção de fogo é estimado em 0,4%. Todavia, para a floresta que sofreu queimada tardia é estimada em 1,6% por ano. Esses autores afirmaram que o fogo é a maior causa da mortalidade no miombo e tem influência variável entre as espécies.

Da mortalidade assinalada na floresta, em 11 anos, o grupo 6 apresentou maior taxa em relação aos demais grupos, enquanto que o grupo 1 teve a menor taxa. Dos 97 indivíduos mortos na floresta, 1% foi no grupo 1, 10% nos grupos 2 e 4, 32% no grupo 3, 11% no grupo 5, e 35% no grupo 6.

Quanto ao recrutamento, o grupo 3 registrou maior taxa enquanto que o grupo 1 teve a menor taxa. Dos 82 indivíduos recrutados no período observado, 1% foi no grupo 1, 11% no grupo 2, 43% no grupo 3, 13% nos grupos 4 e 6, e 18% no grupo 5.

4.4 Matriz de transição

As probabilidades de transição entre classes diamétricas das árvores da floresta de miombo em Pindanyanga estão apresentadas na TABELA 11, em forma de matriz G de 7×7 e com última linha com probabilidade de mortalidade. Pode-se observar que as classes diamétricas 10 – 19,9 cm e 40 – 49,9 cm registram transição para apenas uma classe, com as seguintes probabilidades: para permanecer na mesma classe (a_i) após onze anos é de 0,57 e 0,60 e a de avançar para a classe seguinte (b_i) 0,17 e 0,20, respectivamente. As classes diamétricas 20 – 29,9 cm e 30 – 39,9 cm mostram transição para mais de uma classe, sendo as probabilidades para permanência na mesma classe 0,49 e 0,22 e de avanço para uma classe 0,22 e 0,30, respectivamente. As mesmas classes diamétricas mostraram mesmo valor de probabilidade, 0,04, para transições diferentes, sendo $i + 2$ para a classe diamétrica 20 – 29,9 cm e $i + 3$ para 30 – 39,9 cm.

As restantes classes diamétricas não registraram transição de árvores para as classes seguintes. A classe diamétrica 60 – 69,9 cm apresenta valores de probabilidades em que 50% das árvores permanecem na mesma classe e outras 50% morrem. Pode-se observar algumas anomalias nas classes diamétricas, sendo a primeira na classe diamétrica 50 – 59,9 cm que tem probabilidade de permanência de 100%, isto é, todas as árvores desta classe diamétrica permanecerão nesta classe, sem existir transição para as classes seguintes. Este efeito artificial pode indicar a insuficiência de base de dados. PULZ et al. (1999) argumentaram que as prognoses da estrutura diamétrica das classes de diâmetro anteriores não podem ultrapassar a classe que apresenta estado absorvente. Portanto, há então um acréscimo de árvores continuamente nesta classe, e este será mais intenso à medida que mais prognoses forem efetuadas, já que as árvores não mais saem desta classe. Esses autores afirmaram ainda que a ocorrência deste estado compromete as prognoses das estruturas diamétricas da floresta e impedem também que o estado de equilíbrio seja detectado.

E na classe >70 cm a probabilidade de mortalidade é de 100%, isto é, todas as árvores desta classe diamétrica irão morrer no próximo período de simulação de onze anos. As probabilidades de mortalidade por ordem crescente do tamanho de diâmetro: 0,27; 0,26; 0,43; 0,20; 0,00; 0,50 e 1,00.

As probabilidades de transição entre classes diamétricas para os grupos de qualidade da madeira estão apresentadas nas TABELAS 11 a 16.

TABELA 10 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA TODA FLORESTA POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica	2002							Mortalidade
	2013	[10 - 20[[20 - 30[[30 - 40[[40 - 50[[50 - 60[[60 - 70[		> 70
[10 - 20[	0,57							
[20 - 30[	0,17	0,49						
[30 - 40[		0,22	0,22					
[40 - 50[		0,04	0,30	0,60				
[50 - 60[				0,20	1,00			
[60 - 70[			0,04		-	0,50		
> 70						-	0,00	
Mortalidade	0,27	0,26	0,43	0,20	0,00	0,50	1,00	1

FONTE: O autor (2014).

TABELA 11 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES PRECIOSAS (GRUPO 1) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica	2002							Morta
	2013	[10 - 20[[20 - 30[[30 - 40[[40 - 50[[50 - 60[[60 - 70[
[10 - 20[	0,50							
[20 - 30[-						
[30 - 40[-					
[40 - 50[-				
[50 - 60[-			
[60 - 70[-		
> 70							-	
Morta	0,50	-	-	-	-	-	-	1

FONTE: O autor (2014).

TABELA 12 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 1ª CLASSE (GRUPO 2) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica		2002							Morta
2013	[10 - 20[	[20 - 30[	[30 - 40[	[40 - 50[	[50 - 60[	[60 - 70[	> 70	
[10 - 20[	0,71							
[20 - 30[	0,12	0,50						
[30 - 40[		0,25	0,25					
[40 - 50[			0,50	0,50				
[50 - 60[-	-				
[60 - 70[-	-			
> 70						-	1,00		
Morta	0,18	0,25	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	1	

FONTE: O autor (2014).

TABELA 13 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 2ª CLASSE (GRUPO 3) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica		2002							Morta
2013	[10 - 20[	[20 - 30[	[30 - 40[	[40 - 50[	[50 - 60[	[60 - 70[	> 70	
[10 - 20[	0,46							
[20 - 30[	0,40	0,41						
[30 - 40[		0,28	0,29					
[40 - 50[			0,21	0,71				
[50 - 60[				0,29	1,00			
[60 - 70[					-	0,50		
> 70						-	-		
Morta	0,13	0,26	0,50	0,00	0,00	0,50	-	1	

FONTE: O autor (2014).

TABELA 14 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 3ª CLASSE (GRUPO 4) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica	2002							Morta
	2013	[10 - 20[[20 - 30[[30 - 40[[40 - 50[[50 - 60[[60 - 70[
[10 - 20[		0,62						
[20 - 30[		0,12	1,00					
[30 - 40[-	-				
[40 - 50[				0,67	-			
[50 - 60[-	-		
[60 - 70[-	-	
> 70							-	-
Morta		0,26	0,00	0,33	-	-	-	-

FONTE: O autor (2014).

TABELA 15 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES DE 4ª CLASSE (GRUPO 5) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica	2002							Morta	
	2013	[10 - 20[[20 - 30[[30 - 40[[40 - 50[[50 - 60[[60 - 70[> 70
[10 - 20[		0,54						
[20 - 30[		0,12	0,50					
[30 - 40[-	-					
[40 - 50[-	-				
[50 - 60[-	-			
[60 - 70[-	-		
> 70							-	-	
Morta		0,35	0,50	-	-	-	-	-	1

FONTE: O autor (2014).

TABELA 16 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO OBTIDA PARA ESPÉCIES NÃO COMERCIAIS (GRUPO 6) POR CLASSE DE DIÂMETRO NO PERÍODO 2002 - 2013

Classe diamétrica	2002							Morta
	2013	[10 - 20[[20 - 30[[30 - 40[[40 - 50[[50 - 60[[60 - 70[
[10 - 20[	0,59							
[20 - 30[	0,01	0,50						
[30 - 40[-	-					
[40 - 50[-	-			
[50 - 60[-	-		
[60 - 70[				1,00		-	-	
> 70							-	-
Morta	0,40	0,50	0,00	1,00	-	-	1,00	1

FONTE: O autor (2014).

O grupo 1 apresentou probabilidade de transição na classe 10 – 19,9 cm por ser a única classe que assinalou frequência de árvores, onde 50% dos indivíduos permanecem na mesma classe e outros 50% morrem (TABELA 11).

No grupo 2 as três primeiras classes diamétricas apresentam probabilidades de transição para classe seguinte, sendo 0,71; 0,50 e 0,25 para permanecer na mesma classe e 0,17; 0,25 e 0,50 para avançar uma classe, respectivamente. Para mortalidade registram 0,18; 0,25 e 0,25, respectivamente (TABELA 12). A classe diamétrica 40 – 49,9 cm mostra probabilidade de 50% para as árvores permanecerem na mesma classe e outros 50% para morrer. A classe >70 cm registra retenção de todos os indivíduos (100%). As classes 50 – 59,9 cm e 60 – 69,9 cm não assinalaram frequência de indivíduos neste grupo.

No grupo 3 as primeiras quatro classes diamétricas apresentam probabilidades de avanço de árvores para a classe seguinte e nas três últimas classes duas não mostraram probabilidades de avanço, enquanto que uma (a última) não assinalou frequência de indivíduos (TABELA 13). Neste grupo as árvores com diâmetro no intervalo 40 – 59,9 cm não registram mortalidade. As probabilidades de permanência, de avançar uma classe e mortalidade nas primeiras quatro classes são: 0,46; 0,40 e 0,13; 0,41; 0,28 e 0,26; 0,29; 0,21 e 0,50; 0,71; 0,29 e 0,00 respectivamente. Na classe 50 – 59,9 cm a probabilidade das árvores

permanecerem na mesma classe é de 100%, e na classe 60 – 69,9 cm metade dos indivíduos apresentam probabilidade de permanência na mesma classe e outra metade tem probabilidade de morrer no próximo período de simulação.

O grupo 4 registrou probabilidades de transição nas primeiras três classes diamétricas que ocorreram frequência de indivíduos, onde a classe 10 – 19,9 cm apresenta probabilidade de permanência de árvores na mesma classe de 0,62 e 0,12 para avançar para classe seguinte, e 0,26 para mortalidade. A classe 20 – 29,9 cm apresenta probabilidade de permanência de árvores de 100%, enquanto que na classe 30 – 39,9 não mostra permanência de nenhuma árvore na mesma classe, mas sim probabilidade de avançar uma classe de 0,67 e 0,33 de mortalidade (TABELA 14).

O grupo 5 só assinalou frequência de árvores nas duas primeiras classes de diâmetro, conseqüentemente registrou-se probabilidade de transição nas mesmas. A classe 10 – 19,9 cm apresenta probabilidade de permanência de árvores na mesma classe, de avançar uma classe e mortalidade de 0,54; 0,12 e 0,35 respectivamente (TABELA 15). Na classe 20 – 29,9 cm, 50% dos indivíduos permanecerão na mesma classe enquanto que os outros 50% morrerão na próxima simulação.

No grupo 6 descartou-se os resultados da classe diamétrica 30 – 39,9 cm por falta de coerência (TABELA 16). Assim sendo, só a primeira classe diamétrica é que apresenta probabilidade de permanência, avanço de uma classe e mortalidade: 0,59; 0,01 e 0,40, respectivamente. Por sua vez, a classe 20 – 29,9 cm apresenta probabilidade de permanência de árvores na mesma classe de 50 e 50% de mortalidade. As classes 40 – 49,9 cm e >70 apresentam probabilidade de 100% de mortalidade. Neste grupo não se assinalou frequências de árvores no intervalo de diâmetro de 50 – 69,9 cm.

Observou-se nos grupos 2 (a_7), 3 (a_5) e 4 (a_2) estados sem dinâmica nas matrizes de transição, isto é, probabilidades das árvores transitarem para classes posteriores ser igual a zero, ou por outra, as probabilidades de as árvores permanecerem na mesma classe (a_i) ser de 100%. Conseqüentemente a probabilidade das árvores da classe i morrerem durante o período ($t \rightarrow t + 1$) tem valor zero, o que equivale a dizer que todas as árvores desta classe diamétrica não morrerão no seguinte período de simulação (MENDONÇA, 2003). As estimativas obtidas com matriz de transição devem ser interpretadas cautelosamente, porque geralmente em povoamentos naturais, deve-se observar uma mortalidade nas

maiores classes de diâmetro, senão acumulam-se as árvores mais grossas (SPATHELF e NUTTO, 2000).

A FIGURA 11 apresenta as curvas das frequências observadas das distribuições de diâmetros, para toda floresta de miombo em Pindanyanga, ocorridas no período de transição de 2002 a 2013, e a simulação para 2024.

Pode-se observar que a frequência dos indivíduos por unidade de área ao longo do tempo reduz-se a uma taxa constante, sendo de 4% no período observado e 4% no período simulado (2013 a 2024). Esta redução é concentrada apenas na primeira classe diamétrica (10 – 20 cm) atingindo 20% no período observado e 14% no período simulado. Nas classes diamétricas seguintes, exceto a última no período simulado, a frequência de árvores por unidade de área na segunda medição e no período simulado não foi inferior que as da primeira medição. Como se observa na FIGURA 11, o número de árvores por hectare para cada período de medição e na projeção segue a forma de “J” invertido, mas diferindo a frequência uma da outra.

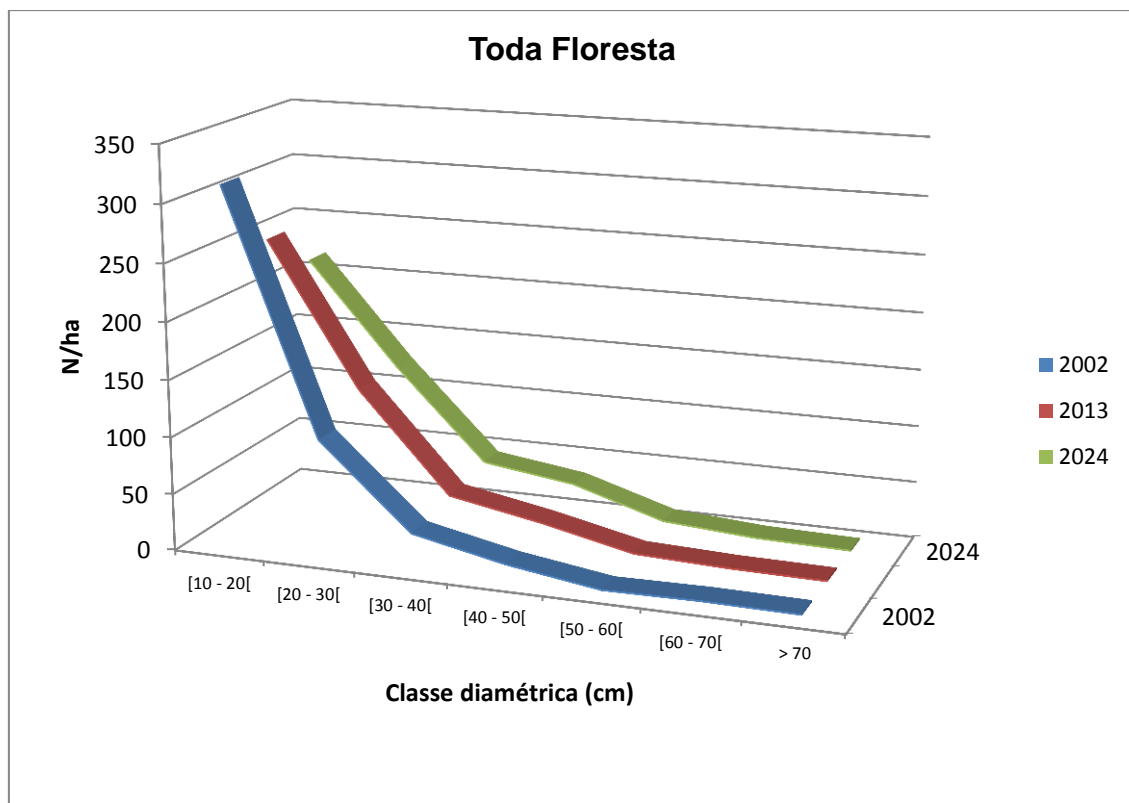


FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DA FLORESTA
 FONTE: O autor (2014)

Resultados similares foram encontrados por STEPKA et al. (2010) quando prognosticava a estrutura diamétrica de floresta mista, em que se verificou a diminuição de número de árvores por hectare no decorrer do tempo. Esses autores afirmaram que a diminuição do número de árvores no decorrer dos anos ocorre em consequência da taxa de mortalidade maior que a taxa de ingresso.

Os resultados deste trabalho mostram que esta tendência de redução de frequências de árvores por unidade de área, pode-se perpetuar ao longo do tempo. Portanto, seria importante avaliar-se as causas da alta taxa de mortalidade.

As curvas das frequências observadas das distribuições de diâmetros, para grupos de qualidade de madeira, ocorridas no período observado (2002 a 2013) e na simulação (2024) estão apresentadas nas FIGURAS 12 a 17. As frequências observadas das distribuições de diâmetros para toda floresta, assim como para os grupos de qualidade de madeiras estão apresentadas no APÊNDICE.

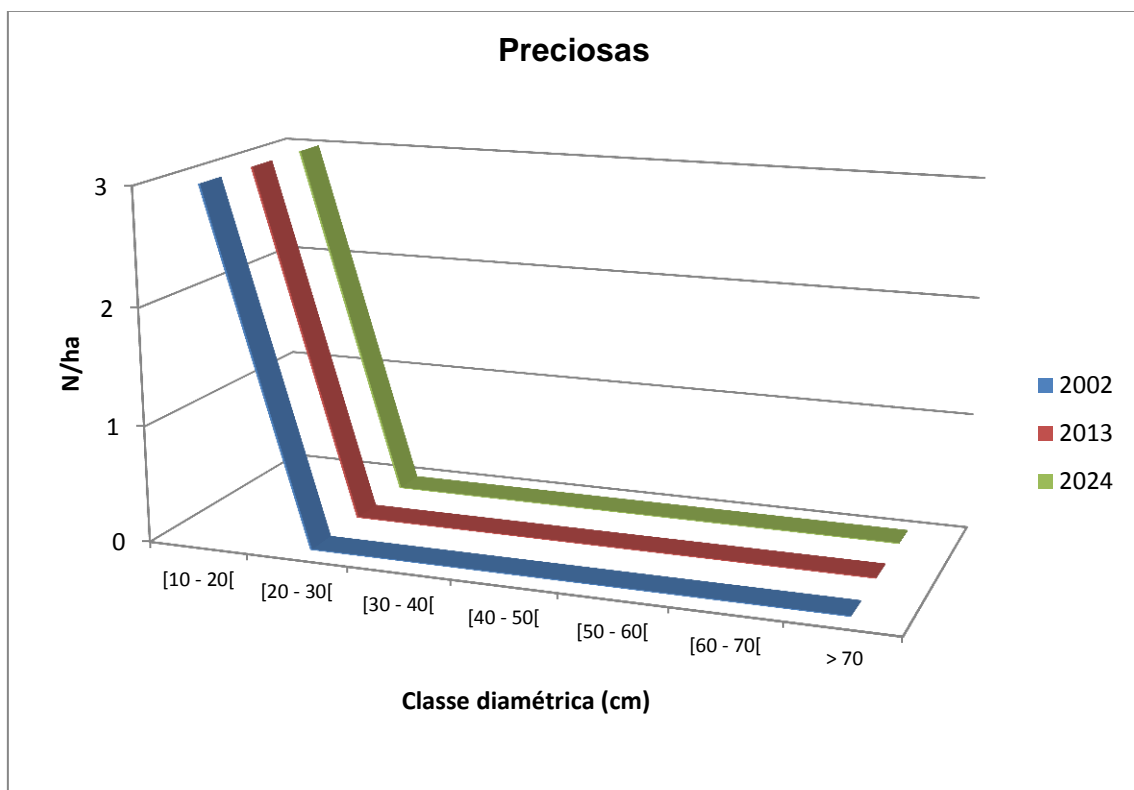


FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002- 2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES PRECIOSAS.
 FONTE: O autor (2014).

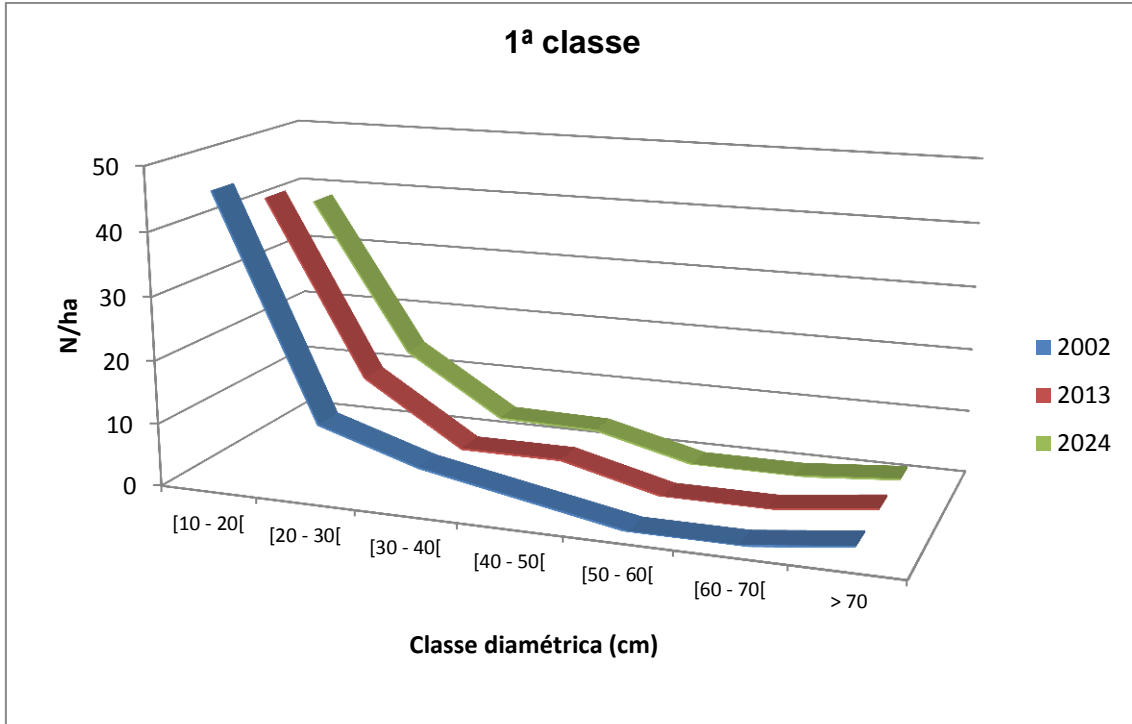


FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES DA 1ª CLASSE
 FONTE: O autor (2014)

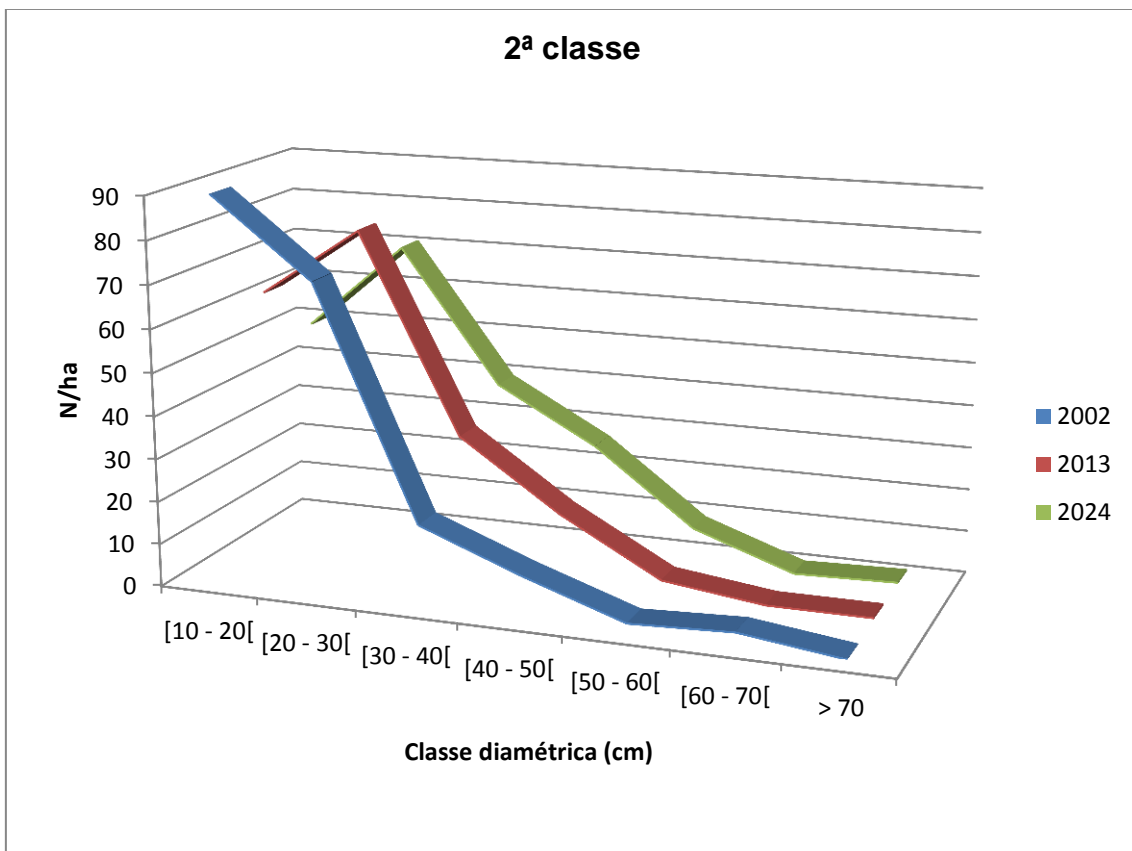


FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES DA 2ª CLASSE
 FONTE: O autor (2014).

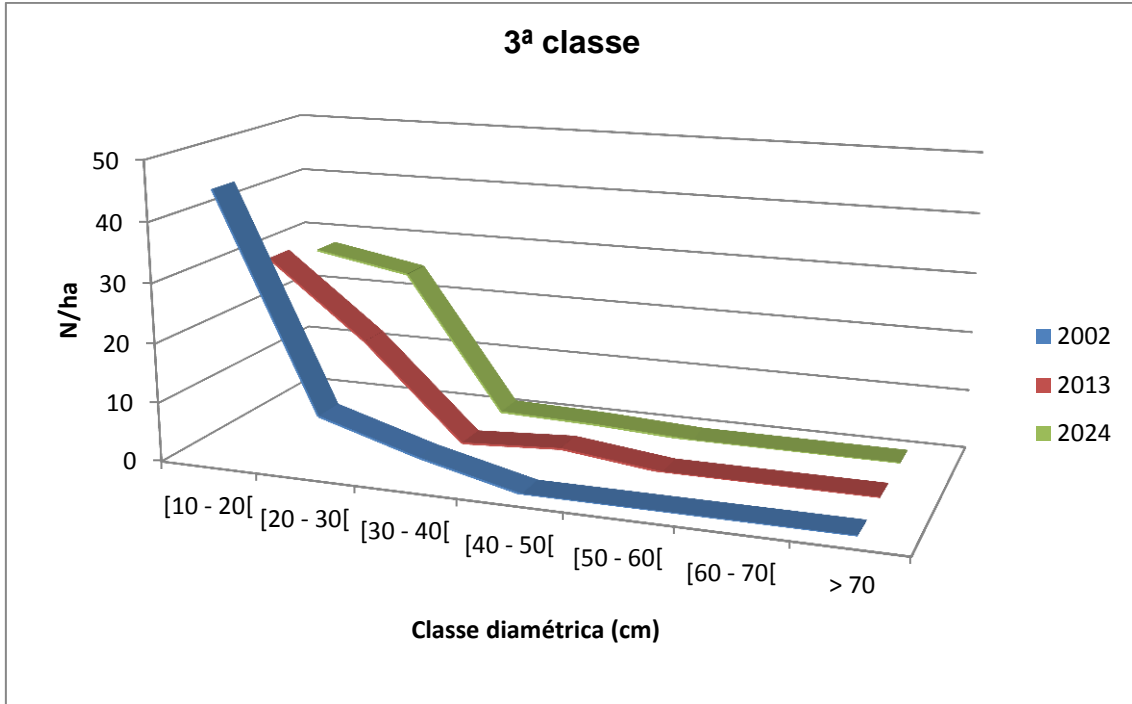


FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES DA 3ª CLASSE
 FONTE: O autor (2014)

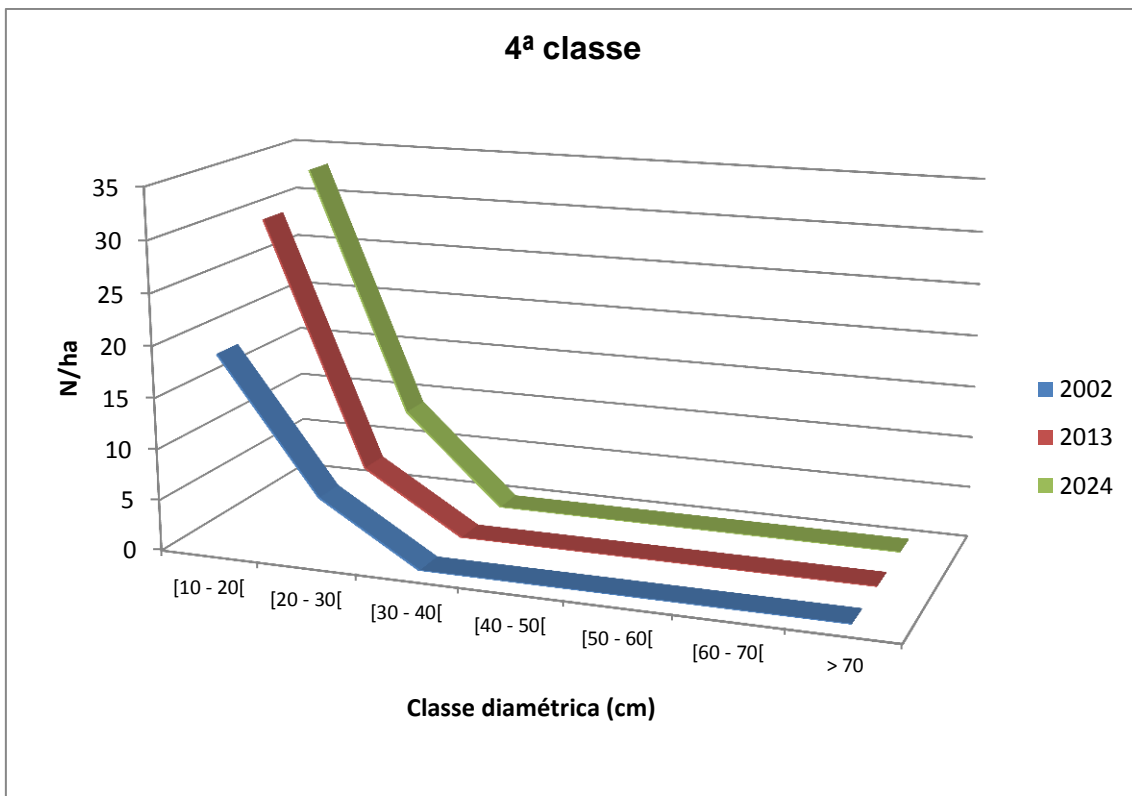


Figure 16 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES DA 4ª CLASSE
 FONTE: O autor (2014)

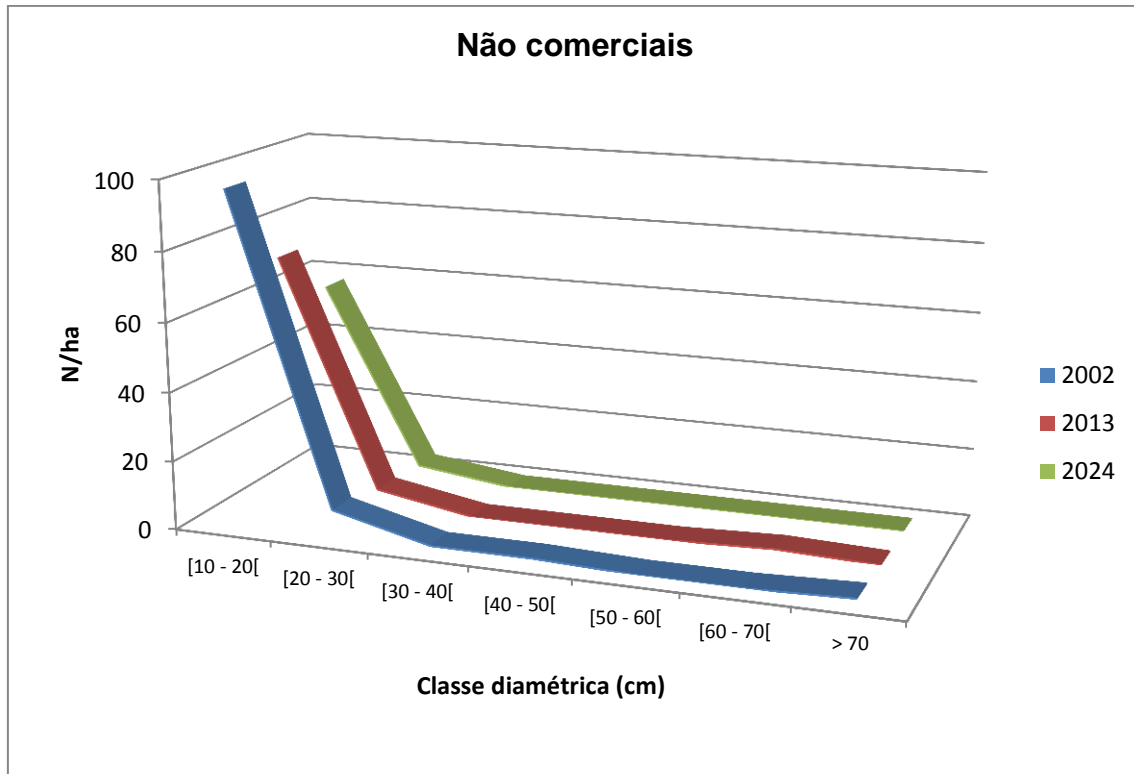


Figure 17 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS (2002-2013) E SIMULADA (2013-2024) DAS ESPÉCIES NÃO COMERCIAIS
 FONTE: O autor (2014)

Todos os grupos de qualidade da madeira apresentam as frequências por classes de diâmetros que seguem a distribuição exponencial negativa, exceto o grupo 3 (FIGURA 14) em que na segunda medição (2013) e simulação (2024) as frequências das primeiras classes diamétricas foram inferiores às da segunda classe.

Contrariamente de todos os grupos de qualidade da madeira e da floresta como um todo, o grupo 5 apresenta aumento de número de árvores no período observado e simulado. Este comportamento deveu-se a superioridade da taxa de ingresso anual (4,72%) em relação a taxa de mortalidade anual (3,45%) no período observado neste grupo.

O grupo 1 foi o único que não apresentou alterações de número de árvores por unidade da área ao longo do tempo. Mas é preciso muita cautela na interpretação deste resultado, porque o grupo só apresentou uma única espécie com três indivíduos apenas, durante o período observado.

Já constatado por vários autores (STEPKA et al., 2010; MENDONÇA, 2003; ARCE et al., 1998) o modelo de matriz de transição apresenta algumas desvantagens pelo fato de as projeções realizadas tomarem como base somente os

dados das duas medições em que foram construídas, dependendo assim somente do estado presente da floresta. Isso demonstra certa inflexibilidade do modelo, uma vez que possíveis mudanças no padrão de crescimento da floresta não seriam contempladas. Outra constatação é que o período de projeção só pode ser múltiplo do período em que a matriz de probabilidade foi construída.

4.5 Regeneração natural

No inventário de 2002 foram encontradas 1.744 árvores/ha com dimensões de regeneração natural em toda floresta, equivalente a 7,264 m²/ha. Este número de árvores decresceu no segundo inventário para 912 árvores/ha, correspondente a 4,352 m²/ha. A área basal dos indivíduos ingressados foi de 1,136 m²/ha (taxa de ingresso anual de 1,54%) muito inferior à taxa de mortalidade anual ou mudança para classe de árvores adultas que foi de 4,688 m²/ha (taxa de indivíduos que saíram do estudo de 4,33%) resultando no decréscimo do número de indivíduos por unidade da área.

A taxa de regeneração natural relativa para toda floresta foi menor que zero (-31,3%), confirmando a inferioridade de ingresso em relação à saída de árvores do sistema no período observado e, conseqüentemente, a redução do número de indivíduos por unidade da área.

Segundo JARDIM (1987), à medida que o estudo é generalizado para grupos de espécies, ou para o total da floresta, verifica-se a tendência da taxa de regeneração natural para zero, o que significa equilíbrio dinâmico do ecossistema. O resultado da taxa de regeneração natural para toda floresta no presente estudo, distancia-se do zero no sentido negativo.

O grupo 6 (espécies não comerciais) apresentou maior número de indivíduos na regeneração natural, representando 53% na floresta, seguido pelo grupo 1 (espécies preciosas) com 22%. O grupo 2 (espécies da 1ª classe) apresentou menor número de indivíduos, representando apenas 7%.

O número de árvores mortas ou que saíram do sistema (1.136 árvores/ha) no período observado é muito superior que as árvores remanescentes (912 árvores/ha).

Os grupos 2 e 6 foram os únicos em que as taxas de ingresso anuais (1 e 5,72%, respectivamente) foram superiores as taxas anuais de saídas de árvores no

sistema (0,36 e 4,45%, respectivamente) durante o período observado. Porém, a área basal do grupo 2 não alterou entre as duas medições (0,400 m²/ha), e para grupo 6 decresceu de 3,008 m²/ha para 1,744 m²/ha.

O grupo 1 apresentou na regeneração natural uma taxa anual de saída de indivíduos no sistema de 1,81%, e não registrou nenhuma variação durante o período observado (Ingresso = mortalidade).

Os resultados da taxa de regeneração natural relativo por grupo de qualidade da madeira estão apresentados na FIGURA 18.

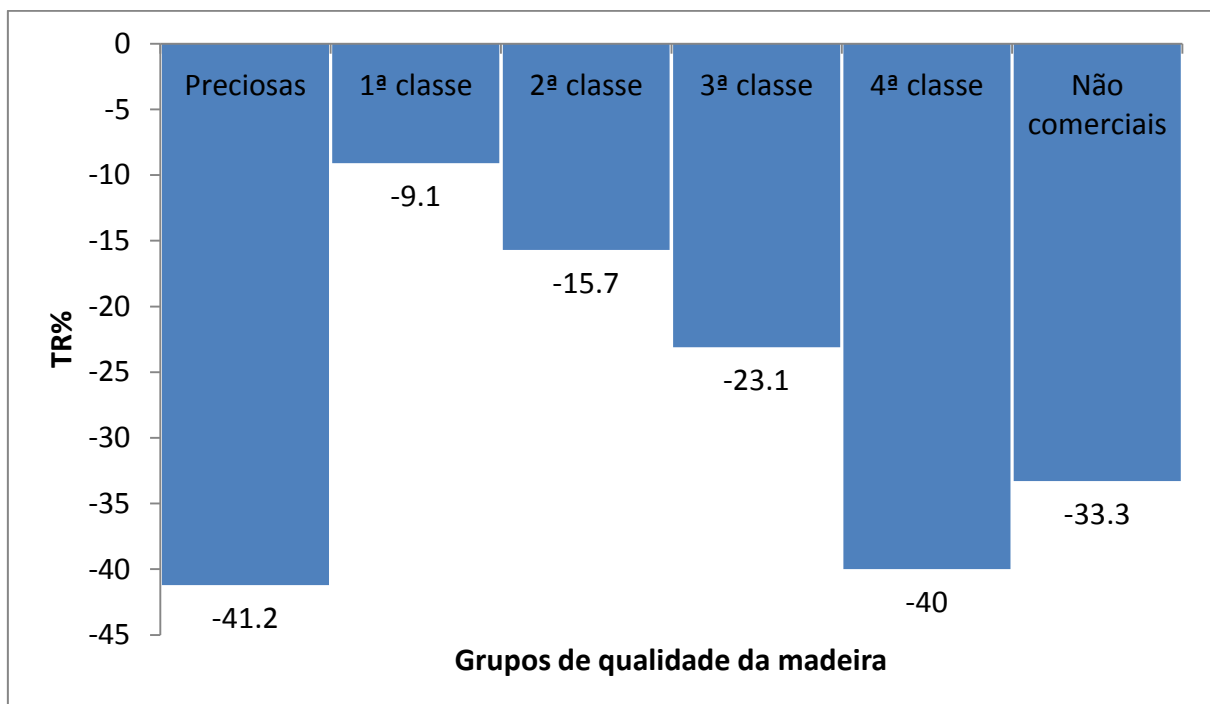


FIGURA 18 - TAXA DE REGENERAÇÃO NATURAL DOS GRUPOS DE VALOR COMERCIAL
 FONTE: O autor (2014)

Como se pode observar na FIGURA 18, todos os grupos de espécies de classes de valor comercial apresentam taxa de regeneração negativa, significando mais saída de indivíduos no sistema do que entrada. SANTOS e JARDIM (2012) encontraram resultados negativos de taxa de regeneração natural de uma espécie e concluíram que houve maior número de mortos do que recrutamento.

A contínua redução de regeneração natural pode comprometer o mecanismo autógeno de perpetuação do povoamento floresta.

O grupo 2 (1ª classe) apresentou TR (%) mais próximo do zero (-9,1), isto é, mais próximo do equilíbrio em relação aos demais grupos, enquanto que os grupos

1 e 5 (espécies preciosas e 4ª classe, respectivamente) apresentaram valores mais distantes do zero.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A floresta de miombo na localidade de Pindanyanga apresentou redução do número de árvores por unidade de área no período de 2002 a 2013. A redução do número de árvores por hectare foi mais expressivo na menor classe de diâmetro.

Durante o período observado e simulado a distribuição das frequências por classe diamétrica na floresta apresentou distribuição exponencial negativa, ou seja, “J” invertido, forma típica da floresta natural.

Apesar da redução do número de indivíduos ao longo do tempo, registrou-se incremento da área basal e do volume comercial. No segundo inventário o maior volume da floresta verificou-se nas árvores com DAP não inferior a 40 cm. As espécies florestais com valor comercial de 2ª classe são as mais abundantes e detêm maior porcentagem do volume, nesta floresta.

A taxa de mortalidade foi superior a de ingresso, e foi mais expressiva na fase juvenil de crescimento. As espécies florestais não comerciais apresentaram maior taxa de mortalidade.

As classes de maior diâmetro da floresta ($DAP \geq 50$ cm) não apresentaram probabilidade de transição de árvores para classes seguintes, provavelmente devido ao crescimento lento nesta fase de crescimento.

A maior parte dos grupos de qualidade da madeira não apresenta frequência de árvores em todas as classes diamétricas.

As espécies florestais com valor comercial do grupo 5 foram as únicas a demonstrarem aumento do número de árvores por unidade de área ao longo do tempo (observado e simulado).

A regeneração natural apresentou valores altos de mortalidade ou mudança do tamanho do DAP devido ao crescimento e conseqüentemente, redução do número de indivíduos por unidade da área no período observado. Nenhum grupo de qualidade da madeira apresentou taxa de regeneração relativa positiva.

A intensidade amostral usada para construção das matrizes de transição provavelmente não foi suficiente para registrar frequência de árvores em todas as classes diamétricas, resultando em algumas anomalias na interpretação dos resultados, sobretudo nos grupos de qualidade da madeira.

Os resultados dos grupos de qualidade da madeira não podem ser consideradas conclusivas.

Seria recomendável, além de aumentar a quantidade das unidades de amostras, realizar-se no mesmo ecossistema de miombo, estudos similares com intervalo de tempo reduzido. Recomenda-se ainda, estudos para avaliar as causas de alta mortalidade no ecossistema do miombo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. **Estimación del volume forestall y predicción del rendimento con especial referencia a los trópicos, tomo II: Predicción del rendimento.** Roma: FAO 22/2, 1980. 118 p.
- ANTÓNIO, A. A. **Plano de manejo comunitário dos recursos naturais da região de Canda.** Beira: MADER/DPA; SOFALA, 2001. 50 p.
- ARCE, J. E.; GOMES, F. dos S.; SANQUETTA, C. R.; CRUZ, E. C. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoce do crescimento do povoamento de *Pinus taeda* L. **Revista Cerne**, Lavras, v. 4, n.1, p. 154-170, 1998.
- CAMPBELL, B.; FROST, P.; BYRON, N. Miombo woodland and their use: overview and key issues. In: CAMPBELL, B. **Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa.** Indonesia: CIFOR, 1996. p.1 – 10.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas.** Viçosa: UFV, 2013. 605 p.
- CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: **Curso de Manejo Florestal Sustentável.** Colombo: EMBRAPA, 1997. 250 p.
- CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999. p. 174-1979.
- CARVALHO, J. O. P. **Manejo de regeneração natural de espécies florestais.** Belém: Falangola Editora; EMBRAPA, 1984. 23 p.
- CASTRO, T. da C.; CARVALHO, J. O. P. **Dinâmica das populações de Abius em área sob manejo na floresta nacional do Tapajós, PA:** Estudos desenvolvidos pelo Projeto PETECO. 2008. Trabalho apresentado no VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, Amazônia.
- CHIDUMAYO, E. N. Species structure in Zambian miombo woodland. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge University, v. 3, n. 2, p. 109-118. 1987
- CHIDUMAYO, E.; FROST, P. Population biology of miombo trees. In: CAMPBELL, B. **Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa.** Indonesia: CIFOR, 1996. p.59 – 71.
- COSTA, F. **Curso de formação de formadores em segurança e vigilância de parques e reservas naturais: Conservação da fauna/floresta e legislação.** [S.l.]: PICAÉ, 1996. 150 p.

COSTA, F. **Forest research in Mozambique: An assessment of past and current research on indigenous forest and species, Part I.** 1986. 15 p.

CUAMBE, C.; MARZOLI, A. **Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM): Manual de Inventário Florestal.** Maputo: MINAG/DNTF, 2006.

CUAMBE, C.; MARZOLI, A. **Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM): Relatório do Inventário Provincial de Manica.** Maputo: MINAG/DNFT, 2007.

DIREÇÃO NACIONAL DE FLORESTA E FAUNA BRAVIA (DNFFB). **Relatório Estatístico Anual 2000.** Maputo, 2002.

DIREÇÃO NACIONAL DE TERRAS E FLORESTAS (DNTF). **Relatório anual 2008.** Maputo, Abril de 2009.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Brasília: UnB, 2005. 40 p.

FALCÃO, M. P. **Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM):** Estimação e valores de biomassa florestal, crescimento florestal, ciclo de corte e Corte Anual Admissível de florestas nativas nas regiões tropicais. Maputo: MINAG/DNTF, 2007.

FELIFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal.** Brasília: Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 51 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Criteria and indicators for sustainable woodfuels.** Rome: FAO, 2010. 92 p. (FAO Forestry Paper, 160).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Management of natural forests of dry tropical zones.** FAO, 2000. 318 p. (FAO Conservation guide, 32).

INIA. **Legenda da Carta Nacional de Solos.** Maputo: Série Terra e Água, 1994.

INOUE, M. T. Regeneração natural: seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras. **Série Técnica (FUPEF),** Curitiba, v.1, p. 1-22, out. 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE (IBAMA). **Diretrizes simplificadas para instalação de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira.** Manaus: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 21 p.

INSTITUTO PARA A PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES (IPEX). **Estratégia para o desenvolvimento das exportações de produtos processados de madeira de Moçambique.** Maputo: Centro de Comércio Internacional (CCI), 2003. 41 p.

ISANGO, J. Stand structure and trees species composition of Tanzania miombo woodlands: a case study from miombo woodlands of community based forest

management in Iringa district. In: **MITMIOMBO – Management of Indigenous Tree Species for Ecosystem Restoration and Wood Production in Semi – Arid Miombo Woodlands in Eastern Africa**. Tanzania: Finnish Forest Research Institute, 2007. p. 43-56. (Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, 50)

JARDIM, F. C. da S. Taxa de regeneração natural na floresta tropical úmida. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, n.1, p. 401- 410, 1987.

JARDIM, F. C. S. **Comportamento da regeneração natural de espécies arbóreas em diferentes intensidades de desbastes por anelamento, na região de Manaus-AM**. Viçosa: UFV, 1995. 158 p.

LAMPRECHET, H. Ensayo sobre unos métodos para el analisis estrutural de los bosques tropicales. **Acta Científica Venezolana**, Merida, v. 13, n. 2, p. 57-65, 1962.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e perspectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LUPALA, Z. J. **The impact of participatory forest management on Miombo woodland tree species diversity and local livelihoods: A case study of Bereku Miombo woodland, Bbati District, Tanzania**. (Master's thesis) – International Master Programme at the Swedish Biodiversity Centre, Uppsala, 2009.

MALIMBWI, R. E.; ZAHABU, E.; MISANA, S.; MONELA, G. C.; JAMBIYA, G. C.; MCHOME, B. Charcoal potencial of miombo woodlands at Kitualangalo, Tanzania. **Journal of Tropical Forest Science**, Tanzania, n.18, p. 197 – 210, 2005.

MAQUIA, I.; GOULÃO, L. F.; RIBEIRO, N. Caracterização molecular de recursos genéticos florestais das matas de miombo na reserva nacional de Niassa: Desenvolvimento de código de barras e marcadores ISSR. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SABER TROPICAL EM MOÇAMBIQUE: História, Memória e Ciência, 2012, Lisboa. **Atas....** Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 2012. p. 1 – 7.

MARZOLI, A. **Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM): Inventário Florestal Nacional**. Maputo: MINAG/DNTF, 2007.

MATOS, E. A. C.; MEDEIROS, R. M. V. Conservação e desenvolvimento de comunidades tradicionais: o caso de Chimanimani no centro de Moçambique. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 13, n.1, n.22, 1º sem. 2011.

MENDOÇA, A. C. A. **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2003.

MICOA. **Relatório do estudo de avaliação da interação entre a biodiversidade e pobreza em Moçambique**. Maputo: MICOA, 2008. Relatório Final.

MINED. **Atlas geográfica de Moçambique**. Estocolm: Esselt Map Service AB, 1986.

MOÇAMBIQUE. **Boletim da República**. I Série Nº 22, de 6 de Junho de 2002. Regulamento da Lei de Floresta e Fauna Bravia. Maputo, Imprensa Nacional de Moçambique, 6 de Junho 2002. 2º Suplemento.

MOÇAMBIQUE. **Boletim da República**. I Série Nº 31, de 1 de Agosto de 2012. Requisitos para a exploração em regime de licença simples e os termos, condições e incentivos para estabelecimento de plantações florestais. Maputo, Imprensa Nacional de Moçambique, 1 de Agosto de 2012.

MOÇAMBIQUE. **Lei de Floresta e Fauna Bravia**. Conselho de Ministros. Decreto Nº 12, de 6 de Junho de 2002.

MUBOKO, N.; MUSHONGA, M. R.; CHIBUWE, C. M.; GANDIWA, E. Wood vegetation structure and composition in Mapembe Nature Reserve, eastern Zimbabwe. **Concentration and Environmental**, v. 17, n. 4, p 475 – 481, 2013.

MUSHAURI, J. **Management of conflicts over common property resources: challenges and strategies**. 2002. A paper presented at the IASCP Conference. Vitoria Falls, Zimbabwe, 17-21, June 2002.

NAKALA, M. **Forest resources management: prospects of logging concession**. 102 f. (Master thesis) - Centre for International Environment and Development Studies, Noragic and Agricultural University of Norway, 1997.

NÚCLEO DE PESQUISAS EM FLORESTAS TROPICAIS. **Amostragem, Caracterização de Estádios Sucessionais na vegetação Catarinense e Manejo do Palmeiro (*Euterpe edulis*) em regime de rendimento sustentável**. Florianópolis: UFSC, 2005. 121 p.

OPULUKWA, M. J.; HAMZA, K. F. S.; MALENDE, Y. H. M. B. Inventory of *Dalbergia melanoxylon* (MPINGO) in the Southern Part of Tanzania: The case of Nachingwea. **African Study Monographs**, v. 23, n.1, p.1 – 10, Mar. 2002.

PANTALEÃO, J. C. **Avaliação da estrutura, crescimento, mortalidade e recrutamento em uma floresta semidecidual submontana na Amazônia Mato-Grossense**. 25 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Florestal, Cuiabá, 2008.

PEREIRA, C. R. **Plano de manejo dos recursos florestais da área sob gestão comunitária de Pindanyanga**. Maputo: UEM/FAEF/DEF, 2002. 59 p.

PEREIRA, C.; MICHAQUE, M.; KANJI, F. **Estratégia de Capacitação na área de Certificação Floresta**. Maputo: UEM/FAEF/DNFFB – GRNB, 2002. 28 p.

PEREIRA, C.; NHAMUCHO, L. **Equations for single tree volume estimation of five timber commercial species in Southeast Zambézia province**. Mozambique: UEM, 2003. Unpublished report.

PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequidiana com a matriz de transição. **Revista Cerne**, Lavras, v.5, n.1, p.01- 14, 1999.

PEREIRA-SILVA, E. F. L. **Alterações temporais na distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

RIBEIRO, N.; SITO, A. A.; GUEDES, B. S.; STAISS, C. **Manual de Silvicultura Tropical**. Maputo: UEM/FAEF/DEF, 2002. 123 p.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. Tropical rainforest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 190, p. 323 – 333, 2004.

SAKET, M. **Report on The Updating of the Exploratory National Forest Inventory**. Moçambique: DNFFB, 1994. (FAO/UNDP, MOZ/92/013)

SALOMON, M. E. **Dinâmica de populações**. São Paulo: EPU, 1980. 78 p.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba, FUPEF. 1996. 49 p. (Série Didática, n. 08).

SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, B. J. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p. 65-78, 1996.

SANTOS, M. C. N.; FARIA, A. L. R.; SÉ, D. C.; MELLO, J. M.; NUNES, A. C. R. **Aplicação da Cadeia de Markov na prognoses do crescimento diamétrico de um remanescente de Mata Atlântica em MG**. 2012. Trabalho apresentado na 57^a. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (Rbras).

SAWE, T. C.; MUNISHI, P. K. T.; MALIONDO, S. M. Woodlands degradation in the Southern Highlands, Miombo of Tanzania: Implications on conservation and carbon stocks. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, Tanzania, v. 6, n. 3, p. 230 – 237, Mar. 2014

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento de Produção Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 500 p.

SCOLFORO, J. R. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEP, 1998. 453 p.

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A.; MELLO, J. M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In:

SCOLFORO, J. R. S. (Org.). **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 189-246.

SHIRIMA, D. D.; MUNISHI, P. K. T.; LEWIS, S. L.; BURGESS, N. D.; MARSHALL, A. R.; BALMFORD, A.; SWETNAM, R. D., ZAHABU, E. M. Carbon storage, structure and composition of miombo woodlands in Tanzania's Eastern Arc Mountains. **African Journal Ecology**, n. 49, p. 332 – 342, 2011.

SITOE, A. A. **Structure, composition and dynamics of a natural forest**. Final report of a forest research project funded by African of Sciences. Maputo: Eduardo Mondlane University, 1996. 23 p.

SITOE, A.; RIBEIRO, N. **Miombo Book Project: Case Study of Mozambique**. Maputo, 1995. Country study prepared for the book *The Miombo in Transition: Woodlands and welfare in Africa*. Unpublished.

SITOE, A.; SALOMÃO, A.; KANOUNNIKOFF, S. W. **O contexto de REDD+ em Moçambique: causas, atores e instituições**. Indonésia: CIFOR, 2012. 57 p.

SPATHELF, P.; NUTTO, L. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal**. Santa Maria: UFSM – Departamento de Ciências Florestais, 2000. 71 p.

SERVIÇOS PROVINCIAIS DE GEOGRAFIA E CADASTRO (SPGC – MANICA). **Certidão nr. 3/2001**. 2001.

STEPKA, T. F.; DIAS, A. N.; FILHO, A.F.; MACHADO, S. A.; SAWCZUK, A. R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matrizes de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 327-335, 2010.

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE (UEM); CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO FLORESTAL (CEF). **Inventário florestal e levantamento das plantas medicinais de Pindanyanga**: Bases para a elaboração do plano de manejo comunitário. Maputo: UEM, 2000. 75 p.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forest**. Wallingford, U.K.: CAB International, 1994. 312 p.

VIALI, L. **Apostila de Testes Hipóteses Não Paramétricos**. Porto Alegre: UFRGS – Departamento de Estatística, 2008. 43 p.

APÊNDICE

APÊNDICE – Frequência observada e simulada das árvores, para toda floresta, e por qualidade da madeira

FLORESTA				GRUPO 1		
Classe diamétrica	Frequência N/ha			Frequência N/ha		
	Observadas		Simulada	Observadas		Simulada
(cm)	2002	2013	2024	2002	2013	2024
[10-20[	315	252	216	3	3	3
[20-30[	104	126	125	0	0	0
[30-40[	31	39	45	0	0	0
[40-50[	14	24	34	0	0	0
[50-60[	2	6	9	0	0	0
[60-70[	3	3	3	0	0	0
70 +	2	2	1	0	0	0
GRUPO 2				GRUPO 3		
Classe diamétrica	Frequência N/ha			Frequência N/ha		
	Observadas		Simulada	Observadas		Simulada
(cm)	2002	2013	2024	2002	2013	2024
[10-20[	46	42	39	90	63	50
[20-30[	11	14	14	72	79	71
[30-40[	6	4	4	19	33	39
[40-50[	3	4	4	10	17	27
[50-60[	0	0	0	2	4	9
[60-70[	0	0	0	3	1	1
70 +	2	2	1	0	1	1
GRUPO 4				GRUPO 5		
Classe diamétrica	Frequência N/ha			Frequência N/ha		
	Observadas		Simulada	Observadas		Simulada
(cm)	2002	2013	2024	2002	2013	2024
[10-20[	45	30	28	19	30	33
[20-30[	9	17	25	6	6	9
[30-40[	4	1	1	0	0	0
[40-50[	0	2	1	0	0	0
[50-60[	0	0	0	0	0	0
[60-70[	0	0	0	0	0	0
70 +	0	0	0	0	0	0
GRUPO 6						
Classe diamétrica	Frequência N/ha					
	Observadas		Simulada			
(cm)	2002	2013	2024			
[10-20[	97	72	57			
[20-30[	8	5	4			
[30-40[	1	0	0			
[40-50[	1	0	0			
[50-60[	0	0	0			
[60-70[	0	1	0			
70 +	1	0	0			

ANEXOS

ANEXO 1 – Espécies produtoras de madeira preciosa

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
1	<i>Berchemia zeyheri</i>	Pau-rosa	Mulatchine	30
2	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Pau-preto	Mpinge	20
3	<i>Diospyros kirkii</i>		Mucula-cula	40
4	<i>Dyospiros mespiliformis</i>	Ebano	Mfuma	50
5	<i>Ekebergia capensis</i>	Inhamarre	Inhamarre	50
6	<i>Entandophragma caudatum</i>	Mbuti	Bubuti	50
7	<i>Guibourtia conjugata</i>	Chacate preto	Chacate	40
8	<i>Milicia excelsa</i>	Tule	Megunda	50
9	<i>Spirostachys africana</i>	Sândalo	Chilingamache	30

ANEXO 2 – Espécies produtoras de madeira da 1ª classe

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
10	<i>Azelia quanzensis</i>	Chanfuta	Mussacossa	50
11	<i>Androstachys johnsonii</i>	Mecrusse	Cimbirre	30
12	<i>Albizia glaberrima</i>		Mutivera	40
13	<i>Albizia versicolor</i>	Tanga-tanga	Tingare	40
14	<i>Balanites maughamii</i>	Nulo	Muvando	30
15	<i>Breonardia microcephala</i>	Mugonha	Muonha	50
16	<i>Baikiaea plurijuga</i>		Chiti	30
17	<i>Combretum imberbe</i>	Mondzo	Munagari	40
18	<i>Cordyla africana</i>	Mutondo	Murroto	50
19	<i>Diospyros spp</i>		Mucucul-cula	40
20	<i>Erythrophloeum suaveolens</i>	Missanda	Muave	40
21	<i>Faurea speciosa</i>		Muxiri	40
22	<i>Inhambanella henriquesii</i>	Mepiao	Mepiao	50
23	<i>Khaya nyasica</i>	Umbáua	Mbawa	50
24	<i>Millettia stuhlmannii</i>	Jambirre	Panga-panga	40
25	<i>Monotes africanus</i>		Muculala	30
26	<i>Morus lactea</i>	Mecobeze	Mecobeze	50
27	<i>Pterocarpus angolensis</i>	Umbila	Mbila	40
28	<i>Podocarpus falcatus</i>		Gogogo	50
29	<i>Pseudobersama mossambicensis</i>		Minhe-minhe	40
30	<i>Swartzia madagascariensis</i>	Pau-ferro	Cimbe	30

ANEXO 3 – Espécies produtoras de madeira da 2ª classe

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
31	<i>Albizia andianthifolia</i>	Mepepe	Goana	40
32	<i>Amblygonacarpus andongensis</i>	Mutiria	Mutindire	40
33	<i>Bombax rhodognaphalon</i>	Sumauma	Meguza	50
34	<i>Brachystegia boehmii</i>	Mafuti	Mfuti	40
35	<i>Brachystegia bussei</i>		Kokoro	40
36	<i>Brachystegia longifolia</i>		Takate	40
37	<i>Brachystegia manga</i>	Messassa	Rupakhole	40
38	<i>Brachystegia spiciformis</i>	Messassa	Tsondo	40
39	<i>Brachystegia utilis</i>		Mucoio	40
40	<i>Burkea africana</i>	Mucarala	Mucarati	40
41	<i>Julbernardia globiflora</i>	Messassa encarnado	Muhimbe	40
42	<i>Newtonia buchananii</i>	Mafumuti	Nipovera	50
43	<i>Newtonia hildebrandtii</i>	Infomoze	Infomoze	50
44	<i>Parkia filicoidea</i>	Mucuti	Mucuti	50
45	<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	Mungoroze	Mduro	40
46	<i>Ricinodendron rautanenii</i>	Mungomo	Ngomo	50
47	<i>Sclerocarya birrea</i>	Canho	Mfula	50
48	<i>Sterculia quinqueloba</i>	Metonha	Ntonha	40
49	<i>Stercuria appendiculata</i>	Metil	Njale	50
50	<i>Terminalia sp</i>	Messinge	Meculungo	40
51	<i>Trichilia emetica</i>	Mafurreira	Mafurra	40

ANEXO 4 – Espécies produtoras de madeira da 3ª classe

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
52	<i>Acacia nigrescens</i>	Namuno	Mecungo	40
53	<i>AnthocLeista grandiflora</i>	Mezambe	Rotanda	30
54	<i>Avicennia sp</i>	Mangal branco	Mangal branco	30
55	<i>Bridelia micrantha</i>	Metacha	Malelha	40
56	<i>Barringtonia recemosa</i>	Mangal	Massinhama	30
57	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Mangal encarnado	Mangal encarnado	30
58	<i>Cassipourea gummiflua</i>	Mezambe	Mezambe	30
59	<i>Celtis africana</i>		Messucandiri	40
60	<i>Celtis gomphophylla</i>		Mrtuzite	50
61	<i>Cleistanthus holtzii</i>		Nacuva	50
62	<i>Cynometra carvalhoi</i>	Evate	Evate	40
63	<i>Ceriops tagal</i>	Mangal branco	Mangal branco	30
64	<i>Dialium schlechteri</i>	Ziba	Nziba	40
65	<i>Dialium sp</i>		Mepepete	40
66	<i>Erythrophloeum sp</i>		Muacari	40
67	<i>Funtumia latifolia</i>		Nhapwepwa	30
68	<i>Guibourtia coleosperma</i>	Chacate encarnado	Chacate encarnado	40
69	<i>Heritiera littoralis</i>	Mangal branco	Luabo	30
70	<i>Kigelia pinnata</i>		Vunguti	40
71	<i>Parinari curatellifolia</i>		Muhula	30
72	<i>Pericopsis angolensis</i>	Muanga	Chuanga	40
73	<i>Phyllanthus sp</i>		Chire	50
74	<i>Piliostigma thoningii</i>	Mucequece	Mucequece	40
75	<i>Pseudolachnostylis maproneifolia</i>		Ntholo	30
76	<i>Ptaeroxylon obliquum</i>		Tchetcheretane	40
77	<i>Rhizophora mucronata</i>	Mangal encarnado	Mangal encarnado	30
78	<i>Sapium ellipticum</i>	Tchaia	Tchaia	40
79	<i>Sideroxylon inerme</i>		Mebope	40

Continuação

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
80	<i>Syzygium cordatum</i>		Mudlho	40
81	<i>Syzygium guineense</i>	Jambaloeiro	Mecurre	40
82	<i>Terminalia sericea</i>	Inconola	Sai-sai	30
83	<i>Terminalia stenostachya</i>		Sai-sai	30
84	<i>Uapaca kirkiana</i>	Metongoro	Metela	30
85	<i>Uapaca nitida</i>	Metongoro	Metela	30
86	<i>Uapaca zanguebarica</i>	Metongoro	Kochokore	30
87	<i>Vitex doniana</i>		Nhazuovo	40
88	<i>Vitex sp</i>		Nakuna	40
89	<i>Xeroderris sthulmannii</i>	Mulonde	Merunde	40
90	<i>Xylia sp</i>			40
91	<i>Xylopi aethiopica</i>		Mepeza	40

ANEXO 5 – Espécies produtoras de madeira da 4ª classe

N.º	Nome científico	Nomes comerciais	Nomes vulgares	DMC (cm)
92	<i>Acacia albida</i>		Micaia, Sango	40
93	<i>Acacia burkei</i>		Micaia, Munga	40
94	<i>Acacia erioloba</i>		Micaia, Munga	40
95	<i>Acacia karroo</i>		Micaia, Munga	40
96	<i>Acacia nilotica</i>		Micaia, Munga	30
97	<i>Acacia polycanyha</i>		Micaia, N'roca	40
98	<i>Acacia robusta</i>		Micaia, Massadzi	40
99	<i>Acacia senegal</i>		Micaia, Munga	30
100	<i>Acacia sieberana</i>		Micaia, Gunga	40
101	<i>Acacia tortolis</i>		Micaia, Munga	30
102	<i>Acacia xanthophloea</i>		Micaia, Megerenge	40
103	<i>Antidesma venosum</i>		Nhonge	30
104	<i>Borassus aethiopicum</i>		Mudicua, Palmeira	30
105	<i>Colophospermum mopane</i>		Chanato	30
106	<i>Cussonia sp</i>		Capwapwa	50
107	<i>Dolichandrone alba</i>		Tsani	30
108	<i>Erythrina livingtonei</i>		Titi, Nancilacona	40
109	<i>Fernandoa magnifica</i>		Tondjua	30
110	<i>Hirtella zanguebarica</i>		Cimboma	30
111	<i>Hyphaene sp</i>		Micheu, Palmeira	30
112	<i>Kirkia acuminata</i>		Mtumbui	40
113	<i>Lannea sp</i>		Chiucanho	40
114	<i>Lecanidiscus fraxinifolia</i>		Mutarara	30
115	<i>Manilkara sp</i>		Nheve, Nhewa	40
116	<i>Mimusops sp</i>		Ntzole	40
117	<i>Treculia africana</i>		Tchaia	50
118	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Tamarinho, Wepa	50

ANEXO 6 – Mapa de Moçambique

